

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ANÁLISIS DE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y DE MANEJO
VINCULADAS A LAS VARIACIONES
DE RENDIMIENTO EN GRANO
EN CULTIVOS AGRÍCOLAS DE SECANO,
A PARTIR DE DATOS DE CHACRAS DE AGRICULTORES CREA**

por

Julio GONZALEZ ANTUNEZ

**TESIS presentada como uno
de los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo**

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2013**

Tesis aprobada por:

Director: _____

Ing. Agr. Oswaldo Ernst Benech

Ing. Agr. Santiago Dogliotti Moro

Ing. Agr. Sebastián Mazzilli Vanzini

Fecha: 11 de octubre de 2012 .

Autor: _____

Julio González Antúnez

AGRADECIMIENTOS

A Oswaldo Ernst por la orientación de esta tesis, por las periódicas jornadas de trabajo en la Estación Experimental Mario A. Casinoni y por siempre creer que era posible llegar a resultados que pudieran ser una contribución.

A Santiago Dogliotti por su excelente disposición, por la enorme paciencia para con la lentitud de los avances, y por compartir conmigo sus tareas en el Curso de Sistemas de Producción, las cuales tuvieron que ver con la idea original para una tesis.

A Sebastián Mazzilli por su permanente disposición para atender las solicitudes, para despejar las dudas y por coordinar las tareas con el resto de los técnicos de FUCREA involucrados en la generación y corrección de la información técnica utilizada.

A Juan Ignacio Buffa por su cordial disposición, y a través de él a la Federación Uruguaya de los Grupos CREA (FUCREA) y en especial a los agricultores, por poner a nuestra disposición la información técnica analizada en el presente estudio.

A los asesores agrícolas CREA: Alejandro Bochi (La Maroma), Juan Dumestre (Dos Banderas), Gonzalo Invernizzi (San Martín), Sebastián Mazzilli (La Cuchilla), Cesar Mosca (59) y Nazar Rodriguez (Cololó) por su colaboración en la revisión de datos.

A Santiago Arana y Fernando Ducamp y a Rafael Vidal quienes también nos hicieron llegar bases de datos de chacras de cultivos de secano de las zafra agrícola 2009/2010 en el primer caso, y 2007/2008-2009/2010 en el segundo caso.

A Sully Toledo por cuidadosa revisión de la versión escrita de la tesis y a todo el personal de Biblioteca de la Facultad de Agronomía en Montevideo por su habitual buena disposición para atender las solicitudes.

A Enrique Cairús en particular y al personal de servicio y de comedor de la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (EEMAC) de la Facultad de Agronomía, quienes me atendieron en las periódicas visitas a la estación.

A mis colegas en tareas de enseñanza en el Taller1 y en el Seminario Uruguay Rural, así como en el Curso de Sistemas de Producción; por mis ausencias en los últimos años y por su aliento para que este trabajo final viera la luz.

En especial a los que como Clara Villalba ofrecieron realizar y en particular desarrollaron tareas adicionales a las habituales para dejarme mayor tiempo a los efectos de avanzar en estas tareas.

Asimismo a las familias rurales en Nueva Palmira-Agraciada y Aiguá-Mariscalá, las cuales recibieron –una a n veces- cordialmente a los estudiantes de taller, y con la mayoría de las cuales dejé de estar en contacto durante un tiempo.

Y muy especialmente a Andrés Beretta y Silvana González, quienes siempre dispusieron de su tiempo, de su amabilidad y de sus capacidades para ir resolviendo uno a uno los problemas que se fueran presentando.

A Pablo Areosa, cuya MP250 generó las varias copias de la versión gutenberg de esta tesis, y por sus detalladas instrucciones sobre el uso de las tintas, las bandejas y la recomendación sobre la permanente marca encimada ...

Finalmente a todos aquellos que de una u otra manera hicieron llegar su aliento durante el desarrollo del trabajo, y a quienes colaboraron para que el mismo llegara a término.

DEDICATORIA

A mi mamá Felicia y a mi tía Isabel.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN	II
AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA	IV
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES	VIII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	7
2.1. LA AGRICULTURA DE SECANO	7
2.1.1. <u>La evolución reciente de la agricultura de secano</u>	7
2.1.2. <u>Los cambios tecnológicos asociados</u>	14
2.1.3. <u>Las modificaciones en la estructura productiva</u>	22
2.1.4. <u>La evolución de los resultados productivos</u>	33
2.1.5. <u>Las implicancias de los cambios</u>	41
2.2. EL EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y DE MANEJO	52
2.2.1. <u>Cultivos de invierno</u>	53
2.2.1.1. <u>Adaptación agroclimática</u>	54
2.2.1.2. <u>Regionalización agroclimática</u>	57
2.2.1.3. <u>Cultivo antecesor</u>	59
2.2.1.4. <u>Sistema de laboreo</u>	61
2.2.1.5. <u>Duración del barbecho</u>	65
2.2.1.6. <u>Época de siembra</u>	69
2.2.1.7. <u>Cultivares</u>	71
2.2.2. <u>Maíz para grano</u>	85
2.2.2.1. <u>Adaptación agroclimática</u>	85
2.2.2.2. <u>Regionalización agroclimática</u>	88
2.2.2.3. <u>Duración del barbecho</u>	89
2.2.2.4. <u>Epoca de siembra</u>	91
2.2.2.5. <u>Cultivares</u>	92
2.2.3. <u>Sorgo granífero</u>	100
2.2.3.1. <u>Adaptación agroclimática</u>	100
2.2.3.2. <u>Regionalización agroclimática</u>	102
2.2.3.3. <u>Epoca de siembra</u>	105
2.2.3.4. <u>Cultivares</u>	107

2.2.4. <u>Soja</u>	114
2.2.4.1. Adaptación agroclimática.....	114
2.2.4.2. Regionalización agroclimática	116
2.2.4.3. Aptitud edafológica	117
2.2.4.4. Epoca de siembra	119
2.2.4.5. Cultivares	120
2.3. LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LAS ZAFRAS ...	129
2.3.1. <u>Cultivos de invierno</u>	129
2.3.2. <u>Cultivos de verano</u>	137
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	147
3.1. LOS DATOS ORIGINALES	147
3.2. LAS VARIABLES DISPONIBLES	148
3.3. LAS VARIABLES UTILIZADAS	150
3.4. EL ALCANCE DE LA INFORMACIÓN	154
3.5. LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS	155
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	159
4.1. LA DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN DE CHACRAS	159
4.1.1. <u>La estructura de las chacras</u>	159
4.1.2. <u>La localización espacial</u>	164
4.2. CULTIVOS DE INVIERNO	170
4.2.1. <u>Cebada cervecera</u>	171
4.2.1.1. El procedimiento de clusters	178
4.2.1.2. El árbol de regresión	193
4.2.2. <u>Trigo</u>	214
4.2.2.1. El procedimiento de clusters	216
4.2.2.2. El árbol de regresión	225
4.3. CULTIVOS DE VERANO	262
4.3.1. <u>Maíz</u>	262
4.3.1.1. El procedimiento de clusters	268
4.3.1.2. El árbol de regresión	283
4.3.2. <u>Sorgo granífero</u>	292
4.3.2.1. El procedimiento de clusters	296
4.3.2.2. El árbol de regresión	307
4.3.3. <u>Sojas</u>	320
4.3.3.1. El procedimiento de clusters	330

5. <u>CONCLUSIONES</u>	349
5.1. <u>CONCLUSIONES METODOLÓGICAS</u>	349
5.2. <u>CONCLUSIONES PRODUCTIVAS</u>	350
5.2.1. <u>Las tendencias de las productividades</u>	351
5.2.2. <u>Las variables explicativas en cultivos de invierno</u>	352
5.2.3. <u>Las variables explicativas en cultivos de verano</u>	354
5.2.4. <u>La composición de las variables independientes en la productividad</u>	357
6. <u>RESUMEN</u>	358
7. <u>SUMMARY</u>	360
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	362

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Rendimientos medios (kg ha^{-1}) por ámbito en el período 2005-2009, diferencia absoluta (kg ha^{-1}) y diferencia relativa (%) según cultivo extensivo	39
2. Rendimiento medio nacional (kg ha^{-1}) por país según cultivo extensivo (2005-2009)	40
3. Erosión medida ($\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) y erosión estimada ($\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) según sistema y experimento	47
4. Lluvias en Julio-Agosto (mm), heladas en el período Julio-Setiembre y días con más de 30°C en noviembre-diciembre	56
5. Uso del suelo y período dominante según sistema de producción agrícola .	63
6. Pérdida de suelo (tm ha^{-1}) por sistema de manejo según rotación para suelos de distintas unidades	64
7. Tiempo óptimo de barbecho para distintas situaciones	66
8. Rendimiento medio (kg ha^{-1}) por período según cultivar, Cebada cervecera	76
9. Rendimiento medio (kg ha^{-1}) por zafra según cultivar de trigo de ciclo intermedio sembrado por los agricultores de FUCREA (2007-2009)	80
10. Rendimiento medio (kg ha^{-1}) por zafra según cultivar de trigo, materiales de trigo de ciclo intermedio en los ensayos de evaluación de cultivares	82
11. Rendimiento medio (kg ha^{-1}) por zafra según variedad de trigo, materiales de ciclo largo en los ensayos de evaluación de cultivares	84
12. Productividad de maíz (kg ha^{-1}), humedad en el suelo y disponibilidad de nitratos (ppm) según zafra agrícola, manejo del barbecho y duración del barbecho	90
13. Cluster, frecuencia, productividad anual (kg ha^{-1}) y media general según cultivar de maíz encontrado en chacras de agricultores CREA	95
14. Productividad anual (kg ha^{-1}), media general y coeficiente de variación según cultivar de maíz (31A25-AX892CL) en ensayos de evaluación de cultivares	97
15. Productividad anual (kg ha^{-1}), media general y coeficiente de variación según cultivar de maíz (AX892MG-IPBx) en ensayos de evaluación de cultivares	98
16. Productividad anual (kg ha^{-1}), media general y coeficiente de variación según cultivar de maíz (KM3601MG CL+) en ensayos de evaluación de cultivares	99
17. Fecha y cantidad de días a floración, suma térmica ($^{\circ}\text{C días base } 15^{\circ}$) en la etapa juvenil (primeros 30 días) y 31 días post-floración, según fecha de siembra	105

18. Cluster, frecuencia, productividad anual (kg ha ⁻¹) y media general según cultivar de sorgo granífero encontrado en chacras de agricultores CREA ..	109
19. Productividad anual (kg ha ⁻¹), media general y coeficiente de variación según cultivar de sorgo granífero (8118-Limay) en ensayos de evaluación de cultivares	111
20. Productividad anual (kg ha ⁻¹), media general y coeficiente de variación según cultivar de sorgo granífero (Malacate+) en ensayos de evaluación de cultivares	112
21. Cluster, frecuencia, productividad anual (kg ha ⁻¹) según cultivar de soja (A4613-NA66R) encontrado en chacras de agricultores CREA	124
22. Cluster, frecuencia, productividad anual (kg ha ⁻¹) según cultivar de soja (RA514-TJS2164R) encontrado en chacras de agricultores CREA	125
23. Productividad anual (kg ha ⁻¹), según cultivar de soja (A5409RG-F1652) en ensayos de evaluación de cultivares durante el período 2003-2008	127
24. Productividad anual (kg ha ⁻¹) según cultivar de soja (Fun55RR-XA472) en ensayos de evaluación de cultivares durante el período 2003-2008	128
25. Lluvias en junio-agosto (mm), cantidad de heladas en junio-setiembre y días con más de 30°C en noviembre-diciembre por zafra agrícola, La Estanzuela (Colonia-Uruguay)	131
26. Cantidad de chacras y proporción (%) por zafra agrícola según cultivo. Agricultores de FUCREA(2006/2007-2009/2010)	161
27. Superficie sembrada (ha) según cultivo por zafra agrícola. Agricultores de FUCREA (2006/2007-2009/2010)	163
28. Cantidad de chacras según cultivo por ambiente (2006/2007-2009/2010) ..	166
29. Proporción de chacras (%) según cultivo por ambiente (2006/2007-2009/2010)	166
30. Cantidad de chacras según cultivo por ambiente. Zafra agrícola 2009/2010	167
31. Superficie sembrada (ha) según cultivo por ambiente. Zafra agrícola 2009/2010	168
32. Superficie sembrada (%) según cultivo por ambiente. Zafra agrícola 2009/2010	169
33. Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Cebada Cervecera (2007/2008-2009/2010)	172
34. Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	180
35. Proporción de chacras (%) por zafra agrícola según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	181
36. Desvíos de la proporciones globales por zafra agrícola según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	182
37. Proporción de chacras (%) por ambiente agroclimático según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	184
38. Proporción (%) por valor específico en variables ambientales según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	185

39. Proporción de chacras por antecesores de verano según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	186
40. Proporción (%) por valor específico para variables de manejo según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	188
41. Proporción (%) de chacras por variedades seleccionadas según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	190
42. Desvíos de las proporciones de chacras por variedades según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	191
43. Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Trigo (2007/2008-2009/2010)	215
44. Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Trigo (2007/2008-2009/2010)	218
45. Cantidad de registros por ciclo del material según cluster. Trigo (2007/2008-2009/2010)	219
46. Proporción de registros (%) por ciclo del material según cluster. Trigo (2007/2008-2009/2010)	220
47. Desvíos de la proporciones globales por ciclo del material según cluster. Trigo (2007/2008-2009/2010)	220
48. Proporción (%) por valor específico de variables ambientales según cluster. Trigo (2007/2008-2009/2010)	221
49. Proporción (%) por valor específico de variables de manejo según cluster. Trigo (2007/2008-2009/2010)	223
50. Proporción (%) de chacras por variedad de trigo sembrada según cluster (2007/2008-2009/2010)	224
51. Indicadores del rendimiento y fecha de siembra de trigo según variedad (2007/2008-2009/2010)	228
52. Indicadores del rendimiento y fecha de siembra de trigo según variedad (2007/2008-2009/2010)	229
53. Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Maíz de primera (2006/2007-2009/2010)	265
54. Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Maíz de segunda (2006/07-2009/10)	266
55. Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Maíces (2006/07-2009/10)	271
56. Proporción (%) de chacras por zafra agrícola según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	272
57. Desvíos de las proporciones por zafra agrícola según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	272
58. Proporción (%) de chacras por ambiente agroclimático según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	274
59. Desvíos de las proporciones por ambiente agroclimático según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	274

60. Proporción (%) de chacras por unidad de suelo según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	275
61. Proporción (%) de chacras por aptitud agrícola según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	276
62. Proporción (%) de chacras por actividad según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	277
63. Proporción (%) de chacras por manejo de suelos según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	278
64. Proporción (%) de chacras por época de siembra según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	279
65. Proporción (%) de chacras por valor-variable de manejo según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	280
66. Proporción (%) de chacras por cultivar sembrado según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	281
67. Proporción (%) de chacras por superficie de maíz (ha) según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	282
68. Desvíos de las proporciones por superficie de maíz (ha) según cluster. Maíces (2006/2007-2009/2010)	282
69. Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Sorgo de primera (2006/2007-2009/2010)	294
70. Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Sorgo de segunda (2006/2007-2009/2010)	295
71. Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Sorgos (2006/07-2009/10)	299
72. Proporción (%) de chacras por zafra agrícola según cluster. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	300
73. Desvíos de las proporciones por zafra agrícola según cluster. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	301
74. Proporción (%) de chacras por ambiente agroclimático según cluster. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	301
75. Proporción de chacras por valor/variable ambiental según cluster. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	302
76. Proporción de chacras (%) por antecesor inmediato según cluster. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	303
77. Proporción de chacras (%) por época de siembra según cluster. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	305
78. Proporción de chacras (%) por valor/variable de manejo según cluster. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	306
79. Proporción de chacras por valor/variable de manejo según cluster. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	307
80. Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Soja de primera (2006/2007-2009/2010)	320

81. Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Soja de segunda (2006/2007-2009/2010)	321
82. Superficie y rendimiento de soja a nivel nacional por zafra agrícola. Soja de primera, Sojas de segunda y datos conjuntos (2006/2007-2009/2010) ...	322
83. Valores de los estadígrafos por ambiente agroclimático. Soja de primera + Soja de segunda (2006/2007-2009/2010)	328
84. Valores de los estadígrafos por ambiente agroclimático. Soja de primera + Soja de segunda (2009/2010)	328
85. Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Sojas (2006/07-2009/10)	333
86. Proporción de chacras (%) de soja por zafra agrícola según cluster. (2006/2007-2009/2010)	335
87. Proporción de chacras (%) de soja por ambiente según cluster. (2006/2007-2009/2010)	336
88. Proporción (%) por valor específico de variables ambientales según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	338
89. Proporción de chacras (%) para modalidad de siembra y antecedentes inmediatos según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	341
90. Desvíos de las proporciones para modalidad de siembra y antecedentes inmediatos según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	341
91. Proporción de chacras (%) para manejo de suelos y época de siembra según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	342
92. Desvíos de las proporciones para manejo de suelos y época de siembra según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	343
93. Proporción de chacras (%) de soja por variedad según cluster (2006/2007-2009/2010)	344
94. Desvíos de las proporciones por variedad según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	344
95. Proporción de chacras (%) por grupo de madurez según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	346
96. Desvíos de las proporciones por grupo de madurez según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	346
97. Proporción de chacras (%) por subgrupo de madurez según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	348
98. Desvíos de las proporciones por subgrupo de madurez según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)	348

Figura No.

1. Superficie arrocera (ha, %) según regiones (2009/2010), superficie de verano en secano (ha, %), y crecimiento según regiones (1999/2000-2009/2010)	24
--	----

2. Árbol de regresión de 286 chacras CREA de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	194
3. Descendencia de la rama inferior del árbol de regresión de cebada cervecera. (2007/2008-2009/2010)	198
4. Árbol de regresión (parcial) de 286 chacras CREA de cebada cervecera. (2007/2008-2009/2010)	199
5. Grupos de muy bajos rendimientos de chacras CREA de cebada cervecera. (2007/2008-2009/2010)	203
6. Grupos de bajos rendimientos en chacras CREA de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	205
7. Grupo de rendimiento medio (m) en chacras CREA de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	207
8. Grupos de rendimientos bajo (b) y alto (a) en chacras de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	208
9. Grupos de rendimientos muy bajo a muy alto en chacras de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	210
10. Árbol de regresión de 765 chacras CREA de trigo (2007/2008-2009/2010)	227
11. Derivadas de la rama superior de primer nivel en 765 chacras CREA de trigo (2007/2008-2009/2010)	230
12. Divisiones derivadas de las ramas inferiores de primer y segundo nivel en 765 chacras CREA de trigo (2007/2006-2009/2010)	234
13. Divisiones de la rama superior-inferior de segundo nivel en 765 chacras CREA de trigo (2007/2008-2009/2010)	237
14. Árbol de regresión (parcial) para 765 chacras de trigo de agricultores CREA (2007/2008-2009/2010)	241
15. Grupos de muy bajos rendimientos del árbol de regresión para trigo. 765 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)	245
16. Grupos de bajos rendimientos del árbol de regresión para trigo. 765 chacras CREA. (2007/2008-2009/2010)	247
17. Grupos de rendimientos medios del árbol de regresión para trigo. 765 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)	249
18. Grupos de medios (m) y altos (a) rendimientos de trigo. 765 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)	254
19. Grupos de medios (m), altos (a) y muy altos (ma) rendimientos de trigo. 765 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)	256
20. Dendograma para 161 chacras de maíz de agricultores CREA (2006/2007-2009/2010)	269
21. Árbol de regresión para 161 chacras CREA de maíz (2006/2007-2009/2010)	283
22. Grupo de muy bajos rendimientos del árbol de regresión para maíz (2006/2007-2009/2010)	286
23. Grupo de bajos rendimientos del árbol de regresión para maíz (2006/2007-2009/2010)	287

24. Grupo de rendimientos medios del árbol de regresión para maíz (2006/2007-2009/2010)	290
25. Grupos de altos rendimientos del árbol de regresión para maíz (2006/2007-2009/2010)	291
26. Dendograma para 167 chacras de sorgo granífero de agricultores CREA (2006/2007-2009/2010)	297
27. Árbol de regresión para 167 chacras CREA de sorgo granífero. (2006/2007-2009/2010)	308
28. Grupo de muy bajos rendimientos del árbol de regresión en sorgos (2006/2007-2009/2010)	310
29. Grupos de bajos rendimientos del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)	312
30. Grupo de bajos-medios rendimientos del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)	314
31. Grupos de rendimientos medios del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)	315
32. Grupos de altos rendimientos del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)	318
33. Grupo de muy altos rendimientos del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)	319

Gráfico No.

1. Superficie sembrada (%) por zafra según cultivo (1998/1999-2010/2011) .	10
2. Superficie sembrada (miles de ha) por zafra según cultivo (1998/1999-2009/2010)	12
3. Superficie sembrada (miles ha) y superficie sin laboreo (miles ha) por zafra agrícola	16
4. Sustancia activa grado técnico (miles kg) por año según grupo	20
5. Superficie de chacra (ha) en agricultura de secano por zafra agrícola según forma de tenencia de la tierra (1999/1999-2009/2010)	30
6. Superficie de chacra (%) en agricultura de secano por zafra agrícola según forma de tenencia de la tierra (1998/1999-2009/2010)	31
7. Superficie de chacra (%) en agricultura de secano por zafra agrícola según tamaño de los agricultores (1998/1999-2009/2010)	32
8. Rendimiento (kg ha ⁻¹) por cultivo según zafra agrícola (1960/1961-2009/2010)	35
9. Rendimiento (kg ha ⁻¹) por cultivo según zafra agrícola (1998/1999-2009/2010)	37
10. Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según fecha La Estanzuela (01/04/2007-31/12/2007)	132
11. Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según día ordinal, La Estanzuela (01/04/2008-31/12/2008)	133

12. Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según día ordinal, La Estanzuela (01/04/2008-31/12/2008)	134
13. Precipitaciones (mm) por mes en los años 2007 a 2009, La Estanzuela (01/04/200x-31/12/200x)	135
14. Precipitaciones diarias (mm) en los años 2007 a 2009, La Estanzuela (01/04/200x-31/12/200x)	136
15. Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según fecha, La Estanzuela (01/08/2007-30/04/2008)	137
16. Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según fecha, La Estanzuela (01/08/2008-30/04/2009)	138
17. Temperaturas medias (24 hs.), máximas y mínimas según fecha, La Estanzuela (01/08/2009-31/04/2010)	139
18. Precipitaciones (mm) por mes en las zafas 2007/2008 a 2009/2010, La Estanzuela (01/08/200x-30/04/200x)	140
19. Precipitaciones diarias (mm) en las zafas 2007/2008 a 2009/2010, La Estanzuela (01/08/200x-01/14/200x)	141
20. Radiación ($\text{cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$) por década en las zafas 2006/2007-2009/2010, La Estanzuela (01/09/200x-30/05/200x)	143
21. Temperaturas medias ($^{\circ}\text{C}$) por década en las zafas 2007/2009-2009/2010, La Estanzuela (01/08/200x-30/04/200x)	144
22. Evaporación del tanque A (mm) por día según zafra, La Estanzuela (01/09/200x-30/05/200x)	145
23. Evaporación del tanque A (mm) por década según zafra., La Estanzuela (01/08/200x-30/04/200x)	146
24. Superficie media (ha) por zafra según actividad agrícola. Agricultores de FUCREA (2006/2007-2009/2010)	164
25. Frecuencias relativas simples de rendimientos según media+-desvíos. Cebada cervecera (2007/2008)	173
26. Frecuencias relativas simples de rendimientos según media+-desvíos. Cebada cervecera (2008/2009)	174
27. Frecuencias relativas simples de rendimientos según media+-desvíos. Cebada cervecera (2009/2010)	175
28. Frecuencias relativas simples de rendimientos según media+-desvíos. Cebada cervecera (2007-2009)	176
29. Rendimientos (kg ha^{-1}) por zafra y total en chacras CREA Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	177
30. Dendograma para cebada cervecera de 286 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)	178
31. Rendimientos (kg ha^{-1}) de cebada cervecera por cluster (2007/2008-2009/2010)	179
32. Rendimientos de cebada cervecera por ambiente agroclimático (2007/2008-2009/2010)	183

33. Distribución de rendimientos (kg ha^{-1}) de chacras CREA de trigo por zafra (2007/2008-2009/2010)	215
34. Dendograma de 765 chacras CREA de trigo (2007/2008-2009/2010)	217
35. Rendimientos (kg ha^{-1}) de trigo según cluster (2007/2008-2009/2010)	218
36. Distribución de rendimientos (kg ha^{-1}) de chacras CREA de maíz por zafra (2006/2007-2009/2010)	264
37. Rendimientos de maíz de primera/segunda y globales según zafra agrícola (2006/2007-2009/2010)	267
38. Rendimientos (kg ha^{-1}) de las chacras de maíz por cluster (2006/2007-2009/2010)	270
39. Distribución de rendimientos (kg ha^{-1}) de chacras CREA de sorgo por zafra (2006/2007-2009/2010)	293
40. Distribuciones de rendimiento de sorgos de primera/segunda y total (2006/2007-2009/2010)	296
41. Rendimientos (kg ha^{-1}) de las chacras de sorgo según cluster (2006/2007-2009/2010)	298
42. Distribución de probabilidades normalizada de rendimientos (kg ha^{-1}). Sojas de primera y Sojas de segunda (2006/2007-2009/2010)	323
43. Rendimientos (kg ha^{-1}) de sojas de primera/segunda y globales de chacras CREA. (2006/2007-2009/2010)	324
44. Frecuencias relativas simples según rendimiento medio (kg ha^{-1}) \pm desvíos. Soja (2006/2007-2009/2010)	325
45. Rendimientos (kg ha^{-1}) de sojas de primera y de sojas de segunda en chacras CREA por zafra (2006/2007-2009/2010)	327
46. Rendimientos (kg ha^{-1}) de sojas de primera/segunda en chacras CREA por ambiente (2009/2010)	329
47. Dendograma para 1366 chacras CREA de soja. (2006/2007-2009/2010) ...	331
48. Rendimientos (kg ha^{-1}) de las sojas según cluster (2006/2007-2009/2010)	332

Tabla No.

1. Proporción de datos (%) en las variables originales por cultivo. Bases de datos originales de FUCREA. zafras agrícolas 2006/2007-2009/2010	149
2. Proporción de datos (%) en las variables utilizadas por cultivo. Bases de datos multizafra 2006/2007-2009/2010	153
3. Parámetros estadísticos básicos de los registros utilizados por cultivo. Bases de datos multizafra 2006/2007-2009/2010	154
4. Parámetros y variables de construcción de rendimientos según grupo. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	201
5. Determinantes parciales de los rendimientos según grupo final. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)	213
6. Parámetros y variables de construcción de rendimientos según grupo. Trigo (2007/2008-2009/2010)	243

7.	Variables determinantes parciales de los rendimientos según grupo final. Trigo (2007/2008-2009/2010)	261
8.	Parámetros y variables de construcción de rendimientos según grupo. Maíces (2006/2007-2009/2010)	285
9.	Parámetros y variables de construcción de rendimientos según grupo. Sorgos (2006/2007-2009/2010)	309

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se cuantifican y discuten los cambios ocurridos en los últimos diez-doce años en los sistemas de producción agrícola, en la medida que constituyen el marco de desarrollo de los cultivos incluidos en el estudio. El término “sistemas de producción agrícola” tal como se usa en esta tesis no refiere exclusivamente a sistemas productivos donde la agricultura extensiva es la actividad excluyente, sino a aquellos donde la misma es un rubro relevante aunque se combine con terceros rubros, en particular la lechería y la ganadería de carne y lana. Tal como como se visualizará en mayor detalle en “La agricultura de secano”, esos sistemas de producción llevados adelante (2010/2011) por 4.463 productores agropecuarios ocupan en la actualidad 2.554.400 ha de superficie total, de las cuales 1.246.000 ha constituyeron la superficie de chacra ocupada por cultivos extensivos de secano (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c), sean de invierno –casi exclusivamente avena, cebada y trigo- o sean de verano –casi exclusivamente maíz, soja o sorgo, las superficies de los demás cultivos -incluido girasol- fueron residuales en la última zafra con datos-.

En la primera parte del siguiente capítulo se revisa entonces la evolución reciente de la agricultura extensiva, incluyendo los principales cambios tecnológicos y las modificaciones en la estructura productiva. La revisión se enfoca sobretudo en los cambios ocurridos porteras adentro de los sistemas de producción, sin por ello desconocer las impactantes modificaciones porteras afuera de los mismos, y allende fronteras en la dinámica de los mercados mundiales de cada uno de los granos. Cuando ello fue posible la descripción se realizó en términos cualitativos y cuantitativos, en la mayor parte de los casos considerando un período de una década o más entre las zafras agrícolas 1998/1999-2010/2011. Las variables ambientales y las variables de manejo exploradas a través de registros de chacras de varias zafras, así como sus efectos en la productividad, deben ser leídas en la perspectiva de los cambios ocurridos en los sistemas de producción agrícola. Sobre el final y en la perspectiva de la agricultura sostenible se discuten las implicancias actuales y potenciales derivadas del conjunto de los cambios que se señalan, y los desafíos para el diseño de sistemas de producción agrícola sostenibles.

En la segunda parte del segundo capítulo se sintetiza la información nacional sobre aquellas variables de manejo y agroecológicas en las cuales los equipos de investigación han generado resultados aplicables a los cultivos en los sistemas de producción agrícola dominantes en la actualidad. En la medida que en el capítulo correspondiente, el grueso de los resultados se presentan en el nivel del cultivo, la revisión bibliográfica sigue la visión por cultivo cuando es viable o por grupos de cultivos cuando los resultados son aplicables. Tal como se anotará, los resultados de la investigación no alcanzan a todas la variables utilizadas y/o en todas las condiciones de cultivo para cada uno de los mismos. En la discusión de los resultados obtenidos, y

especialmente en algunas situaciones, esta constituye una primera limitante. La revisión incluye también una sección dedicada a describir el comportamiento agroclimático de las zafras en las cuales se desarrollaron los cultivos, siguiendo la división derivada de las estaciones de crecimiento para los cultivos de invierno y los cultivos de verano en Uruguay.

La utilización de las herramientas de diseño de sistemas de producción agrícolas sostenibles hace necesario explorar el comportamiento de los cultivos extensivos en los ambientes de interés para el desarrollo de la investigación. Se estudian las variaciones de productividad para cada cultivo agrícola y se asocian con las variables de manejo y agroecológicas que en el marco de la información disponible permitirían explicar una parte de esas variaciones. En particular desde la perspectiva del diseño de sistemas de producción es relevante identificar los rendimientos techo alcanzables en las condiciones de los agricultores, y si los mismos se modifican en función de variables agroecológicas –especialmente aquellas asociadas a los ambientes agroclimáticos de interés- y/o de variables de manejo –asociadas a las secuencias de cultivos o a las técnicas de manejo-. Este análisis se relizará con registros de productores pertenecientes a la FUCREA del periodo 2006/2007-2009/2010 para cultivos de verano, y del período 2007/2008-2009/2010 para cultivos de invierno. Las etapas de diseño y evaluación de sistemas alternativos escapan al alcance de la tesis de grado y serán desarrolladas en una fase posterior del trabajo.

En los datos de las encuestas agrícolas para la zafra 2010/2011 con cobertura nacional para cada cultivo agrícola de secano (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c), los rendimientos medios nacionales de grano se situaron levemente por encima de los 3.000 kg ha⁻¹ en los cultivos de invierno (3.010 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, 3.220 kg ha⁻¹ en trigo) y apenas por encima de 1.500 kg ha⁻¹ en avena (1.506 kg ha⁻¹). La información elaborada indica que en cebada menos de un tercio (27,0%) de los agricultores llegaron a rendimientos superiores a 3.000 kg ha⁻¹ (3.285 kg ha⁻¹) en más de la mitad (56,4%) de la superficie sembrada; una situación casi similar a la de trigo en agricultores (29,6%), pero por debajo en la superficie sembrada (63,7%), en trigo la superficie media de este grupo fue 3.558 kg ha⁻¹. Lamentablemente esta es la situación habitual, no se presentan estratos de rendimiento por encima de la media, a los efectos de disponer de un marco de comparación adecuado. En el otro extremo disponible, un tercio (34,0%) de los agricultores –en un sexto (16,8%) de la superficie sembrada- obtuvieron niveles de rendimiento inferiores a 2.500 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, y casi la mitad (48,0%) de los agricultores -en más de un octavo (12,1%) de la superficie sembrada- quedaron por debajo de ese nivel en trigo.

La información (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c) muestra que en ambos cultivos y para los estratos definidos, los rendimientos medios más altos aparecen vinculados a superficies sembradas mayores, o sea los rendimientos aumentaron en la medida que aumentó la superficie sembrada. Pero mientras la superficie media sembrada

fue similar en el estrato inferior (86 ha en cebada cervecera y 71 ha en trigo), en el estrato intermedio y en el estrato superior las superficies medias de trigo fueron claramente mayores que las de cebada; 308 ha contra 119 ha en el estrato intermedio y 611 ha contra 384 ha en el estrato superior. En otras palabras, la superficie media de los agricultores de mayores rendimientos medios en cebada cervecera fue más de cuatro veces (4,23) superior a los de menores rendimientos medios, en tanto que en trigo la superficie media de los agricultores de mayores rendimientos fue más de ocho veces (8,61) mayor que la superficie media de los agricultores de menores rendimientos. En el conjunto los 1.420 agricultores que hicieron trigo sembraron 404.000 ha del cultivo, mientras que los 356 agricultores que sembraron cebada cultivaron 61.900 ha.

El cultivo de avena para grano (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c) cuya superficie sembrada (22.300 ha) alcanzó apenas poco más de un tercio (36,1%) de la de cebada cervecera, fue sembrado por 1.099 agricultores. En terminos medios entonces, los agricultores sembraron avena en pequeñas superficies (20,0 ha) si se las compara con las de cebada cervecera (174,0 ha) y más aún las de trigo (284,0 ha). En el cultivo de avena a su vez, cerca de la mitad (45,1%) de los agricultores –en más de la mitad (56,1%) de la superficie sembrada- obtuvieron rendimientos medios superiores a 1.500 kg ha^{-1} (1.897 kg ha^{-1}); más allá de las proporciones, el límite inferior de este estrato es tal como se observa, la mitad que el correspondiente a los restantes cultivos de invierno relevados. En el extremo inferior, la mitad (49,2%) de los agricultores en un tercio (31,4%) de la superficie sembrada no llegaron siquiera a rendimientos del orden de 1.000 kg ha^{-1} (914 kg ha^{-1}). En este cultivo, si bien los agricultores con superficie medias cultivadas más pequeñas (12,9 ha) obtienen los menores rendimientos medios, y quienes alcanzan mayores rendimientos medios fueron dos veces más grandes (25,2 ha), los agricultores que obtuvieron rendimientos intermedios fueron los que tuvieron mayor superficie media sembrada (45,2 ha), aunque también fueron los más escasos. En el presente estudio este cultivo no fue incluido dada la ausencia de registros de chacra sobre el mismo.

No están aún disponibles los datos equivalentes para los cultivos de verano desarrollados en la zafra 2010/2011, por lo cual se revisará la información de la zafra 2009/2010 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010b) que coincide con la última zafra evaluada en el presente estudio, y de hecho la que contiene la mayor parte de los registros en las bases de datos multizafra. En los cultivos de verano la Dirección de Estadísticas Agropecuarias utiliza cuatro estratos para presentar la información de niveles de rendimiento, los cuales son distintos para todos los cultivos, incluso dentro de los granos forrajeros y de los cultivos oleaginosos. En el cultivo de maíz, los estratos incluidos (kg ha^{-1}) fueron: a) < 2.000 , b) $2.000-4.000$, c) $4.001-6.000$ y d) > 6.000 . En la zafra 2009/2010, claramente más de la mitad (57,6%) de los agricultores maiceros aunque tan solo en 1/24 (4,1%) de la superficie sembrada no llegaron a rendimientos de 2.000 kg ha^{-1} (1.114 kg ha^{-1}), de hecho quedaron muy por debajo de los mismos. En el extremo superior, menos de la décima parte (9,1%) de los agricultores sobre cerca de la

mitad (47,2%) de la superficie sembrada obtuvieron rendimientos superiores a los 6.000 kg ha⁻¹ (7.200 kg ha⁻¹). La información muestra importantes saltos de rendimiento asociados a la escala de tamaño de los agricultores, aunque no son proporcionales a las superficies medias. Los abundantes agricultores del estrato inferior promediaron 3,2 ha de superficie sembrada, mientras que los agricultores del estrato superior promediaron 229,8 ha de superficie con maíz.

Los estratos de rendimiento (kg ha⁻¹) utilizados en el cultivo de sorgo (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010b) fueron: a) < 3.000, b) 3.000-4.500, c) 4.501-6.000 y d) > 6.000. En la misma zafra 2009/2010, en el cultivo de sorgo la cuarta parte (24,9%) de los agricultores en el estrato inferior, sobre la quinta parte (19,0%) de la superficie sembrada, obtuvieron rendimientos inferiores a 3.000 kg ha⁻¹ (2.002 kg ha⁻¹); en el estrato superior algo más de la vigésima parte (5,4%) de los agricultores sobre tan solo 1/100 (1,1%) de la superficie sembrada obtuvieron rendimientos medios superiores a 6.000 kg ha⁻¹ (7.324 kg ha⁻¹). En los datos de la zafra señalada, en este cultivo no existe una relación entre la escala de tamaño y los rendimientos medios logrados, los agricultores de mayor escala media (201,6 ha.) alcanzaron una productividad media del orden de 3.610 kg ha⁻¹, mientras que los –muy infrecuentes- agricultores que alcanzaron rendimientos superiores a 6.000 kg ha⁻¹ ya señalados, fueron por lejos los de menor escala media de superficie (19,7 ha). En estos datos agrupados hay una brecha del orden de 5.000 kg ha⁻¹.entre los estratos extremos en sorgo y del orden de 6.000 kg ha⁻¹.entre los mismos estratos de maíz, recuérdese que el estrato inferior en maíz se sitúa justo una tonelada por debajo del mismo estrato en sorgo.

En el conjunto los 2.174 agricultores de maíz que sembraron las 96.026 ha. de la zafra agrícola 2009/2010, obtuvieron un rendimiento medio de 5.510 kg ha⁻¹. Por su parte los 349 agricultores que sembraron las estimadas 35.304 ha de sorgo, tuvieron un rendimiento medio de 3.916 kg ha⁻¹. Esa diferencia de más de 1,5 tm ha⁻¹. de productividad de maíz sobre sorgo, en los datos presentados se explica en buena medida porque en maíz los rendimientos medios crecieron con la escala de tamaño, y en los grandes agricultores estuvo la mayor parte de la superficie sembrada. Mientras que en el cultivo de sorgo los productores de mayor escala (201,6 ha) -medida por su superficie media- o sea similares a los agricultores de maíz del estrato de mayor productividad, tuvieron rendimientos medios equivalentes a la mitad del que obtuvieron los pequeños agricultores del estrato de mayor productividad. En cualquier caso y más allá de la escala, en el marco del presente estudio las preguntas a responder son: a) ¿cuál o cuales fueron las variables ambientales y/o tecnológicas asociadas a los niveles superiores de productividad? y b) ¿cual o cuales entre las mismas variables pueden explicar al menos parcialmente las enormes brechas de rendimiento mostradas?. En este sentido antes es necesario verificar si las brechas encontradas a nivel nacional se repiten entre los agricultores de la FUCREA.

Finalmente, ¿cuál fue la situación en los cultivos oleaginosos para la misma zafra 20009/2010?. Los 1.145 agricultores que sembraron las estimadas 863.158 ha de soja, obtuvieron un rendimiento medio de 2.105 kg ha⁻¹ (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010b). Los estratos de rendimiento (kg ha⁻¹) utilizados en este cultivo fueron: a) < 1.200, b) 1.200-1.800, c) 1.801-2.400 y d) > 2.400. En el estrato inferior de rendimientos, 1/12 (8,0%) de los agricultores que sembraron 1/45 (2,3%) de la superficie del cultivo –con un tamaño medio de 213,9 ha-, obtuvieron un rendimiento medio menor a 1.000 kg ha⁻¹ (914 kg ha⁻¹). Mientras que en el estrato superior, más de 1/3 (36,2%) de los agricultores sembraron más de 1/4 (26,3%) de la superficie cultivada –su tamaño medio fue de 548,7 ha, o sea más de dos veces y media más grandes que los del estrato inferior-. El rendimiento medio de los mismos alcanzó los 2.776 kg ha⁻¹. En el cultivo de soja –y en la lectura de la zafra analizada-, los rendimientos de grano a lo largo de los estratos disponibles no aumentaron en la medida que aumentó la superficie media. Las superficies medias sembradas por estrato fueron: a) 231,9 ha, b) 1192,6 ha, c) 838,8 ha y d) 548,7 ha; es decir que los agricultores que mostraron áreas medias mayores, de hecho más de cinco veces más grandes que los del estrato inferior –dígase de bajos rendimientos relativos- y más de dos veces más grandes que los del estrato superior –dígase de altos rendimientos relativos-, tuvieron rendimientos relativos medios medios-bajos del orden de 1.629 kg ha⁻¹ (1.200 kg ha⁻¹-1.800 kg ha⁻¹)

Por su parte los 77 agricultores que sembraron las 10.017 ha de girasol llegaron a un rendimiento medio de 910 kg ha⁻¹ (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010b), menos de la mitad (43,2%) del rendimiento medio de soja, el cual ocupó una superficie más de ochenta y seis veces mayor en la zafra agrícola 2009/2010. En el cultivo de girasol los estratos de rendimiento (kg ha⁻¹) utilizados fueron: a) <1.000, b) 1.000-1.400, c) 1.401-1.800 y d) >1.800. Mientras que en maíz, sorgo, girasol y soja el rendimiento medio global quedó dentro del tercer estrato –dígase de rendimientos medios-altos-, en girasol quedó en el primer estrato –dígase de bajos rendimientos-. Así en el estrato inferior, dos tercios (66,2%) de los agricultores que sembraron más de dos tercios (68,4%) de la superficie del cultivo, tuvieron un rendimiento medio de apenas 597 kg ha⁻¹. En el estrato superior menos de la décima parte (9,1%) de los agricultores que sembraron una superficie equivalente (9,2%) promediaron 2.328 kg ha⁻¹, ese rendimiento fue el equivalente del 83,9% del aquel del estrato equivalente en el cultivo de soja. ¿Qué sucedió en girasol con la superficie media sembrada por estrato de rendimientos?. Las superficies medias sembradas por estrato fueron: a) 134,3 ha, b) 123,4 ha, c) 101,4 ha y d) 133,0 ha; estos datos no muestran ninguna tendencia definida y son de hecho - en una sola zafra- la serie más homogénea entre los siete cultivos estudiados.

En síntesis y aún tomando los datos de una sola zafra agrícola para cada cultivo, en la estructura de datos de las encuestas agrícolas de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias, la información indica una brecha de por lo menos 1,0 tm ha⁻¹ en avena y cebada, de 1,5 tm ha⁻¹ en trigo, de 1,7 tm ha⁻¹-1,8 tm ha⁻¹ en girasol y soja y de 5,0 tm ha⁻¹ y 6,0 tm ha⁻¹ en sorgo y maíz respectivamente. Las brechas indicadas no son las

brechas máximas sino aquellas dadas por los rendimientos de una zafra y por los estratos utilizados que debe recordarse son cuatro en cultivos de verano y tres en cultivos de invierno. A su vez y como ya se adelantó, en cebada, trigo y maíz la estructura de datos muestra rendimientos medios crecientes sobre tamaños medios de chacra también crecientes; mientras que en avena, sorgo, girasol y soja esa eventual asociación no se refleja en los datos. En girasol aunque con pocos datos en los dos estratos de la mitad superior, los tamaños medios de chacra por agricultor son relativamente homogéneos.

En cualquier caso –y aún en los cultivos donde existe la relación y es sostenida a lo largo del tiempo- la escala de chacra por agricultor no constituye una explicación directa de los niveles de rendimiento logrados. Tal como se adelantó en buena medida en el caso de los granos forrajeros, el presente estudio intenta responder las siguientes preguntas para cada uno de los cultivos incluidos en el mismo –cebada, trigo, maíz, sorgo y soja-: a) ¿cuáles son las brechas de rendimiento en grano dentro de la población de chacras de los agricultores del movimiento CREA?, b) ¿cuáles son los rendimientos techo –a nivel de chacra- que se alcanzaron en las zafras agrícolas incluidas?, c) ¿cuál o cuales fueron las variables ambientales y/o tecnológicas asociadas a los posibles niveles superiores de productividad? y, d) ¿cual o cuales entre las mismas variables pueden explicar al menos parcialmente las brechas de rendimiento que puedan ser detectadas?. Aunque se recordará más de una vez, a diferencia de la información recién analizada procedente de las encuestas agrícolas, si bien la información utilizada en el estudio potencialmente podía ser analizada por agricultor, la misma fue analizada por chacra, por lo tanto ni el agricultor ni la escala de tamaño fueron las variables privilegiadas en la investigación. Y entonces aún con menos agricultores, serían de esperar brechas de rendimiento iguales o mayores.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La revisión bibliográfica se dividió tal como fue señalado en la introducción, en tres partes principales: a) en primer lugar la evolución decádica de la agricultura extensiva centrada en los cambios tecnológicos y estructurales ocurridos porteras adentro de los sistemas de producción dentro de la agricultura de secano en Uruguay, tal como se indicó es en ese marco en el cual deben leerse los resultados obtenidos; b) en segundo lugar una revisión parcial de la información generada por los equipos de investigación nacional sobre las variables de manejo y las variables ambientales que fueron incluidas en la investigación, y c) en tercer lugar una rápida caracterización agroclimática de las zafras agrícolas en las cuales se desarrollaron las chacras de los cultivos extensivos; esta descripción puede resultar de utilidad para identificar las eventuales diferencias de rendimiento asociadas el efecto año tanto por efectos directos como por efectos indirectos.

2.1. LA AGRICULTURA DE SECANO

En la descripción de los cambios ocurridos en la agricultura extensiva uruguaya durante el período de la última década, los mismos se agruparon en cinco divisiones principales. En la primera parte “La evolución reciente de la agricultura de secano”, se describe la evolución de la superficie sembrada global, la de cultivos de invierno y de cultivos de verano y la de cada cultivo extensivo en particular. Esta es una de las tres divisiones en las cuales se incluye el cultivo de arroz para visualizar en que medida contribuyó a los cambios globales. En la segunda parte, “Los cambios tecnológicos asociados”, se caracterizan las constancias y cambios en un acotado conjunto de las técnicas de manejo propias de la agricultura extensiva. En la tercera parte “Las modificaciones en la estructura productiva”, cuando ello es posible se cuantifican los cambios en la localización de la agricultura, en las formas de tenencia de la superficie de chacra y en la tipología y en el tamaño de los agricultores. En la cuarta parte “La evolución de los resultados productivos”, se cuantifican para algunos cultivos no solo los cambios de corto plazo en la productividad sino las modificaciones de largo plazo. Finalmente en la quinta parte “Las implicancias de los cambios” se exploran algunas consecuencias actuales o potenciales derivadas de los cambios anotados.

2.1.1. La evolución reciente de la agricultura de secano

A lo largo de la última década la superficie sembrada en agricultura extensiva (de secano) se expandió rápidamente, especialmente a partir del crecimiento de los cultivos

de verano, explicados en su mayor parte por una sola oleaginosa: la soja. La superficie total acumulada con agricultura extensiva de secano (las cifras corresponden a la suma de las superficies sembradas con avena, cebada, trigo, girasol, soja, maíz y sorgo, en todos los casos con destino para grano) se situaba en las 384.000 ha. en la zafra agrícola 1999/2000, la cifra representa posiblemente la mínima superficie con cultivos agrícolas de secano en los últimos cien años. Alrededor de una década después en la zafra agrícola 2009/2010, la superficie sembrada con los mismos cultivos de secano alcanzó 1.748.000 ha. La superficie cultivada representa la más alta desde que se llevan registros, a lo largo de una serie de 103 años desde 1908 en adelante (Saavedra, 2011), y es de suponer que constituye la mayor superficie de la historia.

Considerando solo esa variable, la superficie de los cultivos agrícolas de secano creció 1.364.000 ha en términos absolutos, mientras se multiplicaba más de cuatro veces y media (+355,2%) entre los extremos de la década señalada. Si se incluye el cultivo de arroz la superficie total de agricultura extensiva llegó a 1.910.000 ha. en la zafra 2009/2010, luego de un mínimo de 546.000 ha. en la zafra 2000/2001. El análisis de la evolución de las superficies de ambas agriculturas (en secano y bajo riego) con datos de las Encuestas Agrícolas (URUGUAY. MGAP. DIEA, 1998, 1999, 2000a, 2000b, 2000c, 2001b, 2001c, 2001d, 2002b, 2002c, 2002d, 2003a, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2004d, 2005b, 2005c, 2005d, 2006b, 2006c, 2006d, 2007b, 2007c, 2007d, 2008b, 2008c, 2008d, 2009b, 2009c, 2009d, 2010b, 2010c, 2010d, 2011b, 2011c) muestra que ha sido la agricultura de secano, empujada como se verá por tan solo dos cultivos, la que explica la magnitud del cambio. El cultivo de arroz se mantuvo debajo de las 200.000 ha toda la década, y por debajo de su máximo histórico de 208.000 ha sembradas en la zafra 1998/1999 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2009e).

Si bien la superficie sembrada en la actualidad con cultivos agrícolas de secano, en torno a 1,7 millones de hectáreas en las zafra agrícola 2009/2010 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010b, 2010c), iguala o supera las mayores superficies registradas a mediados del siglo XX de hasta 1,6 millones de hectáreas, existe una diferencia relevante. La información de los Censos Agropecuarios entre 1956 y 2000, muestra que los niveles de intensificación agrícola –entendida esta como la superficie cultivada sobre la superficie de chacra- se mantuvieron en torno a la unidad (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2009b), e incluso la superficie de cultivos de segunda no superó las 100.000 ha hasta la zafra 2002/2003 (de acuerdo a información elaborada con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA, 1999, 2000a, 2000d, 2001b, 2002c, 2003b, 2004c, 2005c, 2006c, 2007c, 2008c, 2009c, 2010c, 2011c). Es decir que la superficie cultivada durante ese extenso período y sin dudas también durante la primera mitad del siglo pasado, representaba literalmente la superficie de chacra.

A lo largo de la última década aunque sin tendencias claras, los niveles de intensificación agrícola han oscilado entre 1,13 (2000/2001) y 1,59 (2009/2010), lo cual hizo que recién en la última zafra agrícola (2010/2011) apenas se superara los 1,2

millones de hectáreas de superficie de chacra (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c). La práctica del doble cultivo que alcanzó las 593.000 ha en la zafra 2009/2010, sobre una superficie de chacra de 1.097.725 ha (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010c) constituye entonces la explicación de las diferencias, e implica que aún sin considerar la producción obtenida, el resultado económico u otras variables de interés, en esas condiciones la tierra permanece cubierta por cultivos o rastrojos de cultivos la mayor parte del año. Sin embargo en estos niveles de superficie cultivada y aún considerando los niveles más altos de intensificación agrícola, es posible que medio millón de hectáreas sean ocupadas por un solo cultivo en el año. La pregunta siguiente entonces es, ¿en que épocas del año las chacras están cultivadas y cuando se mantienen en barbecho?.

El crecimiento de la superficie de verano invirtió la tradicional relación entre la superficies de invierno y verano en la agricultura de secano, aunque simultáneamente ofreció una enorme área para expandir la superficie de cultivos de invierno, sobretudo la de trigo en la medida que la de cebada aparece fuertemente condicionada por la capacidad industrial instalada en Uruguay. Los datos muestran que a partir de la zafra agrícola 2002/2003 cuando la agricultura de secano llegaba a las 567.000 ha., la superficie de verano impulsada –en ese momento- por la mayor superficie de girasol de la década y secundariamente por las siembras de soja al inicio de su fase actual de crecimiento, superó el área de invierno. Ese cambio fue muy significativo, dado que de acuerdo a Saavedra (2011), antes solo había sucedido una vez en el año 1973, en la actualidad se acumulan nueve zafras agrícolas seguidas (2002/2003-2010/2011).

Es así que si se consideran las superficies sembradas con cultivos de invierno y con cultivos de verano en la zafra 1999/2000 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000b), la relación de porcentajes era 70,4%/29,6%, mientras que más de una década después en la zafra 2010/2011, la misma relación fue 33,3%/66,7%. Si se toman las medias móviles de periodo tres centradas en la zafra 1999/2000 y 2009/2010, las relaciones pasan de 61,8%/38,1% a principios de siglo a 39,7%/60,3% en la actualidad (ver gráfico 1). En cualquier caso las relaciones se invierten. Este proceso ya había sido documentado recientemente (Arbeletche et al., 2010b) con datos actualizados a la zafra agrícola 2007/2008, donde se muestran resultados similares a los actuales, por lo que más allá de variaciones interanuales en las siembras de invierno o verano como ocurrió en las últimas dos zafras, vale preguntarse si se ha alcanzado una suerte de estabilización.

En la última centuria de la historia agrícola, tanto durante su etapa de agricultura continua con laboreo convencional, como en la fase agrícola de las rotaciones agrícola-pastoriles en la medida que estos sistemas se volvieron dominantes desde mediados de la década de 1970 (García Prechac 2004, Ernst y Siri 2008), la preeminencia de los cultivos de invierno sobre los cultivos de verano, suponía que miles de hectáreas de chacra sin cultivos en el verano, se mantenían en barbecho hasta las labores primarias del cultivo siguiente. En la medida que de acuerdo a los datos disponibles, además la práctica del doble cultivo era residual, era largamente habitual que la tierra permaneciera

en barbecho durante el verano, entonces protegida por los rastrojos del cultivo de invierno previo y directamente expuesta a las lluvias en la medida que progresaban las labores de preparación de las chacras y hasta la creciente cobertura ofrecida por el siguiente cultivo de invierno, o las pasturas sembradas cuando se salía de la fase agrícola de la rotación.

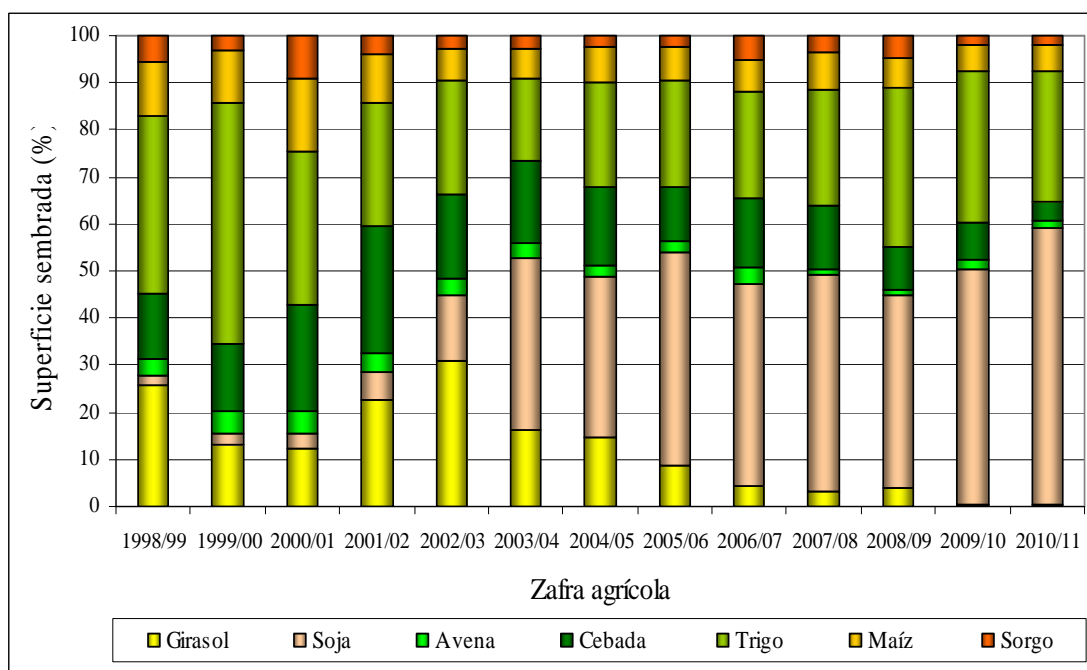


Gráfico 1 – Superficie sembrada (%) por zafra según cultivo (1998/1999-2010/2011)

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2001b, 2001c, 2001d, 2002b, 2002c, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2005b, 2005c, 2006b, 2006c, 2007b, 2007c, 2008b, 2008c, 2009b, 2009c, 2010b, 2010c, 2011b, 2011c).

Mientras que la superficie de invierno fue ampliamente dominante, las más de las veces las chacras permanecían en barbecho durante el verano y entraban en laboreo sobre el otoño, tanto en los sistemas de agricultura continua como en los sistemas agrícola ganaderos; el resto de las veces sucedía lo contrario y el período de barbecho-laboreo se extendía durante el otoño-invierno. Los cambios registrados en la última década juegan en dos direcciones contrarias. La información elaborada (con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000a, 2001a, 2002a, 2002b, 2002c, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2005b, 2005c, 2006b, 2006c, 2007b, 2007c, 2008b, 2008c, 2009b, 2009c, 2010b, 2010c, 2011b, 2011c) muestra que la relación cultivos de verano de segunda/cultivos de

invierno ha tendido a crecer a lo largo de la década hasta alcanzar 81,5% en la zafra 2009/2010, allí están las 600.000 ha con dos cultivos en el año. Por lo cual en la actualidad no menos de la mitad de la superficie, permanece en barbecho-laboreo entre la cosecha de los cultivos de verano de una zafra y las siembras de los cultivos de verano de la zafra siguiente.

Hasta aquí se ha analizado genéricamente a cultivos de invierno y cultivos de verano. Sin embargo siguiendo el razonamiento previo y aún antes de visualizar donde se localizan y como se hacen, es relevante cuantificar la composición interna de cada grupo, y en general identificar con exactitud cuales fueron los cambios en la matriz de cultivos, en que sentido ocurrieron y cuales son sus implicancias. Ello es especialmente cierto dentro de los cultivos de verano, en la medida que constituyen en la actualidad el grupo principal, y son quienes dejan sus rastros sobre cientos de miles de hectáreas como cobertura en el período cosecha de los mismos-implantación. del cultivo del verano siguiente (esa cita supone en buena medida un adelanto sobre el como se hacen); siempre y cuando no se instalen cultivos forrajeros o cultivos de cobertura.

Solo dos cultivos entre los siete evaluados durante el período analizado (1999/2000-2010/2011) explican el grueso del incremento de la superficie sembrada con cultivos agrícolas de secano. Aún cuando la mayoría de los cultivos analizados se caracterizan por una importante variabilidad interanual en sus áreas de siembra, en la zafra 1999/2000 el trigo con 196.500 ha sembradas representaba 1/2 de la superficie agrícola de secano, y la soja con 12.000 ha representaba tan solo 1/30 de esa superficie (vale decir que la superficie sembrada con trigo siguió cayendo –siempre con oscilaciones- hasta una piso de 117.700 ha en la zafra 2003/2004 donde las estimaciones indicaban que fue igual a la de cebada cervecera, URUGUAY. MGAP. DIEA, 2004b). Diez zafras agrícolas más tarde mientras que todos los cultivos restantes perdieron participación relativa, el trigo representaba 1/3, en tanto que la soja había llegado a representar 1/2 de la superficie agrícola de secano. Vistos así los datos, solo un cultivo pareciera explicar el crecimiento.

No quedan dudas sobre la participación del cultivo de soja como motor del crecimiento en superficie; la soja multiplicó su superficie sembrada más de setenta veces hasta alcanzar las casi 850.000 ha de la zafra 2009/2010 (de acuerdo con URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011b, las cifras de la zafra agrícola 2010/2011 serían muy similares a las de la zafra anterior). El cultivo de soja por si solo explicó tres quintas partes (61,3%) del aumento de la superficie cultivada Sin embargo, entre los extremos del período, también crecieron las superficies sembradas de cebada cervecera, trigo, maíz y sorgo; incluso la avena para grano; o sea todos menos el girasol. Ahora bien, el cultivo de trigo explica otra cuarta parte de la superficie absoluta, por lo cual junto al cultivo de soja aportaron casi nueve décimas del total (87,1%).

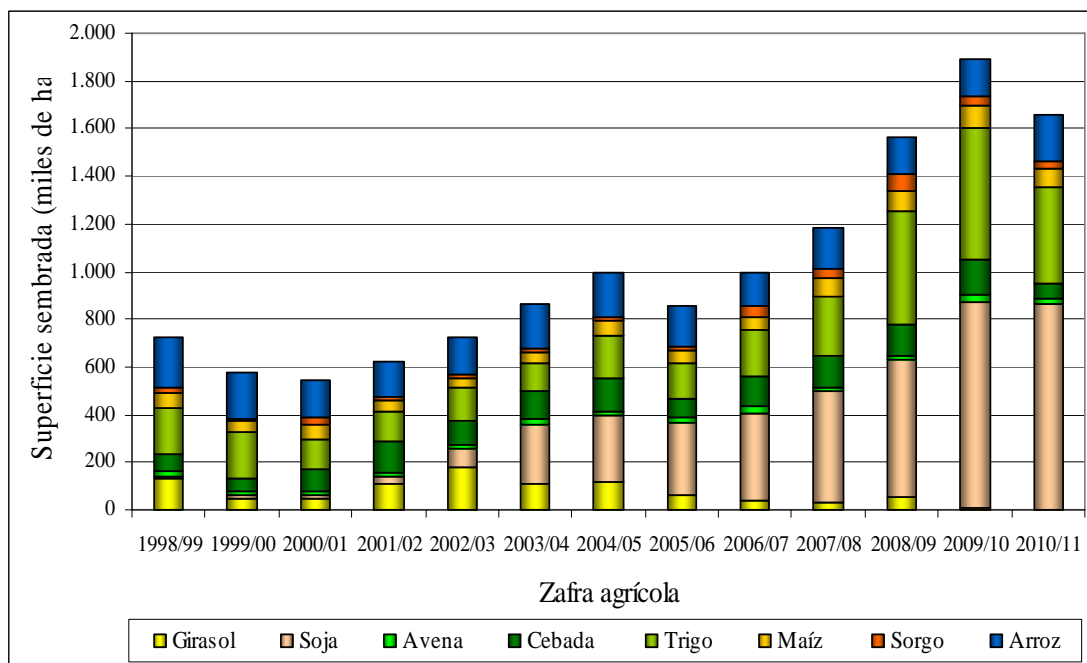


Gráfico 2 – Superficie sembrada (miles de ha) por zafra según cultivo (1998/1999-2009/2010)

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2000c, 2001b, 2001c, 2001d, 2001e, 2002b, 2002c, 2002d, 2003a, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2004d, 2005b, 2005c, 2005d, 2006b, 2006c, 2006d, 2007b, 2007c, 2007d, 2008b, 2008c, 2008d, 2009b, 2009c, 2009d, 2009e, 2010b, 2010c, 2010d, 2011b, 2011c).

Si se utilizan las medias móviles de período tres centradas en las zafra agrícolas 1999/2000 y 2009/2010 para reducir el efecto zafra; salvo el girasol todos los cultivos agrícolas de secano incrementan sus áreas de siembra. En esos datos los tres cultivos con mayor aumento relativo fueron: soja (+7.294,0%), trigo (+170,5%) y sorgo (+112,6%) – los demás quedaron por debajo de 100,0%-; a su vez los tres cultivos de mayor aumento absoluto fueron: soja (+727.000 ha), trigo (+294.000 ha) y maíz (+40.000 ha). Las conclusiones no se modifican, en todo caso se refuerzan, los cultivos de soja y trigo contribuyen con más de nueve décimas (94,9%) partes del incremento de la superficie agrícola de secano. Además entre la reducción de la superficie cultivada de girasol y el aumento en la superficie cultivada de soja, la superficie de cultivos oleaginosos desde la zafra agrícola 2003/2004 en adelante representa ocho de cada diez hectáreas de la superficie sembrada con cultivos de verano y se aproxima a nueve de cada diez hectáreas en la zafra agrícola 2009/2010 -cuando casi la totalidad de la superficie con cultivos oleaginosos es de soja-.

Es decir que una proporción creciente de la superficie de verano deja esos rastrojos en superficie, una situación que en el cambio de girasol por soja lleva nueve zafra sucesivas, en la medida que como se dijo la agricultura de secano se volvió estival, en la zafra 2008/2009 quedaron más de trescientas mil hectáreas que no fueron sembradas con cultivos de invierno. En la zafra 2009/2010 y por una combinación de reducidas siembras de cebada y trigo, esa superficie superó el medio millón de hectáreas. Las preguntas abiertas son: ¿cuál es la proporción de esa superficie sembrada con coberturas de invierno?, ¿sobre qué suelos estaban situadas esas chacras?, ¿cuál fue la cobertura y el volumen de rastrojos en superficie al levantarse la cosecha de verano?; para lo cual y como una pequeña ayuda, se debe recordar que en esas zafra los granos forrajeros cubrieron entre 110.000 ha y 130.000 ha.

Sin agotar los cambios en el diseño general de los sistemas productivos con agricultura extensiva; además de los ya presentados, se sucedieron dos cambios paralelos, el primero fue el doble cultivo, y en particular de los cultivos de verano de segunda, y el segundo, las modificaciones en la proporción de cultivos de inviernos consociados. Si se toma como punto de partida la zafra 1999/2000 (la superficie de cultivos de verano de segunda, muestras variaciones interanuales, los datos indican que la superficie sembrada en la zafra 1998/1999 fue de 67.400 ha), la superficie de cultivos de verano de segunda tendió a crecer a lo largo de la década desde las 23.300 ha. de esa zafra hasta las 593.300 ha. de la zafra 2009/2010; si se reducen las variaciones interanuales, la media móvil pasa de 47.300 ha. al principio de la década a 419.200 ha sobre el final de la misma, multiplicándose casi nueve veces (+786,2%) en el período. Considerando la media móvil de finales de la década, el patrón de cultivos fue: soja de segunda > sorgo de segunda > maíz de segunda > girasol de segunda; no obstante solo la soja explica la mayor parte de la superficie (85,0%).

La superficie de cultivos de invierno consociados con praderas sembradas, siguió una tendencia inversa a la citada para los cultivos de verano de segunda, tanto en términos relativos como absolutos. Si bien no fue posible reconstruir la serie completa durante el período, la proporción de cultivos de invierno consociados, pasó del 39,9% en la zafra 2000/2001 a 5,9% en la zafra 2009/2010. En la medida que la superficie cultivada creció a lo largo de la década, la caída en términos absolutos no fue tan pronunciada, de todos modos pasó de 93.900 ha en la zafra 2000/2001 a 42.600 ha en la zafra 2009/2010; si bien la media móvil centrada en esa zafra es muy similar, la superficie consociada apenas habría superado las treinta mil hectáreas (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c) en la última zafra (2010/2011). Los dos cambios están directamente vinculados entre sí, no habría sido posible una proporción de cultivos de verano de segunda como la de fines de la década con una proporción de cultivos de invierno consociados como los de principios de la década.

Las cifras presentadas son suficientes para sostener la hipótesis de la desarticulación progresiva de los sistemas agrícola-ganaderos basados en rotaciones o en

secuencias cultivos-pasturas; lo cual no equivale a decir la coexistencia de la ganadería y la agricultura dentro de las mismas empresas. Como muestran los datos no solo la proporción de praderas sembradas consociadas con cultivos de invierno habría caído a una séptima parte una en una década, sino que incluso la superficie absoluta se redujo mientras la superficie de invierno crecía sustantivamente. Es cierto que stricto sensu no son las siembras consociadas la única forma de incluir pasturas sembradas en rotaciones o secuencias con cultivos agrícolas. Si la tendencia se confirma, los datos refuerzan la enorme proporción de chacra en agricultura continua –estimable en 38,1% de la superficie agrícola- identificada por la Encuesta Agrícola de la zafra 2005/2006 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2006c). La evolución hacia la agricultura continua ya fue citada por Hoffman (2007), Ernst (2008).

2.1.2. Los cambios tecnológicos asociados

Las principales tecnologías agronómicas que soportaron el crecimiento de la superficie agrícola fueron la siembra directa en sustitución del laboreo mecánico, el empleo de cultivos transgénicos sobre todo para el cultivo de soja en un primer momento y más tarde también para el cultivo de maíz. Ya fueron citados en la sección anterior: “La evolución reciente de la agricultura de secano”, los cambios en los sistemas de producción procesados en paralelo, en particular el cambio de una agricultura más invernal a una más estival –fundamentalmente sojera- y el incremento de la intensificación agrícola a través del doble cultivo en una proporción variable de la superficie de chacra, la disminución de las pasturas dentro de la rotación, y la importancia creciente de sistemas de agricultura continua. Los cambios más asociados a los agricultores en si mismos y la localización de los sistemas de producción serán tratados en la sección siguiente: “Las modificaciones en la estructura productiva”.

No obstante no fueron solamente la tecnologías agronómicas las que permitieron el crecimiento, sino también las tecnologías organizacionales, en particular las modificaciones en la matriz productiva; si bien este conjunto de cambios se asoció originalmente a la etapa actual del desarrollo del cultivo de soja en Uruguay, en un proceso identificado entonces como “*la sojización de la agricultura uruguaya*” (Arbeletche y Carballo, 2006). En paralelo ocurrió un rápido crecimiento de empresas de servicios agrícolas, tanto de aquellas asociadas a la provisión de insumos y bienes de capital, como y especialmente a las que proveen servicios en las chacras (todas las labores que en la agricultura extensiva están altamente mecanizadas, entre la preparación de las chacras y la cosecha de las mismas) y a las que proveen servicios postcosecha. Tal como se indica para el complejo agroindustrial de la soja (Escudero, citado por Arbeletche et al., 2008), una parte de los insumos –semillas, inoculantes y agroquímicos- se ha producido en industrias ubicadas en Uruguay.

La transición del laboreo mecánico a la siembra directa en Uruguay constituye un cambio tecnológico relativamente reciente en la historia agrícola; de acuerdo a García Prechac (2001) la misma comenzó a instalarse progresivamente desde 1990 en adelante, fue considerada entonces como una de los mayores cambios técnicos de la década (Ernst y Siri, 1996). Las razones que generaron inicialmente el cambio fueron: 1) el vencimiento de la patente del herbicida glifosato, lo cual llevó a la reducción de su precio, 2) la aparición en el mercado de maquinas de siembra directa y, 3) la formación de grupos de productores pioneros –en particular la Asociación Uruguaya pro Siembra Directa- (García Prechac, 2001). La adopción de la misma en la agricultura extensiva dentro del litoral agrícola se disparó desde la mitad de la década, de tal manera que sobre el final del siglo más de un tercio de los agricultores la habían adoptado (Ernst 2001, Scarlatto et al., citados por García Prechac 2001).

La información elaborada (con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA, 1998, 1999, 2000a, 2001b, 2002b, 2002c, 2002d, 2003a, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2004d, 2005b, 2005c, 2005d, 2006b, 2006c, 2006d, 2007b, 2007c, 2007d, 2008b, 2008c, 2008d, 2009b, 2009c, 2009d, 2010b, 2010c, 2010d, 2011b, 2011c) no permitió construir series completas para todos los cultivos, pero indicaría que la superficie cultivada con siembra directa en la agricultura extensiva uruguaya pasó de 120.400 ha anuales en el período 1998/1999-2000/2001 (sin incluir la avena para grano) a 956.400 ha anuales en el período 2006/2007-2008/2009 para el conjunto de los cultivos agrícolas de secano. Lo anterior significa que la proporción de superficie en siembra directa pasó del 30,0% a 86,8% entre los períodos citados. De acuerdo a la información de las intenciones de siembra de cultivos de verano para la zafra 2010/2011 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011b), la siembra directa hubiera alcanzado el 90,9% de una superficie cultivada entonces estimada en 1.165.816 ha; en la práctica la superficie finalmente sembrada se redujo en 189.000 ha y quedó por debajo del millón de hectáreas (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c).

Las proporciones globales de siembra directa en la agricultura extensiva en ambos extremos del período, esconden sin embargo variaciones entre cultivos y entre modalidades de un cultivo, que fueron importantes al inicio del período y que mostraron una reducción gradual a lo largo de la primera década del siglo XXI. El relevamiento realizado sobre la campaña de verano 1999/2000 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2001c) en medio de una prolongada sequía, complementado con los datos del invierno previo (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000b), muestran que en aquel entonces la proporción de la superficie sembrada en directa era baja en el girasol de primera (13,4%), en el maíz para grano (12,1%), y en la cebada cervecera (16,9%); era baja-media en el trigo (27,3%) y en el sorgo granífero (35,5%) y era ya alta en el girasol de segunda (67,8%) y la soja (79,1%). La explicación ofrecida para resolver las diferencias –en los cultivos de verano en particular-, fueron: *“El hecho de que estos cultivos sean frecuentemente utilizados como ‘cabeza de rotación’ puede estar determinando en cierta medida este fenómeno”* (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2001c).

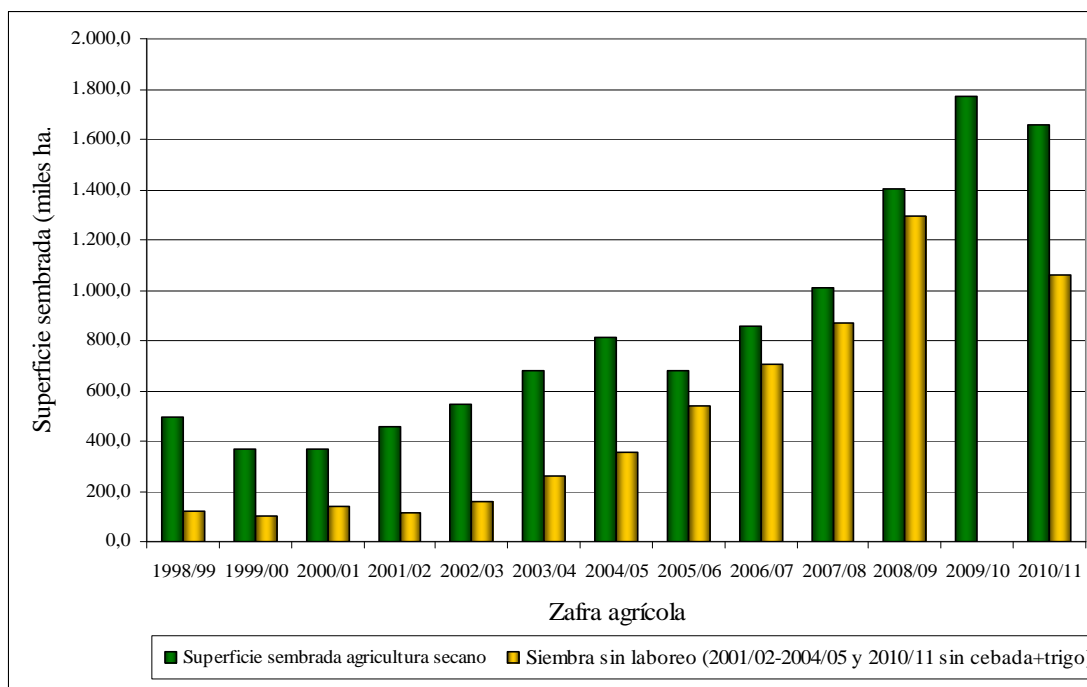


Gráfico 3 – Superficie sembrada (miles ha) y superficie sin laboreo (miles ha) por zafra agrícola

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2001b, 2001c, 2001d, 2002b, 2002c, 2003a, 2003b, 2004c, 2004c, 2005b, 2005c, 2006b, 2006c, 2007b, 2007c, 2008b, 2008c, 2009b, 2009c, 2010b, 2010c, 2011b, 2011c).

Los datos de la última zafra (2008/2009) con datos completos para esta variable sobre superficies de siembra confirmadas, indican que en todos los cultivos extensivos de secano -de invierno y de verano- la proporción de superficie en siembra directa se situó en todos los casos desde 6/10 en adelante. Eso es, el piso está no lejos por debajo del techo al inicio del período. Si se ordenan de menor a mayor proporción de siembra directa en la superficie cultivada, la lista es la siguiente: avena para grano (59,4%) < girasol de primera (71,3%) < maíz de primera (83,8%) < trigo (87,2%) < sorgo de primera (89,2%) < girasol de segunda (90,5%) < cebada cervecera (91,7%) < soja de primera (96,0%) < sorgo de segunda (98,1%) < maíz de segunda (98,2%) < soja de segunda (99,7%), (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2009b, 2009c). Si bien las tendencias reflejan en cierta medida el patrón de principios de la década (salvo en girasol, en los demás cultivos de verano de secano no se diferenciaban o no existían “las segundas”), en la actualidad la siembra directa es el sistema de laboreo dominante en todos los cultivos y modalidades dentro de la agricultura de secano.

En resumen, si se aplicara el coeficiente de la media móvil centrada en la zafra 2007/2008 a las superficies de la zafra 2009/2010, se habrían sembrado más de un millón y medio de hectáreas (1.517.264 ha) en siembra directa y una superficie de entre 200.000 a 250.000 hectáreas (230.736 ha) con laboreo mecánico. Las diferencias tanto en términos absolutos como relativos son enormes y dan cuenta de un drástico viraje del manejo de suelos procesado en no más de una década y media desde el comienzo de la fase de rápido crecimiento tal como los reportaron los autores señalados (Ernst 2001, Scarlatto, citado por García Prechac, 2001). Aún así la superficie que aún se mantendría con laboreo mecánico que en términos absolutos es inferior a la de una década atrás, supera holgadamente a toda la superficie cultivada con arroz para ofrecer un punto de comparación; y esa superficie puede estar en una extensa medida dentro de sistemas de agricultura continua y/o sin incluir rotaciones agrícola-pastoriles.

Si bien el cultivo de arroz está fuera del centro de la atención para el alcance de la tesis actual, constituye un cultivo a considerar en el diseño de sistemas de producción agrícola sostenibles dentro de algunos ambientes agroclimáticos y en particular donde sobretodo por las condiciones topográficas sea viable el desarrollo de terceros cultivos. En el cultivo de arroz el sistema de laboreo fue una variable relevada solo en tres zafras de las últimas diez –en las últimas doce zafras revisadas- (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000c, 2001e, 2002d, 2003d, 2004d, 2005d, 2006d, 2007d, 2008d, 2009d, 2010d). A su vez la siembra directa aparece como método de laboreo por un lado y como modalidad de siembra por otro –en este segundo caso sobre chacras que tienen alguna forma de laboreo mecánico sea de invierno o de verano-. Los datos disponibles indican que la siembra directa como método de laboreo alcanzó las 12.400 ha en la zafra 2000/2001 para situarse en 50.700 ha. dos zafras después (2002/2003), cuatro zafras más tarde (2006/2007) la superficie absoluta era muy similar -50.400 ha-. La proporción relativa pasó de 8,1% (2000/2001) de la superficie sembrada a situarse en torno a un tercio (33,%0-34,6%) en las siguientes zafras con datos.

La disponibilidad de eventos transgénicos aprobados para el cultivo de soja primero -ya desde 1996-, y en el cultivo de maíz más tarde en 2003-2004 (Borsani et al., 2010), hizo posible que la superficie de cultivos genéticamente modificados creciera sobretodo acompañando el incremento de la superficie cultivada con soja en siembra directa. En el período 1995/1996-2009/2010, la superficie sembrada de cultivos que incluyen eventos transgénicos pasó de ser prácticamente nula hasta ocupar más de 900.000 ha entre soja y maíz, incluyendo prácticamente la totalidad de la superficie de soja (Seragro en base a URUGUAY. MGAP. DIEA, Cámara Uruguaya de Semillas, citados por Jiménez de Arechaga, 2010). Ello implica que alrededor de la mitad de la superficie cultivada dentro de la agricultura de secano fue ocupada por “cultivos transgénicos”, y también quiere decir que así ocurrió en la mayor parte de los ambientes agrícolas del país.

En las palabras de Castiglioni (2005), “*la producción agrícola moderna está fuertemente basada en la utilización de insumos, respondiendo a una estrategia de mercado que propone la producción de alimentos unida al desarrollo de tecnologías globales*”. A su vez Romeiro, citado por Castiglioni (2005), sostenía entonces que la visión productivista predominaba ampliamente en el mundo, aún y a pesar de los avances realizados en torno al reconocimiento de los graves problemas ambientales provocados por el modelo tecnológico de la Revolución Verde. En ese marco varios autores (Díaz-Roselló, Ernst, Ribeiro, citados por Castiglioni, 2005) sobre la mitad de la primera década del siglo XXI indicaban que la agricultura en Uruguay es realizada en sistemas mixtos que incluyen la producción animal en pastoreo junto a la producción de granos dentro de rotaciones cultivos-pasturas; como contraposición a los sistemas de agricultura continua. A la situación anterior se sumaba (se suma) la matriz del paisaje donde ocurrían (ocurren) los sistemas de producción agrícola-pastoriles o directamente los sistemas de producción agrícola. En el paisaje dominante es frecuente la existencia de cursos de agua de menor o mayor caudal, en algunos casos acompañados de monte galería, y en varios casos dependiendo de la importancia relativa de la ganadería, la vegetación arbórea se completa con especies introducidas -en su mayor parte especies de eucaliptos que sirven de abrigo y sombra- (Ribeiro, 2004).

Los rasgos analizados en la matriz productiva muestran una tendencia a la desarticulación de las rotaciones cultivos-pasturas, así como una importancia creciente de sistemas productivos de agricultura continua, que en los grandes números ocurren dentro de una superficie productiva que es el doble de la superficie de chacra; por lo cual en una parte –no determinada- de los sistemas de producción, coexisten los rubros que antes se combinaban en el espacio y el tiempo con la agricultura. Es así que sobretudo fuera del área agrícola, eventualmente sobre campos con peores condiciones agrícolas o directamente no aptos para la agricultura, se desarrollan mayoritariamente la ganadería de carne y en ciertas regiones del país y en determinados ambientes productivos, la producción lechera. Las preguntas actuales son: a) ¿cuál ha sido la evolución del uso de los principales agroquímicos –particularmente los pesticidas-, asociados el modelo tecnológico dominante en la agricultura? y, b) ¿han sido las tasas de cambio en las cantidades utilizadas de similar magnitud a las de la superficie cultivada?. En los siguientes párrafos se intenta contestar esas dos preguntas básicas a partir de la información nacional disponible.

Tal como se describió en “La evolución de la agricultura de secano”, la superficie agrícola de secano creció casi zafra a zafra desde un mínimo en la zafra 1999/2000, mientras que la superficie agrícola total creció siguiendo el mismo modelo, pero luego de un mínimo en la zafra 2000/2001. La información (en base a datos de URUGUAY. MGAP. DGSA, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2011e, 2011f, 2011g, 2011q, 2011r, 2011h, 2011i, 2011j, 2011k, 2011l, 2011m, 2011n, 2011o, 2011p) sobre importación de los tres principales grupos de agroquímicos para la agricultura en sentido general –herbicidas, insecticidas y fungicidas- durante el período de doce años 1998-

2009, medida a través de la cantidad (kg) de sustancia activa grado técnico, muestra que los volúmenes importados han tendido a aumentar a lo largo del período aunque no con la misma continuidad que la superficie agrícola de secano; aunque como se verá esas variables aparecen fuertemente correlacionadas. Considerando el período citado, el volumen conjunto de los grupos señalados se multiplicó casi tres veces y media (+244,7%), aunque fue muy variable entre grupos. El orden según la variación en las importaciones entre los extremos del período fue: a) los herbicidas (+399,4%), b) los insecticidas (+128,5%), y c) los fungicidas (+26,1%). Si se considera la década 2000-2009, la variación fue: a) los herbicidas (+328,4%), b) los insecticidas (+173,8%), y c) los fungicidas (+105,4%).

¿Existe alguna diferencia –además de los dos años- entre los dos períodos señalados que explique los aparentes contrastes de comportamiento entre los herbicidas por un lado y los fungicidas e insecticidas por el otro?. Las importaciones de fungicidas e insecticidas en el período 1998-2009 se hacen mínimas en el año 2000, el cual a grandes rasgos coincide con la zafra agrícola 2000/2001; esa no fue la que tuvo la mínima superficie agrícola de secano en el período (fue la zafra anterior), pero sí fue la que tuvo la mínima superficie agrícola total (sumando en este caso el cultivo de arroz). Sin conocer el comportamiento seguido por los importadores de agroquímicos, incluyendo las disponibilidades de productos en stock y sus variaciones, la importación de herbicidas –especialmente la de glifosato que es por lejos el principal principio activo del grupo-, se asocia a diversas actividades productivas además de la agricultura extensiva, quizás una asociación a sistemas de producción muy diversos constituye una explicación parcial para que su comportamiento no copie exactamente el de los demás grupos de agroquímicos en los períodos analizados. Según los datos de URUGUAY. MGPAP. DGSA (2011d, 2011e, 2011f, 2011g, 2011q), los cálculos indican que en el trienio 2008-2010, el glifosato como sustancia activa, constituyó las tres cuartas partes (75,6%) de los herbicidas formulados, los cuales son largamente la mayor parte de la cantidad total importada.

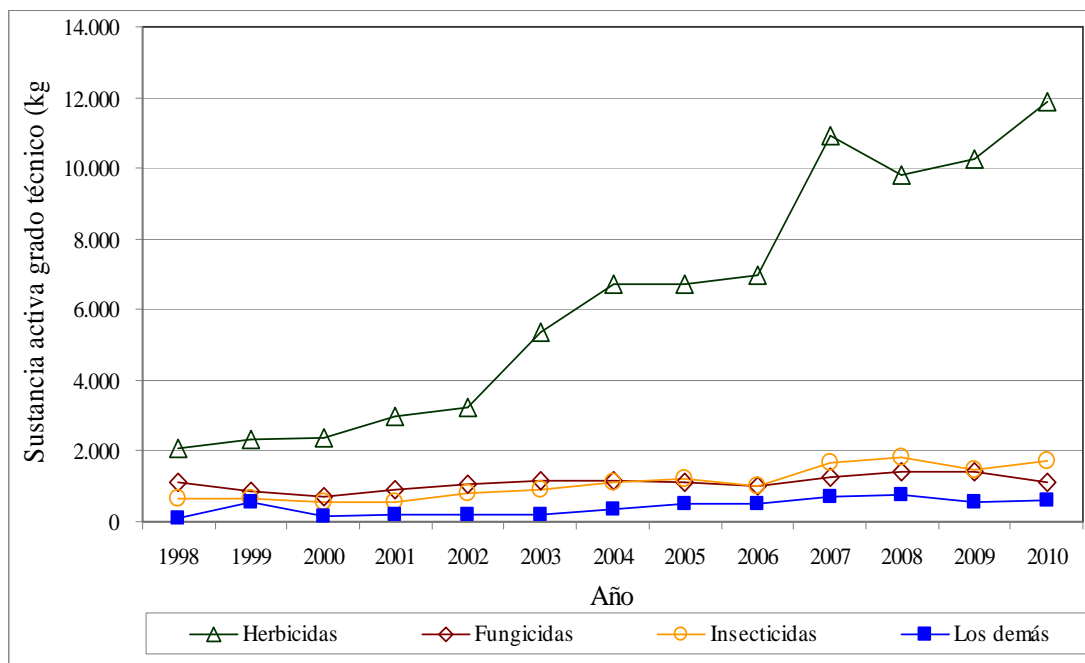


Gráfico 4 – Sustancia activa grado técnico (miles kg) por año según grupo

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DGSA, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d, 2011e, 2011f, 2011g, 2011q, 2011r, 2011h, 2011i, 2011j, 2011k, 2011l, 2011m, 2011n, 2011o, 2011p.

Considerando la suma de las cantidades de productos activos de herbicidas, fungicidas e insecticidas formulados, los datos muestran que las proporciones relativas eran y son muy distintas, y las mismas se han modificado a lo largo del período de referencia. Así es que al inicio del período (1998), las proporciones eran: a) herbicidas = 54,0%, insecticidas = 16,7%, y fungicidas = 29,3%; dos años más tarde (2000) para la zafra 2000/2001 –la de menos superficie agrícola extensiva en el período–, las proporciones fueron: a) herbicidas = 66,3%, b) insecticidas = 14,7%, y c) fungicidas = 19,0%. Si bien tal como se dijo las importaciones de cada uno de los grupos de productos crece, la velocidad o la magnitud del crecimiento fue claramente diferente; diez años más tarde (2009) para la zafra agrícola 2009/2010, las proporciones fueron: a) herbicidas = 78,2%, b) insecticidas = 11,8%, y c) fungicidas = 7,5%. Tal como se observa las distintas tasas de crecimiento en los volúmenes importados –lo cual debería significar en los volúmenes utilizados–, no solo llevaron a una creciente supremacía de los herbicidas dentro de los productos formulados, sino que los insecticidas pasaron a ser el segundo grupo en importancia relativa (elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DGSA, 2011g, 2011h, 2011j, 2011q).

En cualquier caso las correlaciones globales entre el subtotal de las importaciones de los tres grupos de productos y la superficie agrícola de secano o la superficie agrícola total son muy similares entre sí y para el período de doce años o el período de diez años. Los resultados globales obtenidos para los períodos 1998-2009, 2000-2009 indican que: a) las correlaciones entre la cantidad de los agroquímicos señalados y la superficie agrícola de secano fueron muy altas e iguales a 0,881-0,863, y b) las correlaciones entre la cantidad de agroquímicos y la superficie agrícola total – sumada la superficie cultivada con arroz-, fueron muy altas e iguales a 0,880-0,870. Las correlaciones entre las cantidades de cada grupo de agroquímicos y las superficies agrícolas de secano y agrícola total para el período 1998-2009 fueron: 1) herbicidas (0,876-0,874), 2) insecticidas (0,824-0,826) y 3) fungicidas (0,838-0,853). Si la hipótesis de trabajo fuere que el crecimiento de la superficie agrícola cultivada “arrastra” la cantidades de principios activos de agroquímicos utilizadas, el orden de arrastre es el citado en la línea anterior encabezada por los herbicidas; en cualquier caso todas las correlaciones son muy altas. El modelo tecnológico de la agricultura extensiva incluyendo los cambios tecnológicos señalados así como las modificaciones en los pesos relativos de la matriz de cultivos durante la última década, aparenta estar estrechamente asociado a la utilización de los tres grupos de agroquímicos.

Si en lugar de analizar las correlaciones entre las cantidad de productos activos de formulaciones comerciales y las superficie agrícola de secano o la superficie agrícola total, se analizan las correlaciones con las superficies sembradas de cada cultivo, aparecen notables diferencias como era de esperar, con variaciones menores según el período de análisis (1998-2009, 2000-2009). Si se toma la década 2000-2009 donde la superficie agrícola total tendió a crecer casi continuamente, se pueden observar hasta seis grupos de cultivos según el signo y la magnitud de las correlaciones con la cantidad total importada de productos activos –en formulaciones comerciales- de los pesticidas señalados, de menor a mayor: a) el cultivo de girasol muestra una correlación negativa media (-0,591), b) el cultivo de avena muestra una correlación nula (+0,044), c) el cultivo de arroz tiene una baja correlación positiva (+0,292), d) el cultivo de cebada muestra una correlación positiva media (+0,508), e) los cultivos de maíz, sorgo y trigo muestran correlaciones medias-altas positivas (+0,786, +0,646, +0,767) y f) el cultivo de soja alcanza una correlación muy alta (+0,902). Si se considera el período levemente más largo de doce años (1998-2009), los resultados son muy similares salvo para el cultivo de arroz, en el cual la correlación se vuelve muy baja a nula (-0,170).

En síntesis cuando se consideran los grandes números a su vez a nivel de las variables más inclusivas (el total de cantidad de pesticidas en sus formulaciones comerciales y las superficies agrícolas de secano o la superficie agrícola total), las cifras no coinciden con exactitud pero no son demasiado distintas. Considerando los extremos de los dos períodos –uno incluido dentro del anterior- (1998-2009, 2000-2009): a) la superficie agrícola total se multiplicó más de dos a tres veces (+163,3%; +250,0%), b) la superficie agrícola de secano se multiplicó por más de tres a cuatro veces (+238,0%;

+345,8%) y, c) la cantidad de pesticidas en formulaciones comerciales importados se multiplicó más de tres veces (+244,7%; +263,4%). En el período de doce años las cifras de la cantidad de pesticidas y la superficie agrícola de secano coinciden muy de cerca, en el período de una década la superficie de secano aumenta más rápidamente. Si bien no se analizaron subperíodos, es difícil sostener que el uso de pesticidas esté cayendo. Finalmente y si bien las correlaciones no implican relaciones de causa efecto, los resultados para las mismas variables son indicativos, debe recordarse que las cantidades de pesticidas es sobretodo arrastrada por los herbicidas –el grupo largamente mayoritario en volumen-, y la superficie cultivada evoluciona siguiendo las superficies de soja en primer lugar y trigo en segundo lugar.

2.1.3. Las modificaciones en la estructura productiva

Sin pretender una revisión completa ni exhaustiva de las modificaciones en la estructura productiva durante la última década, se realiza una revisión de los cambios en algunas variables centrales: la ubicación de la agricultura extensiva, la cantidad de productores que realizan cultivos de secano, la tipología más reciente de esos agricultores, las formas de tenencia de la tierra utilizada, y el tamaño de chacra de los agricultores. En la mayoría de las variables los datos disponibles corresponden a la superficie de chacra, que en el grueso de los casos es menor a la superficie total manejada. En la tipología (incluida) sobre los agricultores esas diferencias aparecen explícitamente. Las modificaciones más o menos significativas en solo esos aspectos, integradas a los cambios señalados en las superficies sembradas, en la matriz de cultivos, en la intensidad de uso de las chacras, en las secuencias de actividades vegetales y en las tecnologías agronómicas más recientes, deben leerse desde la perspectiva del desarrollo de sistemas productivos agrícolas sostenibles.

La información generada a través del Censo General Agropecuario 2000 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000d), puso de manifiesto que casi nueve décimas partes (87,9%) de la superficie sembrada con cultivos de invierno en la zafra 1999/2000 se localizaban en el litoral oeste (incluyendo el litoral centro –Paysandú y Río Negro- y el litoral sur –Colonia y Soriano-), y casi la décima parte (9,6%) se ubicaba en el centro sur del país -en este caso refiere a los departamentos de Durazno, Flores, Florida y San José-. Entre ambas regiones se situaban unas 305.037 ha con cultivos de invierno, de las cuales 275.088 ha estaban en el litoral oeste; fuera de esos ocho departamentos se sembraron 5.885 ha. Si bien y sobre una superficie menor, la concentración no era tan acentuada en los cultivos de verano, casi tres cuartas partes (72,8%) se localizaban en el litoral oeste, y algo menos de una sexta parte (14,9%) en el centro sur. En este caso entonces entre ambas regiones se situaban unas 126.609 ha, de las cuales más de 100.000 ha estaban en el litoral oeste; fuera de los mismos departamentos se sembraron entonces 12.673 ha.

La información analizada no permite visualizar cual fue la evolución de la localización de la superficie de invierno –lo cual quedará en claro a partir de los datos del Censo General Agropecuario 2011, los cuales estarán disponibles en algún momento del año 2012-, pero sí estimar los cambios ocurridos con los cultivos de verano. Diez zafra agrícolas más tarde (2009/2010) casi dos tercios (65,9%) de la superficie de verano se mantenía en el litoral oeste, una quinta parte (21,7%) en el centro sur y la décima parte restante (11,8%) se distribuía en el resto del país, casi la totalidad en las regiones este -para el análisis se consideraron los departamentos de Lavalleja, Maldonado, Rocha y Treinta y Tres- y nordeste -refiere en este caso a los departamentos de Cerro Largo, Rivera y Tacuarembó-. Si bien en el caso de los cultivos de verano la contribución relativa se modifica parcialmente, donde el litoral oeste pierde participación aunque sigue concentrando largamente la mayor parte; son los cambios en las superficies absolutas los más importantes.

En la zafra 2009/2010 la superficie de verano había superado el millón de hectáreas sembradas –siempre sin incluir el cultivo de arroz-; de las cuales 686.572 ha se ubicaron en el litoral oeste, y 226.168 ha en el centro sur; por lo cual unas 123.000 ha se situaban en el resto del país, de las mismas más de 100.000 ha en las regiones este y nordeste (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c). Si bien los datos siguen mostrando que el litoral oeste sigue concentrado el grueso de la superficie sembrada, aquella ubicada en las regiones este y nordeste va camino de igualar toda la superficie de verano de la zafra 1999/2000 y ya supera la superficie sembrada en el litoral oeste en ese entonces. A su vez la superficie sembrada en el centro sur es largamente superior (1,63 veces mayor) a toda la superficie de verano de una década atrás y más que duplica la sembrada entonces en el litoral oeste. Visto de otra manera, mientras la superficie de verano en el litoral oeste se multiplicó 6,5 veces, se multiplicó por 10,5 en el centro sur, por 10,4 en el este y por 10,3 en el nordeste. Incluso y aunque en valor absoluto la superficie actual es residual, se multiplicó por 6,5 en el litoral norte.

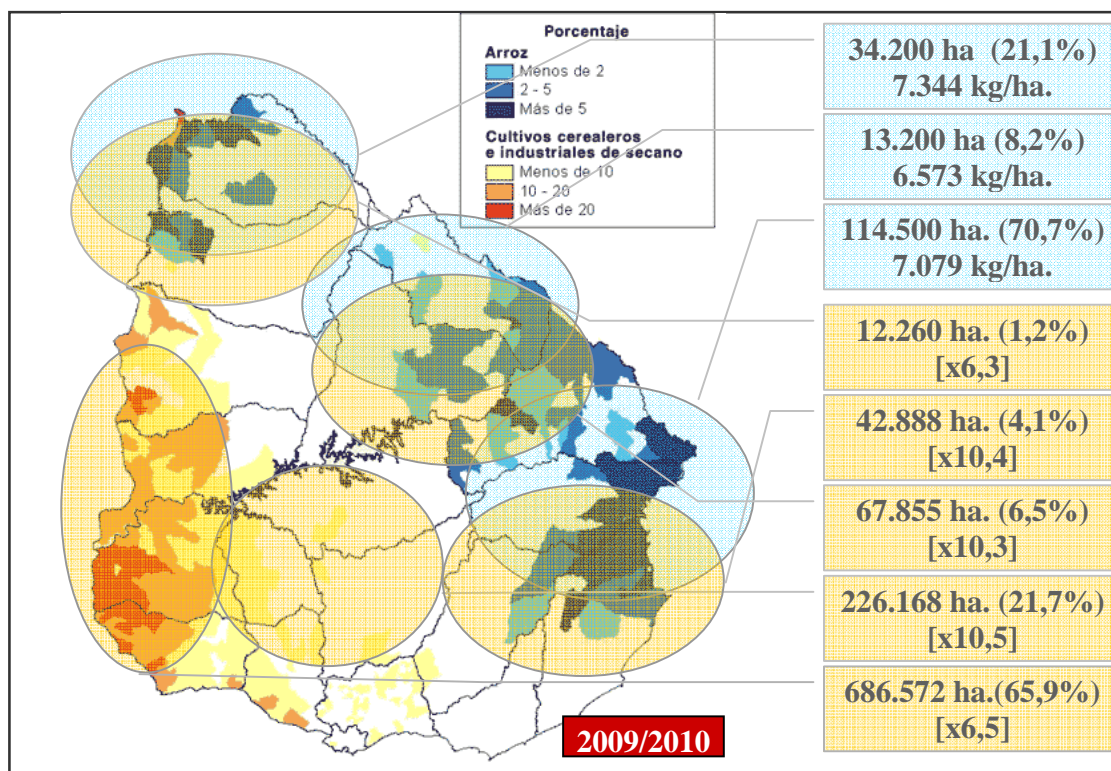


Figura 1 – Superficie arrocera (ha, %) según regiones (2009/2010) y superficie de verano en secano (ha, %), y crecimiento según regiones (1999/2000-2009/2010)

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (2000d, 2010c, 2010d).

La agricultura extensiva de secano de acuerdo a la información mostrada, no modificó sustantivamente su localización, sin embargo las 350.000 ha solo de cultivos de verano situadas fuera del litoral oeste son equivalentes a la superficie total de agricultura de secano de una década antes. En síntesis en la actualidad la agricultura extensiva de secano está explorando más intensamente los ambientes tradicionales, tanto a través de la expansión de la frontera agrícola interna como a través del doble cultivo tal como ya se indicó, y en paralelo se ha extendido a un conjunto de ambientes agrícolas no tradicionales. Ese segundo movimiento en particular, tiene implicancias múltiples, solamente en títulos vale indicar algunas: a) se establece sobre ambientes agroecológicos diversos, varios mucho más vulnerables que los suelos agrícolas del litoral oeste; b) se expande en subregiones donde hasta la actualidad el arroz era el principal cultivo agrícola extensivo y en algunos ambientes de laderas suaves y medias, comienzan a solaparse; y c) llega a regiones donde la infraestructura y los servicios de apoyo no están desarrollados como en el litoral oeste.

Los cambios en la composición cuantitativa y cualitativa de “los agricultores” que llevan adelante la agricultura extensiva han sido sustanciales. En la zafra 2001/2002, para la realización de la Encuesta Agrícola “Invierno 2002” (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2002b), la Dirección de Estadísticas Agropecuarias utilizó “un nuevo panel de productores/informantes, seleccionado a partir de un marco muestral actualizado, tal como lo es el Censo General Agropecuario de 2000”. A partir de los datos del Censo, se definió un núcleo de aproximadamente 7.400 explotaciones agropecuarias, que constituyeron el "Universo Objetivo" (UO) de la encuesta. Hasta la encuesta anterior, el marco muestral estaba constituido por el Censo General Agropecuario de 1990; en el cual el universo agrícola alcanzaba alrededor de 11.000 explotaciones agropecuarias.

Si se considera como punto de partida la cantidad de agricultores identificada por el Censo General Agropecuario 2000 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000d) situada en un total de 8.269 agricultores y se restan aquellos que realizan cultivos bajo riego o cultivos de pequeña escala –sin disponer de los datos de cuantos de esos cultivos ocurren en las mismas explotaciones agropecuarias-, se llega a una cifra del orden del universo objetivo identificado (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2002b). La misma que se puede tomar como la cantidad de agricultores que realizaban cultivos extensivos de secano en ese entonces, indica que habían entonces 7.567 agricultores (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010c). Si tomamos la última cifra publicada por la misma dirección sobre datos de la primavera de 2010, habrían unos 4.463 agricultores que explicarían la totalidad de la superficie agrícola de secano en la actualidad.

Así es que en el transcurso de poco más de una década (1999/2000-2010/2011) la cantidad de agricultores se habría reducido en 4/10 (-39,7%) desde entonces; esa reducción incluye tanto los agricultores que dejaron la actividad como la aparición de nuevos agricultores dentro del período, por lo cual la proporción de agricultores que dejaron la actividad fue mayor a la proporción señalada. Si tomamos el mismo período para la superficie (que debe recordarse no es la máxima diferencia, dado que la superficie finalmente sembrada en la zafra 2010/2011 quedó por debajo de 1,5 millones de hectáreas –exactamente 1.465.700 ha- debido a la reducción ya señalada en la superficie de verano; URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011b, 2011c), mientras la cantidad de agricultores se reducía en la proporción señalada, la superficie cultivada aumentaba 1.081.700 ha en términos absolutos y crecía 281,7% (en base a datos de URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000d, 2010c, 2011c). Si bien el indicador no es representativo, la superficie media cultivada se movió desde 50,7 ha a 328,4 ha, multiplicándose cerca de 6,5 veces (+547,8%).

Más el cambio no fue solamente de naturaleza cuantitativa. Los estudios más recientes dan cuenta de los cambios registrados en la estructura productiva de la agricultura de secano; particularmente en la organización de la producción, derivada de la aparición de nuevos agricultores, asociada al cambio de la matriz de cultivos registrada desde principios de siglo. A partir de los datos del Censo General

Agropecuaria 2000 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000d), y las Encuestas Agrícolas realizadas en el período 2002-2005 por la Dirección de Estadísticas Agropecuarias; Arbeletche y Carballo (2006), identificaron ocho grupos de agricultores, cinco denominados “los viejos agricultores” y los tres restantes “los nuevos agricultores”. “Los viejos agricultores” incluían los siguientes subgrupos: los productores agrícolas familiares, los medianeros chicos, los medianeros grandes, los empresarios agrícola-ganaderos medios y los grandes empresarios ganadero-agrícolas; por su parte “los nuevos agricultores” incluían los siguientes subgrupos: los medianeros de agricultura continua, los nuevos empresarios agrícola-ganaderos (centrados en la agricultura) y los gerenciadore s agrícolas.

El universo objeto de estudio no incluía a todos los agricultores, sino a aquellos ubicados en la región litoral oeste del país, que tuvieran más de veinte hectáreas de superficie total y realizaran más de diez hectáreas de agricultura de secano (Arbeletche y Carballo, 2006). En la segunda mitad del 2008, Arbeletche et al. (2008) presentaron información actualizada con leves cambios en la cantidad de grupos identificados y en la denominación de los mismos. Como puede observarse, el universo de partida –tal como fue definido- incluía 2.139 agricultores, o sea tan solo la cuarta parte (25,9%) de las 8.269 explotaciones que realizaron uno o más cultivos cerealeros e industriales de acuerdo al Censo General Agropecuario 2000, o algo más de la cuarta parte (28,3%) si se excluyen los cultivos de escasa superficie y los realizados bajo riego (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000d).

A comienzos de siglo -ahora más de una década atrás-, no habían “agricultores nuevos” por lo cual la superficie cultivada se repartía entre “los viejos agricultores” (Arbeletche y Carballo, 2006). Menos de la mitad (45,3%) de “los agricultores viejos” eran agricultores familiares -el principal grupo de acuerdo a la cantidad de agricultores-; el tercio siguiente (33,8%) eran productores empresariales, dentro de este grupo el grueso (29,6%) correspondían a empresarios medios y el resto eran ganaderos-agrícolas o agrícola-ganaderos grandes. Finalmente el tercer grupo estaba constituido por agricultores medianeros que representaban la séptima parte (14,3%), dentro de estos el subgrupo dominante eran los “medianeros chicos” (10,6%), el resto del grupo eran “medianeros grandes”. Los grupos identificados son una combinación de los objetivos de los establecimientos y las formas dominantes de tenencia de la tierra.

Las superficies medias de esos sistemas de producción y la proporción de agricultura dentro de los mismos eran nítidamente distintas. Siguiendo la misma ordenación, según las superficies medias: a) los agricultores familiares tenían 216 ha (33,0% en agricultura), b) los empresarios medios manejaban 822 ha (19,0% en agricultura) y c) los grandes agrícola-ganaderos promediaban 6.239 ha (30,1% en agricultura); entre los agricultores medianeros por su parte: d) los medianeros chicos tenían una superficie media de 426 ha (69,0 % bajo agricultura), y e) los medianeros grandes llegaban a 1.813 ha de superficie media (65,0% dedicada a agricultura). Véase

que si se toman los coeficientes señalados, y se calculan las superficies medias de chacra, como grupos (como tipos), “los viejos agricultores” no sobrepasaban en ningún caso las 2.000 ha de superficie media de chacra. En ese sentido debe recordarse que la Dirección de Estadísticas Agropecuarias comenzó a utilizar el estrato de más de dos mil hectáreas de chacra, recién en las encuestas agrícolas de la zafra 2007/2008; en ese momento ya más de cuatro (42,6%) de cada diez hectáreas de chacra estaban dentro de ese estrato de superficie.

“Los viejos agricultores” realizaban 374.620 ha de agricultura de secano a principios de siglo sobre unas 2.800.000 ha de superficie explotada, ese muy bajo coeficiente de superficie agrícola/superficie total menor a 1/7 (13,4%) indicaba no solo la existencia de abundantes sistemas mixtos sino también una baja intensidad agrícola en la estructura de los sistemas de producción. Si se pone el foco en la superficie agrícola y se utilizan los mismos grupos, los productores familiares representaban un sexto de la superficie agrícola (16,6%), los dos grupos restantes representaban superficies similares entre sí, los productores empresariales (propietarios-arrendatarios) explicaban el 38,9% de la superficie cultivada –una cuarta parte del total (23,5%) realizada por los empresarios medios- y los agricultores medianeros el 38,0% de la superficie cultivada –y también una cuarta parte (23,2%) por los medianeros grandes- (Arbeletche y Carballo, 2006).

En todo caso, mientras la superficie agrícola de secano aumentaba, “los viejos agricultores” disminuían en número (-41,1%) a lo largo del lustro 2000-2005, y aunque a diferentes tasas, todos los grupos definidos. En ese período los tres principales tipos de acuerdo a su tasa de disminución fueron: a) los agricultores familiares (-47,0%), b) los empresarios medios (-45,0%) y los medianeros grandes (-41,8%). La mayoría de “los agricultores viejos” siguieron saliendo de la agricultura de secano, de tal manera que habían desaparecido como tales más de dos tercios en menos de una década (2000-2007), llegando a quedar 900 agricultores viejos –en el litoral oeste- sobre fines del 2007. Simultáneamente, todos los grupos definidos en el primer trabajo de Arbeletche y Carballo (2006), perdieron superficie agrícola, de tal manera que en conjunto representaban 237.498 ha (-22,8%) en la mitad de la década. En este sentido los principales tipos según la tasa de disminución fueron: a) los empresarios medios (-42,2%), b) los medianeros grandes (-37,0%) y los medianeros chicos (-32,6%). Si bien, se continuaron perdiendo agricultores viejos –más de una cuarta parte de los que quedaban (-28,5%)-, el grupo como tal aumentó su superficie en el bienio siguiente.

“Los nuevos agricultores” que llegaban a constituir la décima parte (9,4%) del total sobre mediados de la década 2001-2010, mantuvieron su número, mientras aumentaban su participación en la superficie agrícola en el período siguiente. Así, “los (126) nuevos agricultores” identificados sobre fines de 2007, controlaban más de la mitad (53,7%) de la superficie agrícola -624.840 ha- realizada por el conjunto de los agricultores con más de diez hectáreas de agricultura localizados en el litoral oeste. Las once enormes

empresas agrícolas (una de cada cien) –denominadas gerenciables agrícolas- más que duplicaron su superficie agrícola de secano en el período 2006-2007, llegando a controlar -181.687 ha-, el 30,0% de la superficie agrícola. Si bien todos los grupos entre “los nuevos agricultores” aumentaron la superficie agrícola en el subperíodo (2005-2007), los gerenciables agrícolas crecieron más del doble más rápido (+113,8%) que los agrícola-ganaderos (+45,4%) y agrícolas continuos (+45,9%).

Aún cuando no se disponen de datos actualizados de la tipificación anterior, puede visualizarse que ha pasado con la distribución de tamaños en la agricultura extensiva actual. Según los últimos datos disponibles (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c) existen 4.463 agricultores que explotan una superficie total de 2.554.397 ha, de las cuales casi la mitad (48,8%) es superficie de chacra. Antes de entrar en el detalle, si se observan las cifras anteriores, los agricultores remanentes una década más tarde, se volvieron más agricultores, aunque seguramente la intensidad agrícola sigue siendo muy variable, la intensidad media es nitidamente mayor -se multiplicó 3,6 veces-. Primero, si se consideran los tamaños extremos, por un lado los 2.622 agricultores más pequeños – casi sesenta de cada cien- con menos de veinte hectáreas de chacra, cultivaron una de cada cien hectáreas (0,98%); en el otro extremo las 99 empresas con más de dos mil hectáreas de chacra –apenas algo más de dos en cada cien-, cultivaron más de 750.000 ha o sea sesenta de cada cien hectáreas (60,4%). La superficie media de chacra se mueve en esos grupos de 4,6 ha a 7.607 ha; esta última se parece mucho a la de los gerenciables agrícolas de un lustro atrás.

Segundo, los pequeños agricultores que serían por su superficie media de chacra similares a los agricultores familiares identificados por Arbeletche y Carballo (2006); en ese caso los 3.479 agricultores -casi ochenta de cada cien- con hasta cien hectáreas de chacra cultivaron menos de cinco de cada cien hectáreas (4,6%). Mientras que las 213 empresas agrícolas más grandes –cinco de cada cien agricultores-, cultivaron 904.083 ha, o sea más de setenta de cada cien hectáreas de chacra. No se dispone aún y cuando están siendo escritas estas líneas, de la cantidad total de productores agropecuarios en la actualidad, pero si se toma como referencia la cifra (51.899) de la Dirección de Contralor de Semovientes (URUGUAY. MGAP. DICOSE, 2012) para la Declaración Jurada 2011 como una aproximación gruesa, esas grandes empresas agrícolas serían alrededor de cuatro de cada mil (0,4%) establecimientos agropecuarios. Mientras si se toma la superficie explotada que habría oscilado en torno a 1.278.000 ha –dentro de las cuales siete de cada diez hectáreas son superficie de chacra-, y se la relaciona con la superficie explotada que registró el Censo General Agropecuario 2000 –solo superada por la equivalente del Censo General Agropecuario 1970 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2000d), las 213 empresas señaladas estarían manejando ocho de cada cien hectáreas (7,8%), la cifra sería más de seis de cada cien entre las 99 más grandes.

Las investigaciones realizadas para explicar las consecuencias que tuvieron las modificaciones en la agricultura sobre los distintos tipos de productores (Arbeletche y Carballo, citados por Arbeletche, 2010a) establecieron que en el caso de los agricultores medianeros, las consecuencias principales fueron: a) la formación de empresas de servicios, b) la pérdida de campos frente a los nuevos agricultores por niveles de renta y condiciones de contrato, c) el desplazamiento hacia campos marginales, d) la venta de los campos sobre los cuales realizaban agricultura, e) la realización de agricultura acotada a los campos de vecinos -o en general de tierras cedidas por productores agropecuarios sobre la base de la confianza dada por relaciones de largo plazo- y finalmente, f) la salida de las actividades productivas agropecuarias. En el caso de los agricultores con campos en propiedad –además de otras formas de tenencia-, las consecuencias fueron: a) la pérdida de campos frente a los nuevos agricultores por niveles de renta y condiciones de contrato, b) la venta de parte o la totalidad de sus tierras para cubrir deudas anteriores, c) el arrendamiento de las áreas de uso agrícola o de mejores aptitudes agrícolas, d) el abandono de la agricultura en medianería y la realización de servicios y ganadería como fuentes de ingreso, y e) la salida de la agricultura como rubro y la permanencia de la ganadería o la lechería en los campos de propiedad.

Finalmente en paralelo al conjunto de los cambios señalados, se produjo un reacomodo relativo de las formas de tenencia de la tierra usada en la agricultura de secano, se trata en este caso de la superficie de chacra que con niveles de intensificación superiores a 1,0 siempre es menor a la superficie sembrada, tal como ya fue señalado. El análisis de los datos del período 1998/1999-2009/2010 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 1998, 1999, 2000a, 2001b, 2002b, 2002c, 2002d, 2003a, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2005b, 2005c, 2006b, 2006c, 2007b, 2007c, 2008b, 2008c, 2009b, 2009c, 2010b, 2010c, 2011b, 2011c) permite llegar a las siguientes conclusiones: a) la superficie mínima de chacra fue de 310.752 ha. en la zafra 1999/2000, la cual creció casi continuamente a lo largo del período hasta alcanzar 1.177.000 ha. (+278,8 %) en la zafra 2009/2010; b) en la zafra 1999/2000, la superficie de chacra se repartía casi en mitades entre la propiedad (45,2%) y el resto de las formas, y a su vez el arrendamiento y la aparcería tenían pesos similares, lo cual se mantuvo con oscilaciones hasta la zafra 2003/2004 inclusive; c) las superficies mínimas de las tres principales formas de tenencia –propiedad, arrendamiento y aparcería- también fueron mínimas en la zafra 1999/2000, aunque tanto la propiedad como el arrendamiento tuvieron un segundo mínimo dos años más tarde en la zafra 2001/2002; d) las tres principales formas de tenencia incrementaron sus superficies en términos absolutos durante el período de la década 1999/2000-2009/2010, aunque tal como se sostuvo, partían de distintas superficies absolutas: 140.485 ha en propiedad, 81.600 ha en arrendamiento y 77.994 ha en aparcería. El gráfico siguiente refleja justamente esos cambios.

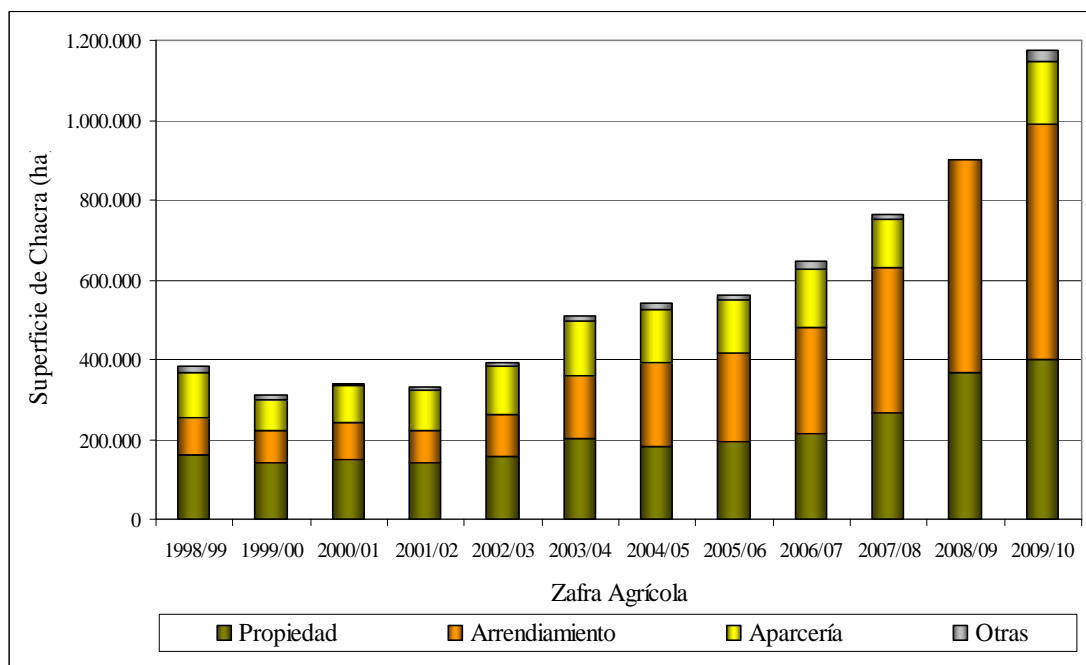


Gráfico 5 – Superficie de chacra (ha) en agricultura de secano por zafra agrícola según forma de tenencia de la tierra (1999/1999-2009/2010)

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2001b, 2001c, 2001d, 2002b, 2002c, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2004d, 2005b, 2005c, 2006b, 2006c, 2007b, 2007c, 2008b, 2008c, 2009b, 2009c, 2010b, 2010c, 2011b, 2011c).

Pero entonces, ¿qué fue lo que cambió en la década?. Si bien la superficie de chacra de cada una de las principales formas de tenencia aumentó, las tasas de crecimiento fueron muy dísimiles. Las conclusiones complementarias son las siguientes: a) la superficie de chacra en propiedad alcanzó las 401.671 ha en la zafra 2009/2010, lo cual implicó un crecimiento de 185,9%, que fue muy relevante aunque quedó por debajo del crecimiento global de la superficie; b) la superficie de chacra en aparcería alcanzó las 160.042 ha en la misma zafra, y en este caso el crecimiento fue de 105,2% también por debajo del crecimiento global, pero aún así se duplicó en el período; c) la superficie de chacra en arrendamiento alcanzó las 587.364 ha en la zafra 2009/2010, para un crecimiento de 619,8 % desde su primer mínimo en la zafra 1999/2000; d) las restantes formas de tenencia que nunca sobrepasaron la vigesima parte (4,5% en 1998/1999) de la superficie de chacra, ocuparon 27.923 ha al final del período –su mayor superficie absoluta de todos modos-; d) como consecuencia de los cambios señalados –en particular del formidable crecimiento de la superficie de chacra arrendada que se

multiplicó más de siete veces-, el patrón cambió sustantivamente: superficie arrendada (49,9%) > superficie en propiedad (34,1%) > superficie en aparcería (13,6%) > formas restantes (2,4%). El gráfico debajo ilustra las modificaciones señaladas.

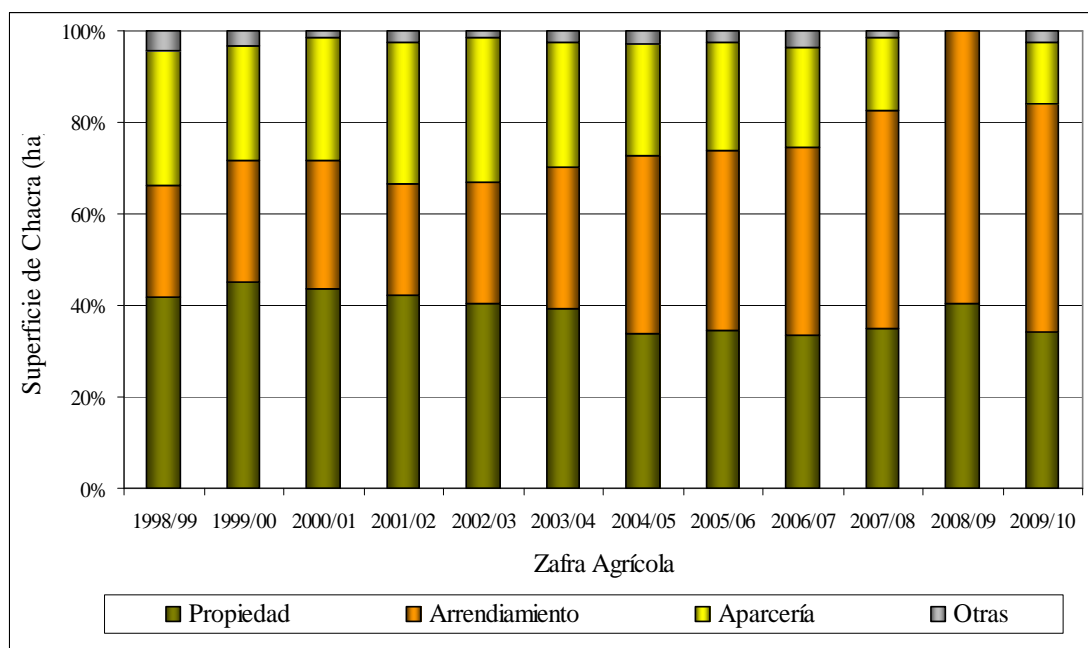


Gráfico 6 – Superficie de chacra (%) en agricultura de secano por zafra agrícola según forma de tenencia de la tierra (1998/1999-2009/2010)

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2001b, 2001c, 2001d, 2002b, 2002c, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2004d, 2005b, 2005c, 2006b, 2006c, 2007b, 2007c, 2008b, 2008c, 2009b, 2009c, 2010b, 2010c, 2011b, 2011c).

En la actualidad entonces –con los datos de la zafra 2009/2010-, las casi 750.000 ha de superficie de chacra en arrendamiento y aparcería explican dos tercios de la superficie de chacra total. Pero a su vez los cambios no fueron homogéneos entre agricultores de distintos tamaños, los números entre los extremos elegidos (1999/2000 y 2009/2010) muestran las siguientes situaciones: a) aunque los datos oscilan, los muy pequeños agricultores (menos de 20 ha de chacra) como grupo dejaron una quinta parte (-20,5%) de su superficie de chacra; b) lo mismo ocurrió con los medianos agricultores (100-300 ha de chacra), aunque la pérdida relativa fue menor; c) los pequeños agricultores (20-50 ha de chacra) y medianos a pequeños agricultores (50-100 ha de chacra) incrementaron su superficie de chacra (+29,0%); d) los agricultores medianos-

grandes (300-500 ha de chacra) también ganaron superficie pero a una tasa mayor (+51,1%); e) los grandes agricultores (500-1000 ha de chacra) que ocuparon 150.000 ha al final del período, ganaron relativamente tres veces más superficie (+160,2%) que el grupo anterior y finalmente, f) los muy grandes (1.000-2.000 ha de chacra) y los enormes agricultores (más de 2.000 ha de chacra) que superaron las 800.000 ha en la zafra agrícola 2009/2010, incrementaron más de trece veces (+1.242,8%) su superficie de chacra, los datos indican que el grueso del aumento estuvo dado por los agricultores enormes. Las denominaciones utilizadas están asociadas casi en todos los casos a los tamaños de chacra tomados como estratos, pero no constituyen ninguna tipificación de agricultores.

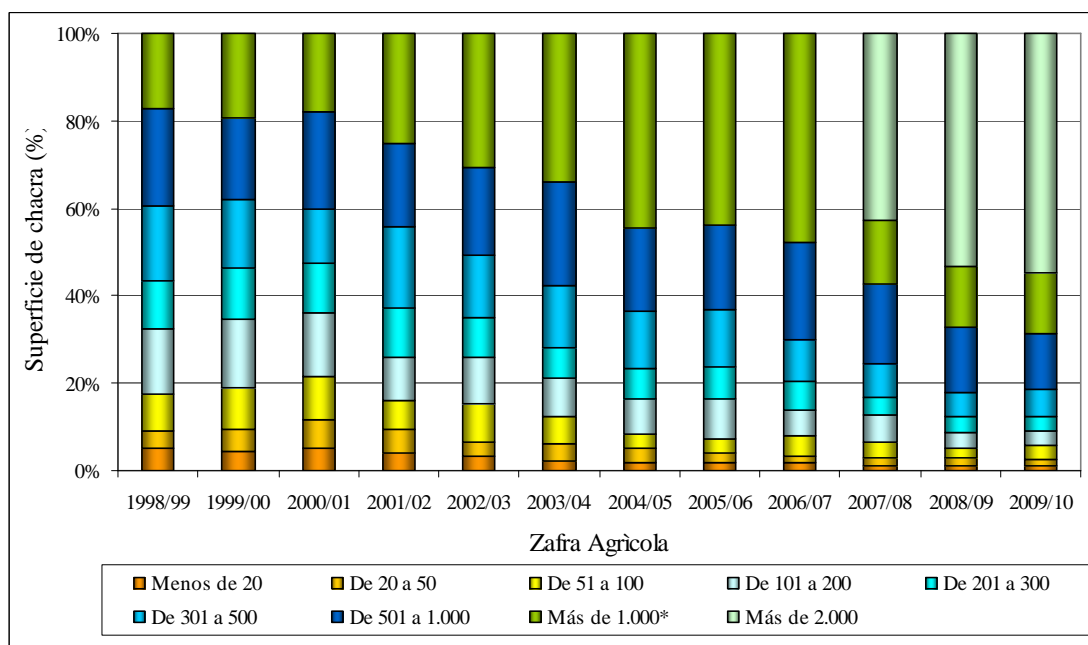


Gráfico 7 – Superficie de chacra (%) en agricultura de secano por zafra agrícola según tamaño de los agricultores (1998/1999-2009/2010)

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b, 2001c, 2001d, 2002a, 2002b, 2002c, 2003b, 2003c, 2004a, 2004b, 2004c, 2004d, 2005a, 2005b, 2005c, 2006a, 2006b, 2006c, 2007a, 2007b, 2007c, 2008a, 2008b, 2008c, 2009a, 2009b, 2009c, 2010a, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b, 2011c).

Si se vinculan los tamaños de chacra con las formas de tenencia de la tierra, los datos (elaborados en base a URUGUAY. MGAP. DIEA, 1998, 1999, 2000a, 2000b, 2001a, 2001b, 2001c, 2001d, 2002a, 2002b, 2002c, 2003b, 2003c, 2004a, 2004b, 2004c,

2004d, 2005a, 2005b, 2005c, 2006a, 2006b, 2006c, 2007a, 2007b, 2007c, 2008a, 2008b, 2008c, 2009a, 2009b, 2009c, 2010a, 2010b, 2010c, 2011a, 2011b, 2011c) también indican que: a) en esencia ningún grupo de agricultores vio disminuída su superficie de chacra en propiedad, aunque algunos grupos la incrementaron sustantivamente -los pequeños agricultores (+144,8%), los grandes agricultores (+299,6%) y el conjunto de los muy grandes y los enormes (+585,9%); b) los muy pequeños (-50,0%) y pequeños agricultores (-26,3%) perdieron superficie de chacra en arrendamiento; c) los medianos agricultores la incrementaron levemente, d) el resto de los grupos salvo los muy grandes y enormes, la incrementaron sustantivamente -entre dos a cuatro veces-; pero, e) los muy grandes y enormes agricultores -sobre todos los segundos- multiplicaron la superficie arrendada casi veintinueve veces (+2.790,8%), de tal manera que en la zafra 2009/2010 concentraron ocho de cada diez hectáreas de la superficie de chacra arrendada; f) casi todos los grupos vieron disminuída su superficie en aparcería -aunque como se recuerda esta creció-, salvo los agricultores medianos a grandes que aumentaron su superficie de aparcería (+27,8%) y los muy grandes y enormes que la incrementaron sustantivamente (+733,5%).

El conjunto de esos cambios que seguramente incluyen absorción de superficie de chacra por los agricultores que se mantuvieron y por aquellos que entraron en la agricultura, pérdida por los agricultores de pequeña escala que dejaron la producción, además por supuesto de la enorme expansión de la frontera agrícola de secano, termina por definir la estructura del crecimiento en superficie. Los muy grandes y enormes agricultores que explicaban menos de la quinta parte de la superficie de chacra en la zafra agrícola 1999/2000 pasaron a representar más de dos tercios de la misma en la zafra agrícola 2009/2010, de una superficie que creció en más de 850.000 ha, esos agricultores ganaron casi 750.000 ha (88,2%). Y en paralelo mientras que en la zafra 1999/2000 repartían su superficie entre una mitad en propiedad y una mitad que en partes casi iguales se dividía entre arrendamiento y aparcería; once años después en la zafra 2009/2010, casi dos tercios de su superficie de chacra fue arrendada, una cuarta parte estaba en propiedad y una sexta parte en aparcería. Se debe recordar que aún a pesar de ese enorme cambio en la composición de las formas de tenencia dentro del grupo, en términos absolutos las superficies de chacra en propiedad, en aparcería y arrendada crecieron sustantivamente.

2.1.4. La evolución de los resultados productivos

¿Qué ha sucedido con los resultados productivos vistos a través de la productividad?. Una mirada a la evolución de largo plazo de los rendimientos medios nacionales de los cinco principales -se toma como variable de comparación la superficie cultivada-.cultivos agrícolas extensivos actuales (arroz, maíz, soja, cebada y trigo) en las últimas cinco décadas indica que la productividad ha aumentado nítidamente en todos.

Si tomamos los lustros extremos del período 1960-2010 (salvo cebada, 1961-1965 y soja 1965-1969): a) los rendimientos medios nacionales de arroz pasaron de 3.213 kg.ha^{-1} a $7.635,6 \text{ kg.ha}^{-1}$, entre las medias de los lustros extremos la productividad aumentó 137,6%; b) los rendimientos medios nacionales de maíz pasaron de $622,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ a $4.540,2 \text{ kg.ha}^{-1}$, en este caso el aumento fue de 629,7%; c) los rendimientos medios nacionales de soja se movieron desde $565,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ a $1.927,8 \text{ kg.ha}^{-1}$, o sea que el aumento fue de 452,8%; d) los rendimientos medios nacionales de cebada se movieron desde $775,4 \text{ kg.ha}^{-1}$ a $3.036,8 \text{ kg.ha}^{-1}$, con un crecimiento de 291,6%; y e) los rendimientos medios nacionales de trigo pasaron de $936,2 \text{ kg.ha}^{-1}$ a $3.033,6 \text{ kg.ha}^{-1}$, el crecimiento fue de 224,0% (en base a datos de Scarlatto 1993, URUGUAY. MGAP. DIEA 2003a, FAO 2011).

Si bien los cambios en términos relativos en la productividad entre los extremos del período establecen un orden donde la soja se parece al maíz en el nivel superior y el trigo queda por encima del arroz varios escalones más abajo, tal como se muestra en el gráfico (para cuatro de los cinco cultivos antes citados) los ajustes de modelos lineales – que son todos muy buenos considerando ese largo período–, establecen un orden claramente distinto. Si se pone el foco en las tasas de ganancia absoluta de productividad, los cuatro cultivos mostrados quedan en tres grupos, que siguen el siguiente patrón: a) arroz ($88,3 \text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) = maíz ($87,6 \text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) >> b) trigo ($46,9 \text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) >> c) soja ($33,0 \text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$). Las tasas anuales de incremento en la cantidad de grano de arroz y maíz por unidad de superficie son casi 1,9 veces (+88,3%) la tasa de incremento de la productividad de trigo, y abren el doble (+167,6%) de esa diferencia si se la compara con la tasa de incremento de la productividad de soja.

El complemento de la evolución de los niveles de productividad, está en la variación interanual de la productividad media, la cual es a su vez distinta a la variación intra-anual de la productividad, tal cual es explorada en este trabajo a partir de los datos de chacras de los mismos o distintos agricultores. Entonces, ¿qué sucedió mientras evolucionaba la productividad?. Los coeficientes de variación de los rendimientos medios por lustro para el período 1950-2009, llevan a los siguientes resultados: a) en trigo han oscilado entre 7,3% (2005-2009) y 37,0 % (2000-2004), b) en maíz entre 9,4% (1980-1984) y 36,3% (1995-1999), c) en soja –con datos incompletos–, han oscilado entre 8,8% (1980-1984) y 31,3% (1995-1999) y d) en arroz oscilaron entre 3,9% (1970-1974) y 16,6% (1960-1964); e) como se observa en general los menores coeficientes no están en el comienzo del período ni los más bajos siempre son muy recientes y f) los coeficientes de variación de los cultivos de secano tienden a ser más altos que los de cultivos irrigados, o al menos de arroz como en este caso, dado el mayor control de una variable clave.

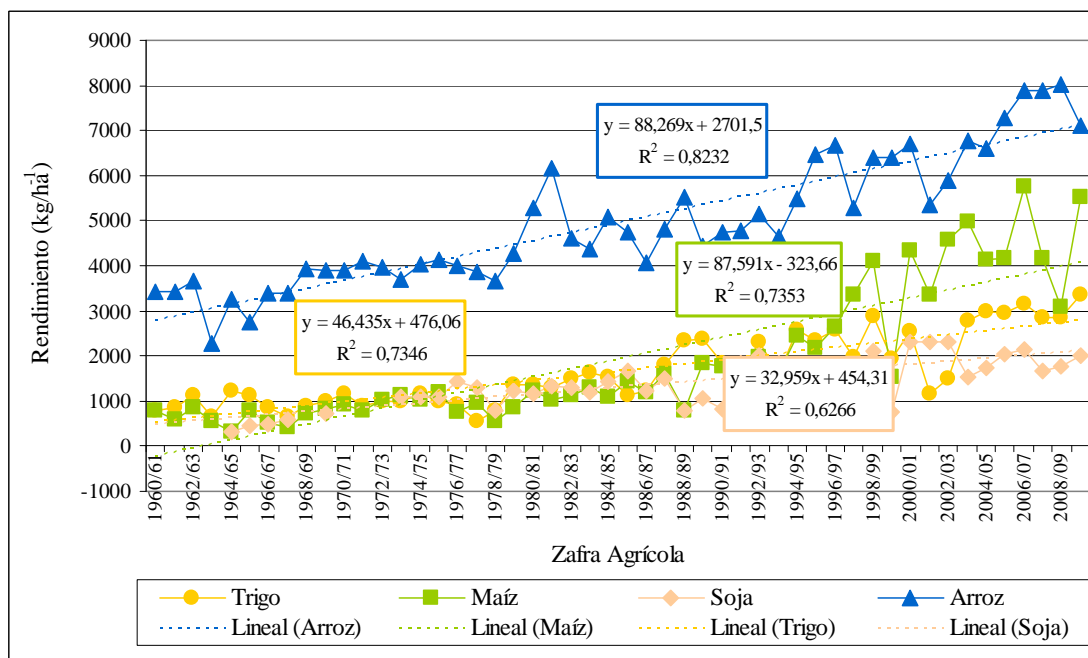


Gráfico 8 - Rendimiento (kg ha^{-1}) por cultivo según zafra agrícola (1960/1961-2009/2010)

Fuente: elaborado con datos de Scarlatto (1993), URUGUAY. MGAP. DIEA (2003a), FAO (2011).

Cuando se calculan los coeficientes de variación decádicos, tampoco se visualizan claras tendencias descendentes aún cuando se suavizan las diferencias entre mínimos y máximos, los datos indican que: a) en trigo se situaron entre 20,1% (1990-1999) y 27,5% (2000-2009); b) en maíz entre 19,2% (2000-2009) y 36,6% (1990-1999), justamente la situación inversa a la de trigo si se observan las décadas -y en ambos los dos más recientes-; c) en soja entre 14,7% (2000-2009) y 30,7% (1960-1969), ¿será que en el cultivo de soja la variabilidad ha disminuido?: el segundo coeficiente de variabilidad decádica más alto es 28,6% (1990-1999); y finalmente: d) en arroz oscilaron entre 4,9% (1970-1979) y 14,8% (1960-1969), sin palabras. Lo que sí se visualiza en esos datos, es que el coeficiente de variación decádico más alto de los rendimientos medios nacionales de arroz, es igual o menor al más bajo de los cultivos de secano analizados. En cualquier caso la información no está completa, porque como se dijo no fue estudiada la evolución de los coeficientes de variación intra-anales en largos plazos, o mejor la variación entre cuartiles (el primero y el tercero) o entre deciles (el primero y el noveno).

Si solo se consideran esos datos no solo la productividad aumentó en todos los cultivos sino que los cambios relativos en la productividad fueron muy diferentes entre cultivos siguiendo el siguiente patrón: maíz > soja > cebada > trigo > arroz; aún cuando en la soja se consideró como lustro de origen el siguiente que para el resto de los cultivos. Aún mirando los extremos existe otra enorme diferencia detrás de los datos, los citados cambios en la productividad se realizaron sobre cambios en la superficies cultivadas muy distintos según los casos. Si se toman los lustros extremos (1961-1965 y 2006-2010): a) la superficie media cultivada de arroz aumentó 681,9%, b) la superficie media cultivada de maíz cayó 66,0%, c) la superficie media cultivada de soja aumentó 49.616,0%, d) la superficie media cultivada de cebada creció 215,4% y, e) la superficie media cultivada de trigo disminuyó 29,8% -la diferencia desaparece si se toman la superficie media cultivada de las últimas tres zafas (2008/2009-2010/2011)-. Mientras tres cultivos crecen en superficie siguiendo el patrón: soja > arroz > cebada, dos cultivos pierden superficie media, según este patrón: trigo < maíz, (en base a datos de Scarlatto 1993, URUGUAY. MGAP. DIEA 2003a, FAO 2011).

Y además, tomando en este caso como el año más cercano al inicio del período a 1966 y como extremo superior solo los datos del año 2009 (para la zafra agrícola 2009/2010), la cantidad de agricultores también sufrió modificaciones bien disímiles entre los citados cultivos (en base a datos de URUGUAY. MGA. DEA 1968, URUGUAY. MGAP. DIEA 2010c, 2010d). Los cambios en este caso fueron: a) los cultivadores de arroz aumentaron en 222,8%, b) los agricultores dedicados a maíz se redujeron en 94,3%, c) los agricultores vinculados a la soja crecieron en 3.751,7%, d) los agricultores dedicados a cebada cayeron 26,4% y e) los agricultores trigueros cayeron 84,3%. En este caso aumenta la cantidad de agricultores de dos cultivos, según el patrón: soja > arroz, y disminuye la cantidad de agricultores de tres cultivos, según el patrón: cebada < trigo < maíz. Como puede observarse el patrón general es similar al de la superficie, aunque la cebada cervecera cambia de grupo, mientras que la superficie cultivada aumenta sustantivamente, la cantidad de agricultores se reduce. En el resto sin considerar las magnitudes de los cambios, el patrón es similar.

Sin entrar en el repaso detallado, la mayor parte de las variables relacionadas a la producción en la agricultura extensiva se modificaron en los últimos cincuenta años, aunque también tal como se revisó en los subcapítulos anteriores, algunas variables se modificaron más o menos drásticamente en la última década. Incluso algunas variables del modelo tecnológico-agronómico dominante, tales como el manejo de suelos en la mayor parte de los cultivos y la expansión de las variedades genéticamente modificadas en algunos cultivos. Y entonces, ¿qué sucedió con la productividad, y luego con la producción en la última década?. Se revisarán rápidamente los resultados desde tres perspectivas: a) la evolución de la productividad en más de una década, b) la productividad media nacional del último lustro vista desde la productividad mundial en el período, y c) la brecha de la productividad uruguaya en el último lustro con relación a la productividad nacional en países seleccionados.

Primero, si se toman las medias móviles de período tres en los extremos del período (1998/1999-2000/2001, 2007/2008-2009/2010), los cambios en la productividad media muestran el siguiente patrón: sorgo (+37,4%) > maíz (+28,1%) > trigo (+22,3%) = cebada (+21,9%) ≥ arroz (+18,2%) > girasol (+12,3%) >> soja (+1,1 %). Los cultivos de verano en seco incluyen una zafra (1999/2000) donde las productividades se tumbaron por efectos ambientales, y los cultivos de invierno incluyen una zafra donde las productividades fueron comparativamente bajas, pero no incluyen la zafra 2001/2002 donde las productividades sí se redujeron drásticamente. En cualquier caso y en esa lectura, las productividades aumentaron en todos los cultivos –salvo una excepción que fue soja- sobre una superficie que como ya se dijo estaba creciendo, salvo dos situaciones: la superficie de girasol se desplomó y tendió a desaparecer en el período, y la superficie de arroz osciló en torno a unas 170.000 ha (sobre datos de URUGUAY. MGAP. DIEA, 1998, 1999, 2000a, 2000b, 2000c, 2001b, 2001c, 2001d, 2001e, 2002b, 2002c, 2002d, 2003a, 2003b, 2003c, 2004b, 2004c, 2004d, 2005b, 2005c, 2005d, 2006b, 2006c, 2006d, 2007b, 2007c, 2007d, 2008b, 2008c, 2008d, 2009b, 2009c, 2009d, 2009e, 2010b, 2010c, 2010d, 2011b, 2011c).

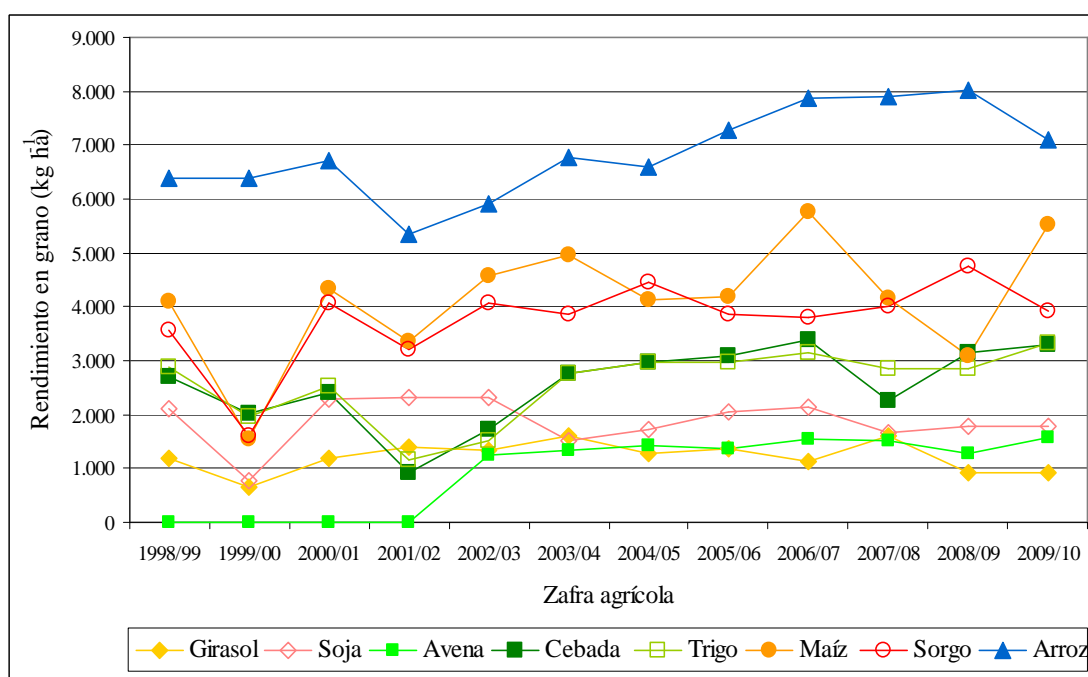


Gráfico 9 - Rendimiento (kg ha^{-1}) por cultivo según zafra agrícola (1998/1999-2009/2010)

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (1998, 1999, 2000a, 2000b, 2000c, 2001b, 2001c, 2001d, 2001e, 2002b, 2002c, 2002d, 2003a, 2003b, 2003c, 2004b,

2004c, 2004d, 2005b, 2005c, 2005d, 2006b, 2006c, 2006d, 2007b, 2007c, 2007d, 2008b, 2008c, 2008d, 2009b, 2009c, 2009d, 2009e, 2010b, 2010c, 2010d, 2011b, 2011c).

Los ajustes de modelos matemáticos a las series de datos (1998/1999-2009/2010) de las productividades, deberían permitir minimizar el efecto de las ocasionales muy malas zafas en la mayoría de los cultivos. Los datos de las tasas de ganancia absolutas y los ajustes del modelo lineal son los siguientes: arroz ($166,1 \text{ kg ha}^{-1}$, $R^2=0,53$) > maíz ($134,1 \text{ kg ha}^{-1}$, $R^2=0,18$) > sorgo ($121,7 \text{ kg ha}^{-1}$, $R^2=0,31$) > cebada ($113,2 \text{ kg ha}^{-1}$, $R^2=0,31$) > trigo ($104,0 \text{ kg ha}^{-1}$, $R^2=0,30$) >> girasol ($1,5 \text{ kg ha}^{-1}$, $R^2=0,00$) = soja ($-1,5 \text{ kg ha}^{-1}$, $R^2=0,00$) soja. Si bien todos los modelos lineales devuelven peores ajustes que los obtenidos en largos periodos, allí aparecen más o menos nítidamente cinco situaciones: a) el cultivo de arroz con una tasa de ganancia muy alta y ajuste medio del modelo, b) los cultivos de sorgo, cebada y trigo con tasas de ganancia altas y ajustes medios-bajos, c) el cultivo de maíz con una tasa alta pero con un bajo ajuste del modelo y e) los cultivos de girasol y soja con tasas de ganancia nulas y sin ajustes del modelo.

Segundo, si se comparan los rendimientos medios uruguayos (con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA, 2006c, 2006d, 2007b, 2007c, 2007d, 2008b, 2008c, 2008d, 2009b, 2009c, 2009d, 2010b, 2010c, 2010d) del último lustro (2005/2006-2009/2010) con los rendimientos medios mundiales (FAO, 2011) del período equivalente (ver el cuadro siguiente), los resultados no parecen mostrar patrones contundentes: a) hay dos grupos de igual peso, uno con diferencias negativas y el otro con diferencias positivas, b) hay gramíneas en ambos grupos, c) los granos forrajeros quedan en distintos grupos, d) las gramíneas de invierno quedan en distintos grupos –incluso el trigo queda casi justo en el nivel mundial, e) los cultivos oleaginosos quedan en el grupo inferior y f) las brechas negativas en algunos cultivos son claramente menores a las brechas positivas en otros cultivos. Los resultados, en la medida que combinan las adaptaciones agroclimáticas de cada cultivo a los ambientes principales donde se realizan, con las tecnologías agronómicas dominantes en cada uno de esos lugares, solo sirven para situar “el nivel de flotación”. Esto es, donde se sitúa la combinación ambiente por tecnología para cada cultivo en Uruguay. En esa muy general comparación internacional, las favorables diferencias identificadas en sorgo y arroz justamente separan las condiciones de producción (ambientales y tecnológicas) de Uruguay en relación a los principales ambientes de producción de cada uno de esos cultivos.

Cuadro 1 - Rendimientos medios (kg ha^{-1}) por ámbito en el período 2005-2009, diferencia absoluta (kg ha^{-1}) y diferencia relativa (%) según cultivo extensivo

Cultivo	Uruguay (kg ha^{-1})	Mundo (kg ha^{-1})	Diferencia absoluta (kg ha^{-1})	Diferencia relativa (%)
Avena	1.455,0	2.153,5	-698,5	-32,4
Soja	1.880,8	2.345,1	-464,3	-19,8
Girasol	1.181,6	1.338,6	-157,0	-11,7
Maíz	4.540,2	4.978,4	-438,2	-8,8
Trigo	3.029,6	2.926,2	103,4	3,5
Cebada	3.036,8	2.589,8	447,0	17,3
Arroz	7.635,6	4.230,7	3404,9	80,5
Sorgo	4.072,8	1.379,1	2693,7	195,3

Fuente: URUGUAY. MGAP. DIEA (2006c, 2006d, 2007b, 2007c, 2007d, 2008b, 2008c, 2008d, 2009b, 2009c, 2009d, 2010b, 2010c, 2010d), FAO (2011).

Tercero, una comparación un tanto más apropiada parece aquella con un pequeño conjunto de países que tienen buena parte de sus agriculturas en la misma franja de latitudes –“grosso modo”- según el hemisferio y cuyos niveles tecnológicos no tendrían enormes diferencias, más bien en algunos casos son relativamente similares: Australia, Argentina, Chile, Estados Unidos, Nueva Zelanda y Sudáfrica. Tomando en este caso datos de la misma fuente (FAO, 2011) para el lustro 2005-2009, las diferencias relativas de rendimiento de Argentina, Estados Unidos y el país de mayor productividad del grupo para el cultivo de referencia -tomando como base las productividades medias de Uruguay-, son las siguientes: a) arroz (-10,6%, +4,2%, +15,5%), b) avena (+6,6%, +48,9%, +214,4%), c) cebada, (+4, 9%, +14,4%, +101,3%) d) girasol (+32,2%, +27,8%, +58,8%), e) maíz (+54,8%, +125,7%, +161,0%), f) soja (+31,3%, +43,0%, +43,0%), g) sorgo (+11,3%, -0,3%, +11,3%) y h) trigo (-19,9%, -3,4%, +167,9%).

Considerando los ocho cultivos, en ningún caso, alguno entre los países citados fue el de mayor productividad media mundial en el lustro analizado (2005-2009); los países del grupo cuyas productividades medias nacionales estuvieron dentro del entorno PMNMA (productividad media nacional máxima absoluta) -25%, fueron: 1) en arroz Australia (-13,0%), Estados Unidos (-21,6%) y Uruguay (-24,7%), 2) en cebada Nueva Zelanda (-17,8%), 3) en soja Estados Unidos (-21,8%) y, 4) en trigo Nueva Zelanda (9,6 %). Aunque vale decir que en maíz los países que superan las $15,5 \text{ tm ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ y en sorgo las $13,5 \text{ tm ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ de grano, incluyen muy pequeñas superficies en países del cercano oriente. En el resto de los cultivos todos o la mayor parte de los países que reflejan las más altas productividades cultivan decenas de miles a cientos de miles de hectáreas anuales; tal es el caso de los países europeos del centro-norte y/o las islas británicas que registran productividades superiores a $5,5 \text{ tm ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en avena, $6,5 \text{ tm}$

ha⁻¹ año⁻¹ en cebada y 8,0 tm ha⁻¹ año⁻¹ en trigo. En los cultivos forrajeros y luego de los países antes señalados, Bélgica y Holanda en Europa y Nueva Zelanda en Oceanía superan las 11,0 tm ha⁻¹ año⁻¹ de maíz, y algunos países del mediterráneo europeo y africano superan las 5,5 tm ha⁻¹ año⁻¹ en sorgo. En los cultivos oleaginosos, son países de la cuenca del mediterráneo los que superan las 3,0 tm ha⁻¹ año⁻¹ en soja y las 2,5 tm ha⁻¹ año⁻¹ en girasol.

Cuadro 2 - Rendimiento medio nacional (kg ha⁻¹) por país según cultivo extensivo (2005-2009)

Cultivo	País			
	Argentina	Estados Unidos	Máximo relativo	Uruguay
Arroz	6.670,0	7.772,4	8.619,0	7.460,4
Avena	1.613,1	2.253,1	4.756,0	1.512,8
Cebada	3.181,2	3.469,6	6.103,8	3.031,8
Girasol	1.660,3	1.604,8	1.994,5	1.255,7
Maíz	6.598,8	9.620,0	11.126,0	4.263,1
Soja	2.609,8	2.842,8	2.842,8	1.987,3
Sorgo	4.653,8	4.169,5	4.653,8	4.181,8
Trigo	2.342,8	2.826,5	7.816,9	2.926,2

Fuente: FAO (2011).

Los datos indican que en la comparación con Argentina y Estados Unidos simultáneamente, hay tres cultivos: arroz, sorgo y trigo donde las diferencias de rendimiento son favorables a Uruguay o si son desfavorables no superan significativamente el 10,0%. Al mismo tiempo y también en la comparación con las agriculturas de Argentina y Estados Unidos, hay tres cultivos: girasol, maíz y soja, donde ambos países superan las productividades medias de Uruguay desde el 25,0% en adelante. Los únicos dos cultivos donde las diferencias relativas con el país de mayor productividad del grupo no exceden largamente el 15,0%, son arroz y sorgo; los mismos dos cultivos donde las brechas positivas de rendimiento con la productividad media mundial eran más altas. Como consecuencia de lo anterior, se deduce que en este conjunto de datos y en ninguno de los ocho cultivos, Uruguay presenta la productividad nacional más alta del grupo de países estudiados.

Volviendo a la agricultura extensiva uruguaya, entonces y como resultado de la variación conjunta de la superficies cultivadas y la productividades alcanzadas, la producción acumulada de granos pasó de 1,0 millones de toneladas (1.032.325 tm) en la zafra 2000/2001 (la zafra 2000/2001 sigue a los muy bajos rendimientos de los cultivos de verano en la zafra 1999/2000 y antecede a los muy bajos rendimientos de los cultivos

de invierno de la zafra 2001/2002), a 4,5 millones de toneladas (4.573.385 tm) en la zafra 2009/2010, apenas una década después; los volúmenes producidos si incluimos los granos de arroz, pasan de dos millones de toneladas (2.062.569 tm) a 5,7 millones de toneladas (5.721.903 tm). Es decir que la producción de granos de la agricultura de secano se multiplica cerca de 4,5 veces mientras que la producción de arroz que oscila a lo largo de la década en más de medio millón de toneladas, justo las zafras señaladas no se separan más de 120.000 tm. Es por lo tanto la agricultura de secano la que incrementa sustantivamente la producción agrícola medida en este primer indicador primario que es el volumen de la cosecha, por lo cual en simultáneo la cosecha arrocerera pasa de representar $\frac{1}{2}$ a $\frac{1}{5}$ del total de la producción física de la agricultura extensiva.

¿Cambió algo más aparte del crecimiento global en la producción acumulada de granos?. Utilizando solo ese indicador -el volumen físico de cada zafra- se pueden señalar las siguientes constancias y cambios adicionales: a) el volumen de granos de verano sobre el subtotal de secano, pasó entre las mismas zafras de 47,9% a 48,4%, o sea que no se modificó, básicamente constituyó la mitad del volumen cosechado -incluyendo los granos de arroz perdió importancia relativa-, b) el volumen de los granos oleaginosos sobre el subtotal de los de verano, pasó de representar menos de 17,1% a 69,8% -en todo caso superó el 60,0% desde la zafra 2002/2003 en adelante a partir de que coinciden la progresiva caída de la producción de girasol y el rápido crecimiento de la producción de soja, -si se incluye la producción de arroz, los oleaginosos que constituían la vigésima parte del total en la zafra 2000/2001, ven multiplicado nueve veces su peso relativo sobre la zafra 2009/2010-, y c) el volumen de los granos oleaginosos que representaban menos de la décima parte (8,2%) de la cosecha total de la agricultura de secano, pasa a representar un tercio de la misma (33,8%), una proporción sobre la cual oscila desde la zafra 2001/2002; si se incluye la producción arrocerera, el cambio en el peso relativo es más gradual, y más contundente.

2.1.5. Las implicancias de los cambios

Aunque el proceso de modernización de la agricultura ha estado asociado en los últimos cincuenta años a la adopción del modelo tecnológico difundido por la Revolución Verde (Chiappe, 2008); también es cierto que a lo largo de la segunda mitad del siglo XX se desarrolló un progresivo cambio de visión sobre la naturaleza del desarrollo, que llevó en 1987 a la quizás más divulgada conceptualización de desarrollo sostenible, contenida en el documento “Nuestro Futuro común” (Our common future) de la Comisión Mundial sobre Medio Ambiente y Desarrollo (1984-1987). Allí se entiende el desarrollo sostenible como aquel que “responde a las necesidades de la presente generación sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer las suyas” (WCED, citado por Müller 1996, WCED, citado por Chiappe 2008).

En ese contexto general y aún cuando no hay una sola acepción de agricultura sostenible siquiera dentro de la visión dominante del desarrollo sostenible, puede entenderse que es *“un tipo de agricultura cuya productividad permite llenar las necesidades cambiantes de la población actual y futura manteniendo intacto su potencial productivo”* (FAO, GICAI, Girt, Repetto, Young, USAID, citados por Müller, 1996). También puede ser entendida como *“aquella que en el largo plazo, promueve la calidad del medio ambiente y los recursos base de los cuales depende la agricultura; provee las fibras y alimentos necesarios para el ser humano; es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto”* (American Society of Agronomy, citado por Masera et al., 2000).

Tal como sostiene Sarandon (2002), para que una agricultura pueda ser considerada sostenible debe cumplir un conjunto de condiciones, la misma debe ser: a) suficientemente productiva, b) económicamente viable, c) ecológicamente adecuada, d) cultural y socialmente aceptable y e) técnicamente posible. Quizás alguna de esas condiciones se explican en si mismas, pero la mayoría sino todas requerirían ulterior explicación, y además cada una debe verse en el marco del conjunto; una agricultura técnicamente posible debe ser simultáneamente: suficientemente productiva, económicamente viable, ecológicamente adecuada y socialmente aceptable. Además hay condiciones que son sobretodo internas a los sistemas de producción agrícolas y otras que sobretodo tienen significado allende sus fronteras, es claramente el caso de la primera, y están las que juegan con peso similar de ambos lados de la portera.

A su vez y siguiendo una visión comparativa sobre la sostenibilidad de los sistemas de producción, esto es, no si los mismos son sostenibles o no sostenibles -una sostenibilidad absoluta-, sino cual o cuales sistemas son más (o menos) sostenibles que tal o tales sistemas -una sostenibilidad relativa-. En ese sentido se puede decir que un sistema de producción es más sostenible que otro sí cumple las siguientes condiciones (según Ernst, citado por Perez Bidegain et al., 2010): a) mantiene o aumenta los niveles productivos actuales (productividad), b) reduce el nivel de riesgo debido a variables económicas o climáticas (seguridad), c) es económicamente más rentable (rentabilidad), d) conserva la calidad y el potencial de los recursos naturales utilizados (conservación) y e) es socialmente aceptado (aceptabilidad). Los criterios anteriores son equivalentes a los citados por Smith y Dumanski (1993) en el Marco de Evaluación de Sustentabilidad para Sistemas de Manejo de Suelos.

No es el objetivo discutir sobre las conceptualizaciones de agricultura sostenible, sino visualizar cuales podrían ser las condiciones que deberían cumplir los sistemas de producción agrícolas para ser aceptables en la perspectiva de estas visiones sobre la sostenibilidad en la agricultura. No obstante y aún siguiendo las condiciones señaladas, salvo situaciones extremas, la evaluación sobre la sostenibilidad de la agricultura en general y de los sistemas de producción en particular, no es habitualmente blanco o negro, sino que se trata de visualizar cuales sistemas de producción -para tomar el nivel

de referencia en el análisis-, son más sostenibles y cuales menos sostenibles, sea que la sostenibilidad agrícola es la mayor parte de las veces comparativa. Cuando se analiza la evolución de los sistemas a lo largo del tiempo, y se constata que una parte de los mismos se transformaron o desaparecieron, a causa de su inviabilidad como tales, entonces aunque las conclusiones sean incuestionables, ya es demasiado tarde.

Es entonces en ese marco general dentro del cual deberían ser evaluados los cambios multidimensionales de la agricultura extensiva en la última década; aún tal como se anotó, cuando una buena parte del modelo tecnológico dominante en la actualidad había sido incorporado con anterioridad. Las técnicas agronómicas asociadas al modelo tecnológico de la Revolución Verde, tales como la difusión generalizada de la mecanización en la mayor parte de las tareas agrícolas, el empleo de semillas producidas fuera de la explotación, ya sean variedades mejoradas o cultivares híbridos de alto potencial de rendimiento –producidas dentro o fuera de fronteras-, la utilización de fertilizantes –en su mayor parte de síntesis química-, el empleo de pesticidas químicos para el control de malezas, enfermedades y plagas, y las prácticas de manejo desarrollados por los equipos nacionales de investigación, ya fueron citadas para explicar las características del cambio técnico en las dos décadas previas a la introducción de la siembra directa (Beretta et al., 1991).

En las secciones anteriores se describieron parcialmente los cambios ocurridos en la agricultura extensiva durante el período reciente –entre fines del siglo pasado y la actualidad-, salvo la evolución de la productividad de los principales cultivos agrícolas extensivos (1961-2009). Una parte de las implicancias surgen directamente en los cambios entonces señalados, sobre las implicancias de los cambios restantes, se revisará brevemente una parte de la información disponible para algunos de los efectos, mientras que para el resto sería necesaria una revisión más amplia y en ciertos aspectos posiblemente no existan estudios científicos de amplia cobertura. Los cambios señalados sobre los cuales se ha divulgado información generada durante o antes del período en análisis o se pueden establecer conclusiones primarias a partir de la información disponible, incluyen: a) la creciente utilización de cultivares transgénicos, aunque hasta la actualidad muy concentrada en dos cultivos, b) las modificaciones en la biodiversidad, particularmente la diversidad vegetal en el nivel de los cultivos, y c) la erosión de los suelos utilizados en agricultura.

Los riesgos potenciales del uso comercial de un cultivar transgénico, considerados en la evaluación incluyen diferentes categorías: a) la posibilidad de que el cultivar se transforme en una especie invasora, b) los riesgos derivados de la transferencia genética del evento, c) los efectos perjudiciales sobre organismos no blanco, d) los posibles efectos no intencionales derivados de la utilización de genes de efecto amplio en el metabolismo celular y la fisiología de las plantas, e) las posibilidades de desarrollo de resistencia al control en insectos y malezas y f) los riesgos asociados al conjunto de las técnicas empleadas (Borsani et al., 2010). Se sostiene que no es la tecnología

transgénica per se la que puede determinar efectos adversos sobre el ambiente, sino la específica combinación de: 1) el o los transgenes, 2) el ambiente donde es liberado, y 3) el manejo de la tecnología empleada en el cultivo (Borsani et al., 2010). El informe de referencia elaborado en la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República por siete especialistas de diversas áreas, deja constancia de resultados de investigación nacional sobre dos áreas de impacto: la primera, los efectos sobre organismos no blanco derivados de la utilización de maíces Bt, y la segunda, el efecto en la economía de la utilización de cultivares transgénicos dentro de la agricultura de secano.

Los monitoreos de fauna en cultivos comerciales de cultivares de maíz Bt y cultivares convencionales (no transgénicos) fueron realizados por Facultad de Agronomía, INIA La Estanzuela, y Asesoría Técnica Entoagro, en chacras de cinco departamentos (San José, Colonia, Soriano, Río Negro y Paysandú) en el sur y litoral oeste de Uruguay en tres a cuatro zafra según el caso, durante el período 2005/2006-2008/2009. Los resultados encontrados indican que los cultivares Bt tuvieron efectos negativos sobre los lepidópteros plagas que fueron variables según las especies en cuestión; en paralelo no se determinaron efectos negativos significativos en los organismos no blanco, tanto fueron estos predadores como fitófagos secundarios. Los datos generales presentados son contundentes en cuanto al efecto de los cultivares de maíz Bt sobre los lepidópteros plaga, ya que en el 85,3% de los muestreos la cantidad de estos fue menor en maíces Bt que en maíces no Bt y solo en el 2,9% de los muestreos ocurrió lo contrario. Los datos sobre las cantidades de predadores aparecen relativamente balanceados, en el 25,3% de los muestreos hay menos predadores en maíces Bt que en maíces convencionales mientras que en el 20,7% hay más, en el resto las cantidad habría sido iguales (o estadísticamente iguales). Finalmente los recuentos de trips indican que los resultados están relativamente menos balanceados, en el 12,7% de los muestreos hay menos trips en maíces Bt que en maíces convencionales, y en el 33,8% hay más, en la mitad restante de los muestreos las cantidades fueron iguales.

El impacto económico de la adopción de cultivares transgénicos de soja en un primer momento y de maíces más tarde, fue evaluado mediante simulación para el período 2004-2008, a través de una comparación entre un escenario dado por la adopción ocurrida a nivel comercial de los cultivares transgénicos y un escenario alternativo dado por una agricultura basada en cultivares convencionales, en la cual las superficies cultivadas eran 30%-40% menores. Los resultados basados en esos supuestos indican que la adopción de cultivares transgénicos habría agregado 480 millones de dólares al valor de la producción agrícola en el período, la estimación no incluye los efectos derivados del aumento en las superficies sembradas de otros cultivos ni las reducciones en las superficies dedicadas a terceros rubros. Mientras que el impacto indirecto produjo un incremento de 1.406 millones de dólares en el producto para el mismo período. Además se calcula que la adopción de cultivares transgénicos permitió la creación de más de 900 puestos de trabajo directos y casi 4.700 puestos indirectos (SERAGRO, citado por Borsani et al., 2010).

Si bien sobre la erosión de suelos se volverá brevemente en la comparación de los sistemas de manejo de suelos en la sección siguiente de la revisión bibliográfica, vale la pena señalar hacia donde pueden llevar los cambios en la matriz productiva y en la tecnología utilizada, en particular el cambio de las rotaciones cultivos-pasturas a los sistemas de agricultura continua, aunque no puede olvidarse completamente los sistemas de producción con laboreo mecánico de escasa importancia relativa, pero que ocuparon más de 200.000 ha (2009/2010). Tal como lo recuerda García Prechac (2004), desde mediados del siglo XX la tecnología de pasturas mixtas sembradas fue integrándose de manera paulatina en las regiones más agrícolas dentro de sistemas de producción cultivos-pasturas; los cuales pasaron a ser dominantes dos décadas después. La adopción de los sistemas fue explicada por las causas siguientes: a) la degradación del suelo en la fase de cultivos es revertida por la fase de pasturas mixtas; b) la productividad de los cultivos siguientes a las pasturas es mayor y menos variable que en cultivo continuo; c) las razones de esa productividad se deben a la mejora en la calidad del suelo, así como a la interrupción de los ciclos anuales de malezas, enfermedades y plagas de los cultivos de grano; d) se reduce la necesidad de fertilización nitrogenada en los cultivos post pasturas, y e) la producción animal sumada a la producción de granos diversifica el sistema y la da mayor estabilidad frente a variaciones climáticas y económicas (García Prechac, 2004).

El efecto negativo de la agricultura continua con laboreo mecánico en las condiciones agroecológicas uruguayas, lleva a una disminución de rendimientos y del potencial productivo del suelo (Díaz-Roselló, Ernst et al., citados por Ernst, 2001). Los efectos se resumían como el “resultado de generar una chacra vieja”, que provocaba menor rendimiento medio de los cultivos, mayor variabilidad de los mismos entre años e incremento en la necesidad de fertilizante nitrogenado, aún con menores techos de rendimiento. Si se toma el contenido de carbono orgánico o materia orgánica como el más importante indicador de su estado de degradación (García Prechac, 2004), el experimento de las “rotaciones viejas” (Díaz-Roselló, citado por García Prechac, 2004) mostró que en 27 años de cultivos continuos con laboreo se perdió el 25,0% del carbono orgánico en la capa arable del suelo (0-20 cm) a una tasa lineal de $307 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. La inclusión de la fase pastoril en las rotaciones lleva de “la chacra vieja” a una “cabeza de rotación” reduciendo en la fase agrícola los efectos señalados sobre los cultivos y paralelamente controlando las pérdidas por erosión hídrica (Ernst, 2001). De esa manera y en el mismo período antes señalado, en las rotaciones cultivos pasturas el carbono orgánico se redujo en la fase agrícola y aumentó en la fase pastoril, tendiendo a conservar el valor de partida, aunque el ajuste lineal mostró una pérdida de 3,7%, a una tasa de $45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$. (García Prechac, 2004). En el conjunto del sistema, el largo de la fase agrícola queda determinada por el efecto “chacra vieja” y el largo de la fase pastoril por la pérdida de su productividad mezclada con engramillamiento (Ernst, 2001).

Si se elimina el laboreo mecánico en los sistemas agrícolas, cambian simultáneamente las dos situaciones derivadas de la agricultura continua con laboreo, ya no se genera el efecto “chacra vieja” y la erosión hídrica se controla por la presencia de rastrojos en superficie (Ernst, 2001); tal como señalaba el autor si bien no está cuantificada la cantidad mínima para nuestras condiciones, la misma oscilaría entre 5 y 10 $\text{tm ha}^{-1} \text{año}^{-1}$ de materia seca, siendo mayor en la medida que el ambiente es más cálido y húmedo (Paustian et al., citados por Ernst, 2001). La pregunta clave es entonces, ¿qué sucede realmente con la erosión hídrica en distintos sistemas de agricultura sin laboreo, tanto en rotaciones pasturas-cultivos como en rotaciones cultivos-cultivos o agricultura continua?. La tabla siguiente presenta resultados de: a) estimaciones mediante USLE/RUSLE en los siete sistemas del experimento de “rotaciones viejas” en La Estanzuela (Colonia-Uruguay) sobre un Argiudol Típico en laderas largas con 2,0%-4,0% de pendiente, b) mediciones de erosión vía parcelas de escurrimiento en cinco sistemas de uso y manejo durante tres años y medio en Aguas Blancas (Lavalleja-Uruguay), sobre un Argiudol Típico en una ladera con 3,5% de pendiente, y c) tasas de erosión estimadas y medidas –durante cuatro años- en cinco sistemas en La Estanzuela en condiciones de topografía y suelos similares a Aguas Blancas (García Prechac, 1992).

Los resultados de los distintos sistemas y lugares se tabularon junto dado que de acuerdo a García Prechac (1992), los valores de los mismos son comparables. Las principales conclusiones de acuerdo a los resultados observados son: a) el laboreo a favor de la pendiente en todos los sistemas de las “rotaciones viejas” implica que de acuerdo al modelo USLE/RUSLE ningún sistema quede por debajo de la erosión tolerable establecida en $7,0 \text{ tm ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, si el laboreo es en contorno el modelo estima que las tasas de erosión se reducen a la mitad, por lo cual los sistemas 3 y 5 tendrían pérdidas de suelo por debajo de las $7,0 \text{ tm ha}^{-1} \text{año}^{-1}$, y los sistemas 4 y 6 en torno a $7,0 \text{ tm ha}^{-1} \text{año}^{-1}$; b) el sistema de agricultura continua sin fertilización de La Estanzuela, alcanzaría pérdidas cercanas a las medidas en suelo desnudo en Aguas Blancas; c) considerando que en Aguas Blancas el laboreo fue realizado a favor de la pendiente, las tasas de erosión medidas -salvo la del campo natural- son bajas. La alta tasa relativa de erosión en campo natural se atribuyó a la situación de degradación por sobrepastoreo de un tapíz estival que llevó a mayor escurrimiento sobretudo en condiciones de baja cobertura invernal; d) la mejor tecnología utilizada en maíz, la combinación con avena o con avena y pasturas bianuales, además del laboreo reducido, determinaron que los sistemas 4 y 5 de Aguas Blancas, tuvieran tasas del orden del 60,0% de la de maíz tradicional; esta de todas maneras fue más baja de lo esperado –atribuida a la instalación de vegetación espontánea una vez levantado el rastrojo, así como al corto período de evaluación-.

Cuadro 3 - Erosión medida ($\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) y erosión estimada ($\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) según sistema y experimento

Sistema	Estructura	Datos	Erosión medida $\text{Tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$	Erosión estimada $\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$
1 LE	S-L-T-G-S-L-T-G	sin fertilización	-	27,2
2 LE	S-L-T-G-S-L-T-G	con fertilización	-	23,7
3 LE	AA-AA-AA-AA-S-L-T-G	alfalfa para heno	-	9,4
4 LE	S-RG/TR-T-RG/TR-T	pastura anual mixta	-	13,8
5 LE	P-P-P-P-S-L-T-G	devolución de forraje	-	9,4
6 LE	S-RG/SG-T-RG/SG-T	pasturas anuales con nitrógeno	-	14,3
7 LE	S-L-T/TR-G	trébol rojo consociado	-	16,3
1 AB	CN		3,8	-
2 AB	SD	rastreado hacia la pendiente	30,4	-
3 AB	M_t	sin fertilización, 25.000 pl ha-1	9,0	-
4 AB	M_m/A	maíz fertilizado, 50.000 pl ha-1	5,5	-
5 AB	$M_m-A-M_m-A-RG/TR-RG/TR$	Laboreo con disqueras, idem 4.	5,6	-
11 LE	SD		57	50
12 LE	RCP_{lc}	laboreo con cincel	3,5	4,0
13 LE	RCC_{lc}	laboreo con cincel	7,1	12,0
14 LE	RCP_{sl}	sin laboreo	1,2	1,5
15 LE	RCC_{sl}	sin laboreo	2,1	6,0

Referencias: LE = La Estanzuela, AB = Aguas Blancas, S = sorgo, L = lino, T = trigo, G = girasol, AA = alfalfa, RG = raigrás, TR = trébol rojo, P = pradera convencional, SG = sudangrás, CN = campo natural, SD = suelo desnudo, M_t = maíz tradicional, M_m = maíz mejorado, A = avena, RCP = rotación tres años de pasturas (consociadas)-3 años de cultivos con girasoles de segunda. RCC = agricultura continua,

Fuentes: sistemas 1-7 LE, García y Baethgen, sistemas 1-5 AB, García et al., 11-15 LE, Sawchik y Quintana, citados por García Prechac (1992).

Cuando se comparan las mediciones con las estimaciones, se visualizan el siguiente conjunto de situaciones relevantes en torno a los instrumentos utilizados y los resultados obtenidos: a) los valores dados por las mediciones en las rotaciones cultivos-pasturas con y sin laboreo, son muy similares a los obtenidos mediante las estimaciones del modelo USLE/RUSLE, b) en los casos de los sistemas de agricultura continua tanto con laboreo como en siembra directa, las mediciones devuelven valores que son sustantivamente menores a los obtenidos por las estimaciones del modelo; c) si se toman

los valores devueltos por las mediciones, la inclusión de pasturas en la secuencia de cultivos –tanto con laboreo como en siembra directa-, lleva la tasa de erosión al entorno de la mitad de la que se obtiene en los sistemas de agricultura continua; d) como consecuencia de las aparentes sobreestimaciones del modelo en los sistemas de agricultura continua, las tasas de erosión en esos sistemas tanto con laboreo como sin laboreo, son tres a cuatro veces mayores que las de las rotaciones cultivos pasturas equivalentes; y e) la tasa de erosión medida –y aún la tasa de erosión estimada que es tres veces mayor- en las secuencias de cultivos en agricultura continua, es muy baja (media) lo cual llevaría a concluir que efectivamente la tecnología de la siembra directa en las condiciones agroecológicas del ensayo, sustituye con creces el efecto logrado a través de la fase de pasturas en las rotaciones cultivos-pasturas con laboreo mecánico. Lamentablemente no se indica cual es la secuencia de cultivos del sistema.

“El término biodiversidad o diversidad biológica se emplea normalmente para describir el número y la variedad de organismos vivos que hay en el planeta” (Ribas, 2010). La misma autora indica que la diversidad biológica puede ser definida a nivel genético, en el nivel de las especies y a nivel de ecosistemas. En el Convenio sobre Diversidad Biológica se define a la biodiversidad como *“la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos, así como los complejos ecológicos de los cuales forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”* (ONU, citado por Ribas, 2010). En cualquier caso los cambios masivos en el uso del suelo, en particular si además implican considerables superficies de pocas especies –tales el caso de la agricultura extensiva y de los montes forestales, incluso de las praderas sembradas-, que eventualmente están dominados por un escaso número de cultivares, conllevan una reducción en la biodiversidad, a través de una simplificación simultánea de su estructura y de su composición.

Si se considera la superficie de agricultura de secano a lo largo del período de doce años 1998/1999-2009/2010 medida como la suma de los siete principales cultivos para grano de acuerdo a la superficie sembrada, es posible realizar el ejercicio de medir si la diversidad en el nivel específico –los diferentes cultivos- ha aumentado, ha permanecido igual o ha disminuido. El ensayo puede realizarse a nivel de un establecimiento agropecuario, a nivel de una zona agroeconómica, a nivel de una subregión como las utilizadas para definir los ambientes agroclimáticos, a nivel de la agricultura de un país. Para simplificar el procedimiento y a su vez recoger las superficies de todos los cultivos en sus áreas comerciales, se utilizarán las superficies nacionales estimadas para cada cultivo en cada zafra agrícola a lo largo del período de análisis. Se pueden utilizar diferentes índices de diversidad, empleados habitualmente en Ecología, en este caso se eligió el Coeficiente de Gini. El mismo puede valer entre 0 y 1, donde 0 corresponde a la perfecta igualdad (máxima diversidad), y 1 a la perfecta desigualdad (nula diversidad).

Los resultados indican que el valor del índice (0,209-0,210) fue mínimo en las zafra 2000/2001-2001/2002, cuando la superficie agrícola de secano variaba entre 392.000 hectáreas y 478.000 hectáreas, mientras que en la zafra 1999/2000 sobre la mínima superficie agrícola de secano del período, el valor del índice fue bastante mayor (0,316). Esos resultados implican que el índice puede cambiar en períodos muy cortos para el caso de cultivos anuales, y que no está asociado a la superficie total sino a la distribución interna de esa superficie. Si se utilizan las medias móviles de período tres para reducir la variación interanual, los datos indican que el índice se movió desde 0,256 en el período 1998/1999-2000/2001 a 0,363 en el período 2007/2008-2009/2010, pasando por un mínimo de 0,211 de la media móvil centrada en la zafra agrícola 2001/2002. Las medias móviles también indican que desde ese valor mínimo del índice, el aumento fue gradual pero constante a lo largo del período posterior sobre una superficie agrícola de secano que estaba creciendo casi continuamente salvo la discontinuidad de la zafra agrícola 2005/2006. Sobre una superficie agrícola creciente, la diversidad a nivel de cultivos estuvo disminuyendo.

Se puede decir que el valor de la última media móvil (0,363) o incluso el de la última zafra agrícola (0,427) están muy lejos de la mínima diversidad (1,000), o utilizando la jerga productiva, de la máxima especialización –que estaría dada por toda la superficie agrícola por un solo cultivo, una sola especie-. No obstante y siguiendo el ejercicio realizado, vale la pena recordar que si la superficie agrícola de secano se repartiera por igual entre los siete cultivos incluidos en el análisis, o para generalizar entre siete cultivos cualesquiera, el valor del índice (0,143) -independientemente por supuesto de la superficie total- sería menos de la mitad del correspondiente a la última media móvil. Una manera equivalente pero quizás más cercana de leer los cambios ocurridos es mediante el coeficiente de variación de las superficies cultivadas, el coeficiente de variación que está altamente correlacionado con el Índice de Gini mostró por lo tanto el mismo comportamiento, por lo cual la interpretación del resultado es contraria a la habitual. Es decir que en la medida que el coeficiente de variación toma valores superiores (aumenta la variabilidad), lo que está ocurriendo es una reducción de la diversidad.

Si los recuentos anteriormente citados, tanto sobre los efectos de la introducción y rápida difusión de cultivares transgénicos en los cultivos de maíz y soja, como sobre los efectos en la biodiversidad derivados de los cambios extendidos sobre el uso del suelo, constituyen un resumen aceptable del conocimiento disponible; quedan aún una cantidad de zonas grises citadas en los mismos trabajos, donde el conocimiento es aún claramente insuficiente. En el segundo caso en particular, y tal como se sostuvo, la diversidad vegetal puede no solamente ser evaluada a diferentes niveles de medición (desde el nivel genético al ecosistémico) usando distintas variables, sino que puede ser medida en distintos niveles de la estructura jerárquica de sistemas agrícolas. El interés central para el diseño de sistemas de producción está en los establecimientos agropecuarios, y antes como la herramienta clave en la construcción de ese diseño, está

la identificación de una o más rotaciones viables de acuerdo a las condiciones de cada sistema de producción en particular. En el ejercicio planteado para evaluar la diversidad agrícola si bien se utilizaron las superficies nacionales de cada cultivo en cada zafra agrícola, también es cierto que en muchos sistemas de producción no están presentes los siete cultivos señalados; un sistema de producción agrícola que tuviera cuatro cultivos con la misma superficie en vez de siete cultivos de igual superficie, tendría un valor del índice de 0,250 en vez del calculado de 0,143.

La descripción realizada en las secciones anteriores muestra que los cambios en la agricultura de secano abarcaron todas las dimensiones clásicas utilizadas en la evaluación de la sustentabilidad: ambiental, económica y social; tanto si los cambios pueden ser evaluados positivamente como negativamente. En un rápida recapitulación – no exhaustiva- de los cambios puede establecerse que: a) la producción de cereales industriales, cultivos oleaginosos y granos forrajeros aumentó, aunque a tasas diferentes y centrada en cultivos específicos; b) una parte de los agricultores aumentaron en número y/o expandieron su superficie cultivada mientras otra dejaba la agricultura o directamente la actividad agropecuaria; en el conjunto, la cantidad de agricultores disminuyó; c) los sistemas de producción cambiaron y tendieron a hacerse claramente más agrícolas y en paralelo menos diversificados, d) la utilización de agroquímicos se mantuvo o aumentó, y como consecuencia del cambio anterior aumentó por unidad de superficie por unidad de tiempo; e) la proporción de cultivares transgénicos creció explosivamente tanto en soja como en maíz y como consecuencia la mitad de la superficie de secano cultivada incluye eventos transgénicos y; f) la erosión de suelos por efecto de las actividades agrícolas puede estar por encima de los niveles tolerables en ciertos sistemas de producción y/o en ciertos ambientes agrícolas actuales.

Aún cuando la mayor parte de las tendencias son globales cuando se las mira desde la superficie, es decir en la medida que ha sido posible cuantificarlas implican al grueso de la superficie cultivada, no son al mismo tiempo homogéneas dentro del universo de sistemas de producción agrícolas. Mientras una parte de los sistemas de producción –en el sentido de la tipología de los agricultores- se expandió fuertemente durante el período de análisis, sobretodo en la superficie cultivada que los mismos realizan así como en la exploración de ambientes agrícolas no tradicionales, otra parte de los agricultores dejaron la agricultura para centrarse en las actividades ganaderas o lecheras en los ambientes menos agrícolas, en nuevos ambientes ganaderos o directamente dejaron las actividades productivas. Un cierto número de los agricultores tradicionales se transformaron o se concentraron en prestadores de servicios agrícolas dentro o fuera de sus zonas de residencia. La aplicación de un modelo tecnológico dominante tiene o puede tener efectos muy diversos en función de las condiciones agroclimáticas del ambiente donde se aplica y de la estructura productiva de cada agricultor en particular. A esas condiciones se suma que en la medida que los ambientes son más vulnerables y/o de menor potencial agrícola, las posibilidades productivas agrícolas se reducen y los sistemas se tornan más especializados.

Finalmente y sin abordar todas las aristas de los cambios ocurridos y/o de la situación actual en una visión multidimensional de la sustentabilidad en la agricultura; tanto utilizando los criterios propuestos por Sarandon (2002) como los propuestos por Smith y Dumanski (1993), Ernst, citado por Perez Bidegain et al. (2010), los cambios ocurridos en los sistemas de producción agrícola durante la última década en la agricultura uruguaya, muestran que existen evidencias sistematizadas o modelos aplicables suficientemente robustos que demuestran la insostenibilidad o cuestionan la sostenibilidad de al menos una parte de los sistemas productivos. La dotación original/actual de recursos de cada sistema de producción en particular, constituye por lo menos una parte de la explicación de los cambios ocurridos o de los eventuales problemas actuales. En ese sentido el diseño de sistemas agrícolas/agrícola-pastoriles sostenibles, debe atender las particularidades de cada situación productiva, considerando la dotación de recursos ambientales, económicos y sociales, las actividades productivas viables y las técnicas de manejo adecuadas; en el marco de las finalidades de los agricultores que manejan cada uno de los sistemas productivos. Esa visión también supone que los cambios externos –porteros afuera de los sistemas de producción-, están fuera de la intervención -y por supuesto del control- de cada agricultor individual; es justamente “el ambiente” en el cual se desarrollan.

2.2. EL EFECTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LAS VARIABLES AMBIENTALES Y DE MANEJO

La revisión actual está centrada en los cinco cultivos extensivos sobre los cuales se generaron resultados. Ellos son cebada cervecera y trigo entre los cultivos de invierno, maíz y sorgo granífero entre los granos forrajeros y soja entre los cultivos oleaginosos. Las variables agroclimáticas y las variables de manejo sobre los cuales se realizará una rápida revisión de parte de la información nacional disponible incluyen la adaptación agroclimática, la regionalización agroclimática, el efecto año y la calidad de suelos entre las primeras, y la duración del barbecho, el sistema de laboreo, el cultivo antecesor, la elección varietal, y la época de siembra entre las segundas. La revisión incluirá una síntesis de resultados sobre cada variable en la medida de su disponibilidad-accesibilidad. Como se verá en el capítulo siguiente, las variables citadas son las variables comunes que fue posible incluir en el análisis de la información utilizada.

Los cinco cultivos extensivos analizados constituyen en la actualidad los cinco principales cultivos de secano dentro de la agricultura uruguaya. Si se consideran las superficies medias sembradas en el período 2008/2009-2010/2011 –a los efectos de reducir las variaciones interanuales-, el actual patrón de cultivos extensivos de secano - en miles de hectáreas- es el siguiente: 1) soja (767,7), > 2) trigo (477,5), > 3) cebada cervecera (110,9), > 4) maíz (88,1), > 5) sorgo (44,9), > 6) girasol (22,7), = 7) avena (22,6). Vale recordar que la superficie sembrada con girasol en la última zafra agrícola - sobre datos preliminares-, fue virtualmente insignificante (3,1 mil hectáreas), por lo cual aún la media móvil del período no refleja las tendencias recientes, (elaborado con datos de URUGUAY. MGAP-DIEA, 2009b, 2009c, 2010b, 2010c, 2011b, 2011c). Como se reseñaba antes, solo los dos primeros cultivos representaron -usando los números anteriores- más de 4/5 partes (81,1%) de toda la superficie agrícola de secano.

En el nivel mundial, si consideramos solo la superficie cosechada en el último año con registros (2009), sobre los 1.273,4 millones de hectáreas cultivadas, el patrón de cultivos fue relativamente distinto. Si bien entre los ocho cultivos más sembrados a nivel mundial, figuran seis de los ocho principales cultivos extensivos de Uruguay –en este caso se incluye el arroz, que es el tercer cultivo extensivo en la agricultura uruguaya actual-, el patrón de cultivos –en millones de hectáreas- es el siguiente: 1) trigo (225,6), > 2) maíz (158,6), = 3) arroz (158,3), > 4) soja (99,5), > 5) cebada (54,1), > 6) sorgo (40,0), > 7) mijo (33,7), > 8) colza (31,1). ¿Es esa la única diferencia entre los cultivos principales?, no, la dinámica de la superficie cosechada también ha sido muy distinta. Los citados ocho cultivos representan casi dos tercios de la superficie cosechada a nivel mundial –incluyendo todas las actividades vegetales salvo las pasturas y la silvicultura- (calculado con datos de FAO, 2011).

Solo las oleaginosas (soja, colza, girasol) han mostrado tasas de crecimiento de la superficie cultivada superiores al 10,0% decádico durante las últimas tres décadas, y en la última década con datos disponibles (2000-2009) justamente en el orden citado. El resto de los cultivos salvo el maíz y la avena, han mostrado tasas de crecimiento (arroz) o decrecimiento (mijo) pequeñas, a veces con décadas de descenso seguidas por décadas de ascenso (trigo) o viceversa (sorgo). El cultivo de avena ha estado perdiendo superficie década tras década, a tal medida que ha perdido $\frac{3}{4}$ de su superficie cosechada a nivel mundial en la última media centuria. El maíz que históricamente ha sido un cultivo de relevancia mundial, venía mostrando bajas tasas decádicas de incremento de su superficie cosechada –en el orden del 4,5%–, la cual se multiplicó por más de tres (15,8%) en la última década analizada, viendo incrementada su superficie cultivada en más de veinte millones de hectáreas (21,6), solo superada en términos absolutos por la de soja (25,1), (elaborado con datos de FAO, 2011).

Finalmente para terminar la introducción a la revisión siguiente, una segunda medida indirecta de la diversidad de ambientes mundiales en los cuales se encuentran los cultivos extensivos presentes en la agricultura uruguaya, consiste en visualizar la cantidad de países donde son sembrados en la actualidad (considerando el año 2009). En este caso el patrón mundial (FAO, 2011) para los ocho principales cultivos extensivos en Uruguay es el siguiente: 1) maíz (163), > 2) trigo (124), > 3) arroz (118), > 4) sorgo (105), > 5) cebada (102), > 6) soja (92), > 7) avena (77), > 8) girasol (73). Las cifras anteriores indican que esos ocho cultivos estuvieron presentes (2009) entre un tercio (avena, girasol) y dos tercios (trigo) de los países del mundo sobre los cuales se llevan estadísticas de superficies cultivadas; y tan solo los tres primeros cultivos que son a su vez los más sembrados, se realizan actualmente en la mitad o más de los citados países.

2.2.1. Cultivos de invierno

Si bien los cultivos de invierno abordados en el estudio –léase cebada cervecera y trigo– han sido incluidos en un capítulo común, cuando para una misma variable se ha relevado información específica así se hace constar. En tanto que en las variables que existe suficiente información sobre estudios para cada cultivo –v.g.: época de siembra– o es el tratamiento individual es indispensable –v.g.: cultivares–, la misma se presenta en secciones separadas bajo la variable de referencia. La presente revisión no obstante no incluye información sobre todas las variables independientes utilizadas en los análisis estadísticos realizados, y en alguna variable –cultivo antecesor– se presentan resultados para uno solo de los dos cultivos.

2.2.1.1. Adaptación agroclimática

La cebada es el cultivo que presenta una mayor dispersión en sus áreas de siembra; de acuerdo a Poehlman, citado por Castro (1997) solo el trigo se acerca a su amplitud de adaptación. La cebada crece desde el círculo ártico hasta las llanuras tropicales del norte de la India (Mailhos y Urruty, 1995), esa es en el hemisferio norte una amplia faja entre el Trópico de Cancer en el paralelo de 23°26' hasta el paralelo de 66°33'. Se siembra en un amplio rango de fotoperíodos, incluyendo los días cortos de invierno de latitudes intermedias (30°LS/LN) en el hemisferio sur –el caso de Uruguay– o en el hemisferio norte, hasta los días largos de verano en latitudes altas (60°-70°) del hemisferio norte –Alaska, Canadá, Noruega–, e incluso dentro de las latitudes intermedias, en la alta montaña (Tibet-China), según Weaver, citado por Castro (1997). Las cebadas que se adaptan a las condiciones de Uruguay, pertenecen a las de hábito de crecimiento primaveral en la clasificación mundial (Luizzi y Torres, 1997).

La cebada cervecera “*es un cultivo de clima templado que se comporta mejor en estaciones frías y moderadamente secas*”, y presenta dificultades para soportar los climas cálidos y húmedos (Castro, 1997); en particular presenta escape a las condiciones de sequía, según Poehlman, citado por Castro (1997). En la medida que crece usualmente en áreas de escasas precipitaciones, y es un cereal más tolerante que otros a condiciones de salinidad y alcalinidad –aunque es muy sensible a acidez–, “se piensa en cebada como un cultivo para tierras pobres”, en condiciones de chacras con poca mecanización, sin utilización de fertilizantes y lluvias escasas, el cultivo de cebada logra rendimientos superiores a los demás cereales (Mailhos y Urruty, 1995). Siguiendo a Hoffman (1996), el conocimiento generado en el mundo y en los últimos seis años en Uruguay, indica que el lento crecimiento en los primeros estadios dado por las bajas temperaturas en el período, llevan a un aumento en el número de macollos, con mayor fertilidad y potencial de producción. Por el contrario si existen condiciones de sobrecrecimiento en la misma etapa –temperaturas medias y/o nitrógeno excesivo– la competencia por luz afecta negativamente la cantidad de tallos fértiles y el rendimiento de los mismos.

En trigo el rendimiento en grano puede asociarse a dos componentes de rendimiento, el número de granos por metro cuadrado y el peso de los granos (Mailhos y Urruty, 1995). La intensidad del frío, medido a través de las temperaturas a nivel de césped por debajo de 0°C durante la etapa vegetativa, presenta una correlación positiva alta (+0,693) con el rendimiento (Romero y Corsi, citados por Mailhos y Urruty, 1995). A su vez las condiciones de temperaturas mayores a 15°C durante los treinta días siguientes a la espigazón, presentan una correlación negativa media con el rendimiento potencial (Romero y Corsi, citados por Mailhos y Urruty, 1995). El período de llenado de grano se reduce a una tasa de 3,1 días por cada grado centígrado en la medida que las temperaturas superen el rango promedio de 15°C-21°C (Bauer, Frank y Black, citados

en Mailhos y Urruty, 1995). En general la temperatura media del período antes-madurez fisiológica, mostró una muy alta correlación negativa (-0,974) con el peso máximo de los granos, por cada grado centígrado de aumento de temperatura, el peso del grano fue 4,98 mg inferior (Savin, citado por Mailhos y Urruty, 1995).

El agua es fundamental para las plantas, considerando los múltiples roles que cumple, ya sea como componente de los tejidos fisiológicamente activos, como reactivo de los procesos fotosintéticos e hidrolíticos, como solvente para el movimiento de nutrientes dentro de la planta, y en el mantenimiento de la turgencia de los tejidos y los órganos (Mailhos y Urruty, 1995). El conjunto de las condiciones que favorecen el crecimiento vegetal contribuyen a aumentar la eficiencia en el uso del agua, por lo cual reducen la cantidad de esta necesaria para producir cada unidad de material seca. A su vez las adversas condiciones de clima y suelo como altas temperaturas, baja humedad atmosférica, iluminación insuficiente, vientos fuertes, baja fertilidad del suelo y disponibilidad desbalanceada de nutrientes, contribuyen a disminuir la eficiencia (Mailhos y Urruty, 1995). La eficiencia puede variar en el rango 250-1.000 unidades de agua por unidad de materia seca. En el cultivo de trigo, se calcula que para alcanzar rendimientos en grano de 3.500 kg ha⁻¹, son necesarios 450 mm de agua disponible durante el ciclo, de los cuales entre el 65%-75% se consumen en el período de las diez semanas centradas en la floración (Del Aguila, citado por Mailhos y Urruty, 1995).

Los años con exceso de humedad en el suelo producido por lluvias superavitarias están positivamente correlacionados con bajos rendimientos del cultivo. Entre las razones citadas -a nivel del ambiente del cultivo- se encuentran: a) suspensión de la mineralización, b) lavado de nutrientes, c) alteración de la proporción de oxígeno necesarias para la actividad radicular, d) planchado y compactación del suelo y f) se favorece el desarrollo de enfermedades (Del Aguila, citado por Mailhos y Urruty, 1995); en paralelo y a nivel del cultivo en si mismo se encuentran: a) reducida absorción de nutrientes, b) reducción del crecimiento radicular, c) disminución de la generación de macollos y espigas fértiles, c) retraso en la emergencia de espigas y en la maduración de la planta (Watson et al., citados por Mailhos y Urruty, 1995). En particular Ernst y Luizzi, citados por Hoffman (1995), determinaron que -sin interferencia de las enfermedades-, los mejores años para el cultivo de trigo son aquellos fríos y secos en el invierno y templados durante la primavera (ver cuadro siguiente). En particular el frío durante las primeras etapas determina mayor potencial de espiga, aumento del número de macollos a través de un período más largo, y mayor potencial por tallo como consecuencia de una menor competencia inicial por luz (Hoffman y Ernst, Hoffman, citados por Hoffman, 1995).

Cuadro 4 - Lluvias en julio-agosto (mm), heladas en el período julio-setiembre y días con más de 30°C en noviembre-diciembre

Rendimiento ¹ (kg ha-1)	Lluvia (julio-agosto) (mm)	Heladas (julio-setiembre) (cantidad)	Días con más de 30°C (noviembre-diciembre) (cantidad)
> 4.000	81,4	22	14
< 2.500	184,0	9	20

Referencias: 1 = rendimientos de grano para una serie de veintitrés años de ensayos experimentales en La Estanzuela (Colonia-Uruguay).

Fuente: Ernst y Luizzi, citados por Hoffman (1995).

Los efectos del anegamiento sobre el rendimiento final varían en magnitud según el estadio de desarrollo de la planta de trigo. Si el anegamiento comienza en las etapas tempranas del desarrollo de la planta y es suficientemente intenso y largo, el sistema radicular se ve muy afectado, reduciéndose la absorción de agua y nutrientes (Watson, citado por Mailhos y Urruty, 1995), y perjudicándose de manera permanente el crecimiento de la parte aérea, con efectos negativos sobre el rendimiento aún cuando las condiciones posteriores sean normales para el crecimiento (Watson et al., citados por Mailhos y Urruty, 1995). Cuando el anegamiento ocurre más adelante en el ciclo -al inicio de encañazón-, se produce igualmente reducción del crecimiento tanto del sistema radicular como de la parte aérea, pero los efectos son menores por lo cual las pérdidas de rendimiento también lo son. Finalmente si el anegamiento ocurre más tarde en el ciclo, sobre la etapa de emergencia de la espiga; no se detecta restricción en el crecimiento aéreo y el rendimiento no es significativamente afectado, aún cuando pueda ocurrir una disminución en el tamaño de grano (Watson et al., citados por Mailhos y Urruty, 1995).

En el otro extremo las deficiencias estacionales de agua de corta duración, constituyen uno de los principales factores de variación en los rendimientos. Como regla general el órgano de crecimiento más activo en el momento de un déficit hídrico es el más afectado por el mismo (Aspinall, Nicholls y May, citados por Mailhos y Urruty, 1995). Las etapas de requerimientos máximos de agua son: diferenciación floral, espigazón, floración y llenado de grano; por lo cual las deficiencias hídricas en esas etapas afectan directamente el rendimiento a través de la modificación de sus componentes básicos: número de macollos viables y fértiles por unidad de superficie, número de espigas por unidad de superficie, número de espiguillas fértiles por espiga, y número de granos por espiga y peso de los granos (Del Aguila, citado por Mailhos y Urruty, 1995). Todos los componentes del rendimiento son negativamente afectados por una restricción hídrica, si esta se levanta por medio de riego, el rendimiento aumenta debido a un incremento en la cantidad de granos por unidad de superficie; en particular si el riego ocurría antes de anthesis la respuesta en rendimiento era mayor debido a un

aumento en la cantidad de espigas por unidad de superficie (Cooper, citado por Mailhos y Urruty, 1995).

Los resultados reportados en Inglaterra (French y Schultz, citados por Mailhos y Urruty, 1995) indican que si el cultivo es sometido a déficit hídrico en la etapa vegetativa, producía el 65% de los granos y el 69% del rendimiento comparados con un cultivo con humedad óptima; en tanto que si el déficit hídrico ocurría durante encañazón-espigazón, la producción de granos alcanzaba el 95%, y el rendimiento comparado era de 75%. Como se observa, mientras en el segundo caso no es la cantidad de granos el componente de rendimiento mayormente afectado, sino el peso de los mismos, en el primer caso es claramente la cantidad de granos el componente de rendimiento que explica la pérdida de rendimiento. Si bien la escasez de agua en la etapa vegetativa provoca una mayor reducción del rendimiento, las diferencias entre momentos no son importantes, y ambas son enormes en relación al testigo sin deficiencia de agua.

2.2.1.2. Regionalización agroclimática

El trigo es un cultivo de invierno que generalmente se siembra en otoño, aunque en algunas regiones de la tierra también ocurren siembras en verano y primavera. La mayor parte de los cultivares han mostrado necesidades de bajas temperaturas y corta duración del día en la fase vegetativa, para luego en la medida que los días se alarguen en la primavera, formar la espiga y florecer, Burgos y Corsi, citados por UDELAR (URUGUAY). FA (1990). En primer lugar, el trigo es un cultivo que requiere frío en la primeras etapas de crecimiento y temperaturas elevadas en la maduración, de acuerdo a tales necesidades para definir la aptitud del clima en términos de requerimientos térmicos, se utilizan dos índices: a) la temperatura media del mes más frío –como medida de la posibilidad de satisfacción de las exigencias de frío de los distintos cultivares-, y, b) la temperatura media durante la espigazón y la maduración.

De acuerdo al primer criterio, en la medida que la temperatura media del mes más frío es superior a 10°C en todo el país, el agroclima se considera sin frío y por lo tanto no existe variación regional en Uruguay. Cuando se considera el segundo criterio, la temperatura en espigazón-maduración, correspondiente a los meses de octubre, noviembre (y diciembre) en las condiciones uruguayas; el país se divide en dos grandes zonas: a) una donde la temperatura media del período es mayor a los 20°C –agroclima cálido- que incluye la totalidad de los departamentos de Artigas, Paysandú, Río Negro. Rivera, Salto y Tacuarembó y más de dos tercios del departamento de Soriano, salvo el sudeste del mismo, así como el norte de los departamentos de Durazno y Flores; b) en la cual la temperatura media del período es menor a 20°C –agroclima templado-, que

incluye por lo tanto el resto del país Corsi (1982), Burgos y Corsi, citados por UDELAR (URUGUAY). FA (1990).

En segundo lugar, considerando los requerimientos hídricos, las regiones hidrológicas se han definido mediante la magnitud del exceso o la deficiencia de agua durante el período de alrededor de treinta días en que ocurre la espigazón. En el hemisferio sur se estima que la misma ocurre entre mediados de setiembre y mediados de octubre en la faja limitada por los paralelos de 30°-32° de latitud sur, y a lo largo de octubre en la faja siguiente limitada por los paralelos de 32°-35° de latitud sur. De acuerdo a ese índice y mediante la utilización del balance hídrico se pueden definir tres zonas para las condiciones de Uruguay: a) la primera donde el exceso hídrico es menor a 25 mm –agroclima sub húmedo-húmedo-, que incluye los departamentos al sur del río Negro, así como la totalidad del departamento de Río Negro y el sudoeste de los departamentos de Paysandú y Tacuarembó; b) la siguiente donde el exceso hídrico es intermedio (26 mm - 50 mm) –agroclima húmedo-, que incluye la mayor parte de Artigas –salvo el sudeste- y Salto –salvo el nordeste-, así como el resto de Paysandú y Tacuarembó –salvo el nordeste-; y c) la tercera en la cual el exceso supera los 50 mm – agroclima muy húmedo-, e incluyen el departamento de Rivera y las porciones citadas de los departamentos de Artigas, Salto y Tacuarembó que quedan fuera de la zona anterior, Corsi (1982), Burgos y Corsi, citados por UDELAR (URUGUAY). FA (1990).

Si se superponen las zonas definidas de acuerdo a los requerimientos térmicos con aquellas definidas por los requerimientos hídricos, se obtienen cuatro regiones de aptitud agroclimática para el cultivo de trigo, que de acuerdo al autor, serían aplicables también a los cultivos de cebada y lino dados sus similares requerimientos bioclimáticos. La primera región (I) que integra temperaturas medias menor de 20°C durante la espigazón-maduración con excesos de agua menores a 25 mm en espigazón, incluye el grueso del país al sur del río Negro, salvo el norte de Durazno y Flores pero solo el sudeste de Soriano. La segunda región (II), donde el exceso de humedad sería similar al anterior pero la temperatura media del período espigazón-maduración es mayor a 20°C, incluye el resto del sur del país más el departamento de Río Negro. La tercera región (III) tiene la misma temperatura del período espigazón-maduración que la anterior, pero el exceso de agua durante la espigazón ya estaría en el rango 25 mm – 50 mm, allí se incluyen las áreas citadas en la zona b' de la descripción de requerimientos hídricos, o sea la mayor parte de Artigas, Paysandú, Salto y Tacuarembó. La cuarta región (IV) integra las mismas temperaturas medias en espigazón-maduración que las dos anteriores, junto a un exceso hídrico que supera los 50 mm. El citado orden sería el orden preferencial, o sea que desde el punto de vista agroclimático, en la medida que se pasa de la primera a la cuarta región, disminuyen las bondades para la producción de cebada y trigo.

El trabajo de regionalización agroclimática para cultivos realizado hace tres décadas por Corsi (1982), incluyó datos de diecinueve estaciones agrometeorológicas o

meteorológicas de diecisiete localidades distribuidas en quince departamentos. Para el cálculo del balance hídrico -estimado por el método de Thornthwaite y Mather (Corsi, 1982)- se consideró una capacidad de almacenaje de agua en el suelo de 125 mm. Justamente allí están las más visibles limitantes de la información generada. Aunque no se cita, es de suponer que se consideró una bases de datos de parámetros climáticos del período 1951-1980, la cual -de ser actualizado el trabajo no tendría superposición alguna con una base de datos más reciente (1981-2010). En segundo lugar se consideró una capacidad de almacenaje de agua de 125 mm por corresponder -tal como cita su autor- al promedio de los suelos con aptitud agrícola de Uruguay (Corsi, 1982). Aún sin considerar las tierras principalmente agrícolas ubicadas fuera del litoral medio y del litoral sur, el agua potencialmente disponible neta varía en torno a 100,0 mm de las unidades Bacacúa y Chapicuy hasta los 156,1 mm de la unidad La Carolina, si se agregan unidades ubicadas en el litoral oeste no incluidas dentro de ningún orden de tierras agrícolas tales como Bañado de Farrapos o Villa Soriano, las capacidades de almacenaje de agua llegan al entorno de 173,1 mm – 178,7 mm (Molfino y Califra, 2001). El promedio (no ponderado) puede estar bien, pero la variación no deja de ser importante.

2.2.1.3. Cultivo antecesor

En la zafra agrícola 2006/2007 en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Paysandú-Uruguay) se realizó un experimento con el objetivo general de “*reducir las necesidades de fertilizantes nitrogenados en secuencias agrícolas sin laboreo a través de la incorporación de leguminosas anuales en los tiempos improproductivos de la rotación*” y a su vez cuantificar el efecto de la leguminosa de cobertura y de los cultivos de verano antecesores en cuanto a las malezas y enfermedades en el sistema (Fratti y Pereyra, 2007). Las evaluaciones se realizaron en el período de barbecho y a lo largo del desarrollo del cultivo de trigo sembrado. La información generada permite visualizar para las condiciones del ensayo el efecto de distintos antecesores en la dinámica del nitrógeno, resultados que se pueden analizar más allá de cual sea el cultivo de invierno sembrado, y en segundo lugar determinar los efectos de los diferentes antecesores y de niveles variables de nitrógeno como fertilizante en el comportamiento productivo del cultivo de trigo.

Los antecesores evaluados determinaron seis tratamientos distintos a saber: a) maíz de primera (*Zea mays*), b) girasol de segunda (*Helianthus annuus*), c) soja de segunda (*Glicine max*), d) moha de segunda (*Setaria itálica*), e) trébol rojo (*Trifolium pratense*) –sembrado el año anterior consociado con trigo- y f) rastrojo de trigo (*Triticum aestivum*). Los cultivos de segunda fueron sembrados luego de trigo, mientras que el maíz de primera fue sembrado luego de trébol alejandrino. En el cultivo de trigo sembrado –el 6 de julio de 2006 con el cultivar Bio INTA 1001- luego de cada

antecesor, se evaluaron cuatro niveles de nitrógeno (0, 20, 40 y 60 unidades), la fertilización nitrogenada se realizó mediante el agregado de urea al inicio del macollaje del cultivo en el estadio fenológico Z 2.2. Mientras el cultivo de maíz fue cosechado el 15 de marzo de 2006, los cultivos de girasol y soja, así como la moha y el trébol rojo fueron cosechados el 15 de abril del mismo año. En el trébol rojo se hizo una aplicación de 2-4 D entonces y más tarde el 10 de junio se aplicó fluoxypyr-meptil –como Starane- a los efectos de “eliminarlo” (Fratti y Pereyra, 2007).

Los resultados sobre la evolución del nivel de N-NO₃ en los primeros veinte centímetros del suelo indican que: a) el nivel de nitratos fue creciente entre el 18 de abril y el 13 de mayo -cuando se situó en el rango 12 ppm-25 ppm-, osciló en niveles altos hasta el segundo pico el 1 de junio –en el rango 12 ppm-30 ppm-, descendió hasta el período 13 de junio-31 de junio según antecesores –cuando se situó en torno a 5 ppm- y aumentó hasta la última evaluación el 30 de julio –en el rango 5 ppm-10 ppm-; b) la segunda caída a lo largo de las tres semanas siguientes al 1 de junio se atribuyó sobretodo a pérdidas por lavado debido a una lluvia de 102 mm ocurrida entonces; c) los niveles de nitrato del antecesor maíz estuvieron por encima del resto de los antecesores todo el período de evaluación; d) existieron diferencias significativas ($P < 0,05$) del antecesor maíz sobre el resto de los antecesores en las siguientes fechas: 18 de abril, 13 de mayo, el 24 de mayo, el 13 de junio y el 30 de julio, y sobre todos menos moha el 2 de junio (Fratti y Pereyra, 2007).

El conjunto de los datos indica que a lo largo de las primeras dos semanas post-cosecha de los antecesores –entre mediados y fines de abril- los niveles de nitratos en el antecesor maíz fueron superiores ($P < 0,05$) debido según los autores a su cosecha un mes antes que la del resto. Luego y dado que los niveles de nitrato siguieron creciendo, las diferencias se redujeron ($P < 0,23$) sobre el 13 de mayo pero volvieron a ser significativas el 24 de mayo luego de una caída general y se mantuvieron tanto en niveles crecientes como decrecientes de nitratos hasta el 13 de junio inclusive. Y aunque las diferencias se disolvieron sobre el 30 de junio, se volvieron a detectar un mes después. Los autores interpretaron las diferencias de largo plazo en el antecesor maíz sobre el resto como resultado de la descomposición de la leguminosa –trébol alejandrino- que fue el antecesor del propio maíz, sembrado luego de una soja del verano anterior 2004/2005. Los bajos valores relativos y absolutos de nitratos en el antecesor trébol rojo fueron explicados por dos vías: el enmalezamiento del barbecho –no se dice que sucedió en los demás-, y que el nitrógeno se incorporaría en forma orgánica y estaría disponible en el mediano plazo (Fratti y Pereyra, 2007).

El análisis de varianza del experimento de los distintos antecesores por dosis de nitrógeno solo mostró efecto significativo de los tratamientos antecesores en dos de las once variables evaluadas, en síntesis: a) se detectaron efectos significativos ($P < 0,05$) en el número de macollos por metro cuadrado y b) efectos muy significativos ($P < 0,001$) en la biomasa del cultivo a Z 3.0, c) no se detectaron diferencias significativas en el resto

de las variables, incluyendo rendimiento en grano ni peso hectolítrico. La biomasa de trigo en Z 3.0 fue de 1.300 kg MS ha⁻¹ luego de maíz, superior (P<0,10) a aquella luego de girasol-soja -1.091 y 1.104 kg MS ha⁻¹- y estas a su vez superiores (P<0,10) a la del resto de los tratamientos. La fertilización nitrogenada tuvo efectos significativos múltiples: a) biomasa a Z 3.0 y b) biomasa a Z 6.0; c) en la tasa de crecimiento del cultivo, d) en el número de granos por metro cuadrado, e) en el peso de 1.000 granos y f) en el rendimiento en grano. La interacción entre ambas variables mostró diferencias menores o tendencias (P<0,1) en: a) la biomasa a Z 3.0, b) en la biomasa a Z 6.0 y c) en la tasa de crecimiento del cultivo; pero evidentemente las diferencias se diluyeron después (Fratti y Pereyra, 2007).

2.2.1.4. Sistema de laboreo

Las prácticas de manejo incluidas en “el laboreo del suelo” tienen por objetivo lograr un ambiente productivo adecuado para al cultivo que se va a instalar. La “época de arada” o en términos más generales el conjunto de actividades de laboreo, es una variable de manejo que determina (o tiende a determinar) la disponibilidad de nutrientes, el nivel de enmalezamiento y la calidad de la sementera. Si las actividades preparatorias de la sementera no son totalmente satisfactorias, existen entonces otras variables de manejo que sirven para corregir los defectos remanentes y que pueden ser realizadas desde la siembra en adelante (Ernst, 1999). El mismo autor señala que en la siembra sin laboreo los efectos positivos buscados para lograr un adecuado ambiente para el cultivo, deben ser logrados a través de estrategias de manejo distintas a aquellas que se alcanzaban con las sucesivas pasadas de herramientas en el laboreo mecánico. A su vez tal como muestran los resultados de investigación, existe una interacción entre disponibilidad de nutrientes y nivel de enmalezamiento.

Las variables que explican las respuestas de rendimiento para cada factor de manejo del laboreo del suelo –en primer lugar- y la práctica que puede corregir el problema desde la siembra en adelante (entre paréntesis) son de acuerdo a Ernst (1999), los siguientes: a) Época de arada: disponibilidad de nitrógeno (fertilización nitrogenada), b) Profundidad de laboreo: suela de arada (?), c) Número de laboreos: control de malezas (aplicación de herbicida), d) Manejo del rastrojo: fertilidad del suelo, cantidad de rastrojo, tipo de rastrojo, época de laboreo, ... (fertilización nitrogenada), e) Tipo de implemento: control de malezas (aplicación de herbicida). Como se observa, salvo la suela de arada para la cual no se visualiza una variable correctora que no implique alguna forma de intervención mecánica sobre el suelo, la demás variables que explican la respuesta en rendimiento, están relacionadas directa o indirectamente a la disponibilidad de nitrógeno y a un ambiente sin malezas.

En la sección “Los cambios tecnológicos asociados” se presentaron las razones que inicialmente generaron el cambio desde el laboreo mecánico a la siembra directa. Según se sostuvo entonces –en la segunda mitad de los noventa-, las razones de la adopción –que estaba en una fase de rápido crecimiento sobre fines de la década- fueron de origen económico. Los presupuestos parciales por cultivo, indicaban en ese entonces menores costos de la siembra directa frente al laboreo convencional (FUCREA, citado por García Prechac, 2001). A su vez como los rendimientos obtenidos en siembra directa fueron iguales o mejores que los obtenidos en laboreo convencional, el cambio tecnológico mejoró la rentabilidad de las empresas (Scarlatto et al., citados por García Prechac, 2001). Sin embargo tal como sostuvo Ernst (2001) “*la siembra sin laboreo no se desarrolló para mejorar el rendimiento de los cultivos, sino para conservar el potencial productivo del suelo*”, el cual justamente es el factor que determina la diferencia de producción en el largo plazo. Sin embargo de acuerdo al mismo autor, la adopción generalizada de la siembra sin laboreo dependía de la existencia de conocimientos técnicos tales que hicieran posible alcanzar desde el comienzo un nivel productivo comparable al de la tecnología que se pretendía sustituir.

Sobre los efectos en la productividad de los cultivos, ya sobre fines del siglo pasado, las conclusiones de los resultados del experimento de largo plazo comenzado en 1992/1993 en la Estación Experimental Mario A. Casinoni (Paysandú-Uruguay) indicaban: “*luego de siete años de comparación de rendimientos entre cultivos sembrados con y sin laboreo, no se detectaron diferencias significativas en el rendimiento acumulado de granos*”. A esa altura cuando se compararon los rendimientos de grano acumulados en los tres sistemas, de menor a mayor los resultados fueron: a) 7.618 kg.ha⁻¹ en la rotación cultivos-pasturas con laboreo, b) 8.056 kg.ha⁻¹ en agricultura continua sin laboreo, y c) 9.152 kg.ha⁻¹ en la rotación cultivos-pasturas sin laboreo. Las diferencias encontradas solo fueron estadísticamente significativas (P=0,05) entre los tratamientos extremos. En la comparación de los sistemas de agricultura continúa, la producción acumulada desde febrero de 1993 hasta febrero de 2000 fue de 30.168 kg.ha⁻¹ en la agricultura continúa con laboreo, y 32.330 kg.ha⁻¹ en la agricultura continúa sin laboreo (Ernst, 2000).

Con el objetivo de visualizar el resto de los efectos derivados de la implementación de la siembra sin laboreo, y en particular sobre sus efectos en el control de la erosión hídrica, se incluye el cuadro siguiente donde de acuerdo a Ernst (2003), se resume la distribución de uso del suelo en cinco sistemas de producción agrícola que a su vez ilustran una parte sustancial de los cambios ocurridos en la agricultura extensiva a lo largo de más de un siglo. La relevancia de los datos está –dependiendo de cual/es sea/n la/s variable/s de interés- en: a) la proporción del tiempo en la cual el suelo permanece desnudo, b) la proporción el tiempo bajo uso productivo (cultivos y/o pasturas), c) la sustitución del laboreo mecánico por la siembra sin laboreo, y d) la proporción del tiempo con rastros sobre el suelo. Son la reducción del tiempo en la cual el suelo permanece desnudo sumada a la ausencia de laboreo mecánico y la

permanencia de los rastrojos en superficie, las que en primera instancia tienen un impacto en el control de la erosión.

Cuadro 5 - Uso del suelo (%) y período dominante según sistema de producción agrícola

Modelo agrícola	Período dominante	Uso del suelo ¹ (%)			
		Suelo desnudo	Rastrojos	Cultivos	Pasturas
Agricultura continua con laboreo	Hasta 1970	42	8	50	0
Pastura-trigo/barbecho con laboreo	1970-1990	25	4	21	50
Pastura/doble cultivo+quema de rastrojos	1990+	12	0	38	50
Pastura/doble cultivo sin laboreo ²	1995+	0	12	38	50
Agricultura continua sin laboreo ²	¿?	0	24	76	0

Referencias: 1 = en una período de ocho años. 2 = sin quema de rastrojos. + = en adelante.

Fuente: Ernst (2003).

Pero en la medida que en el último sistema sin pasturas y sin suelo desnudo, la cuarta parte del tiempo el suelo está cubierto por rastrojos, deben responderse cuatro preguntas sobre los mismos: 1) ¿cuáles son las cantidades?, 2) ¿cuál es su constitución? y 3) ¿cuánto tiempo permanecen?, y 4) ¿en que estaciones del año?. Las respuestas simultáneas a tales preguntas se pueden explorar en un diverso conjunto de experimentos o modelizaciones. En particular en el cuadro siguiente se presentan las estimaciones de pérdida de suelo por erosión mediante la utilización del modelo USLE/RUSLE (Clerici et al., 2004), que aún más allá de las limitantes asociadas al ajuste fino del modelo, presentan las tasas de erosión para tres suelos agrícolas típicos del litoral oeste –y del centro sur del país en el caso de La Carolina- para un muy diverso conjunto de rotaciones y dos sistemas de manejo de suelos. Las estimaciones se realizaron considerando pendientes de 3% y 100 m de largo de ladera, donde todas las operaciones sean realizadas a favor de la pendiente. Lamentablemente el estado actual de la presente investigación no permite reconstruir secuencias de uso del suelo mayores a dos actividades sucesivas y/o dos inviernos o dos veranos, y por lo tanto no es posible estimar pérdidas equivalentes para las chacras comerciales disponibles.

Cuadro 6 - Pérdida de suelo ($\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$) por sistema de manejo según rotación para suelos de distintas unidades

Rotación	Unidad de suelos	Suelo	Pérdida de suelo ($\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$)	
			Siembra directa	Laboreo reducido
Soja (continua)	CñN	Brunosol	25,6	45,0
	Yg	Brunosol	14,3	25,2
	LC	Vertisol	16,6	29,2
Soja-Trigo	CñN	Brunosol	11,9	34,9
	Yg	Brunosol	6,6	19,5
	LC	Vertisol	7,7	22,6
Soja-Cobertura	CñN	Brunosol	13,7	22,4
	Yg	Brunosol	7,7	12,5
	LC	Vertisol	8,1	14,5
M-S-T/p-P-P	CñN	Brunosol	5,7	10,4
	Yg	Brunosol	3,2	5,8
	LC	Vertisol	3,7	6,7
M-S-T/p-P-P-P	CñN	Brunosol	4,9	8,8
	Yg	Brunosol	2,8	5,0
	LC	Vertisol	3,2	5,7
M-S-T-S-T/p-P-P	CñN	Brunosol	6,6	12,6
	Yg	Brunosol	3,7	7,1
	LC	Vertisol	4,3	8,2
M-S-T-S-T/p-P-P-P	CñN	Brunosol	5,7	10,9
	Yg	Brunosol	3,2	6,1
	LC	Vertisol	3,7	7,1

Referencias: M = maíz, S = soja, T = trigo, P = pradera sembrada, C = cobertura de raigrás. Las celdas sombreadas indican todas las situaciones donde se supera la tolerancia a la pérdida de suelo establecida en $7 \text{ tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$

Fuente: Clerici et al. (2004).

Antes de discutir los resultados, se debe recordar que los brunosoles dominantes de la unidad Cañada Nieto tienen pendientes en el rango 3% - 12% mientras que los brunosoles asociados presentan pendientes más suaves en el rango 1% - 3%; los brunosoles dominantes de la unidad Young muestran pendientes suaves a moderadas (1% - 6%) mientras que los brunosoles asociados tienen pendientes mayores, en el rango 3% - 12%; finalmente los vertisoles de la unidad La Carolina tienen pendientes suaves (1% - 3%), que pueden llegar a moderadas en los brunosoles dominantes y asociados que no fueron evaluados en la oportunidad (URUGUAY. MAP. DSF, 1976). Es decir que mientras en algunos casos en las variables condiciones de chacras los resultados pueden mejorar, en varios casos puede ocurrir lo contrario. Yendo a los datos y tal como se visualiza en la tabla, salvo en los brunosoles de la unidad Young donde la pérdida estimada queda apenas por debajo del límite de tolerancia, en el resto de las suelos todas las rotaciones de soja continua, soja-trigo y soja-cobertura, permitirían pérdidas por encima de los límites tolerables tanto en laboreo reducido como en siembra directa. El

caso es que las citadas unidades suman más de 800.000 ha de tierras agrícolas, entre las cuales posiblemente más de la mitad sean los brunosoles y vertisoles utilizados en la modelización de las pérdidas estimadas; elaborado con datos de URUGUAY. MAP. DSF (1979), Durán (1991).

En la otra punta todas las rotaciones que en siembra directa incluyen pasturas sembradas quedan por debajo del límite de tolerancia a la pérdida de suelos. Pero esos resultados que son positivos tienen dos grandes problemas, primero que tal como se dijo todas las rotaciones incluyen pasturas, o sea allí no hay agricultura continua; y segundo, esta es una limitante más general aún, la soja no pasa de ocupar un tercio (28,6%) del tiempo o un tercio de la superficie en la rotación más sojera de las cuatro modelizadas. Justamente son esas rotaciones pasturas-cultivos más sojeras, las que quedan entre las que superan los límites de tolerancia en el manejo de suelos con laboreo reducido. En este sistema de manejo, solo las rotaciones más largas con no más de una cuarta parte del tiempo ocupado por soja, o rotaciones más cortas con hasta una quinta parte del tiempo bajo soja -y aún no en todos los suelos evaluados-, quedan por debajo del nivel crítico de pérdida de suelo. Finalmente en la unidad Cañada Nieto, ninguna de las rotaciones evaluadas soporta la pérdida de suelos tolerable si el sistema de manejo de suelos es el laboreo reducido, siendo esta una unidad de suelos ampliamente extendida en el litoral sur del país.

2.2.1.5. Duración del barbecho

En términos promedio para las condiciones de la agricultura uruguaya, *“la disponibilidad de nitrógeno en el suelo (N-NO₃) es baja en invierno, aumenta hacia primavera-verano y vuelve a disminuir desde el otoño hasta el invierno inclusive”* (Ernst, 1999). Son el aporte potencial del suelo y las condiciones climáticas reinantes, las que finalmente determinan los valores absolutos. En cultivos de invierno, el laboreo mecánico a través de su efecto en la tasa de mineralización, aumenta la disponibilidad de nitrógeno mineral. Si existe alta cantidad de rastrojos de difícil descomposición, los laboreos tardíos –pasado el mes de mayo-, determinan baja disponibilidad de nitrógeno (N-NO₃) en el momento de la siembra debido a la inmovilización del nutriente (Ernst, 1999).

La cantidad y el tipo de rastrojo, y las condiciones del ambiente en el cual se descompone, incluyendo la fertilidad natural y la condición física del suelo en ese entorno, y la temperatura y la humedad en general, determinarán la velocidad de descomposición. Los rastrojos más ricos en nitrógeno (más de 1,5% como en soja), se descompondrán con rapidez y sin necesidad de nitrógeno adicional del suelo; en el otro extremo los rastrojos de cereales (menos de 1,0% de nitrógeno), generarán una inmovilización temporaria de nitrógeno. En el cuadro siguiente se presentan los períodos

óptimos de barbecho (días) para distintos antecesores, diferentes condiciones de chacra y manejos del rastrojo. En el resumen, son suficientes 50-60 días de barbecho en chacras nuevas, con alta fertilidad natural, o en rastrojos de fácil descomposición; mientras que en chacras viejas o de baja fertilidad pueden ser necesarios 120 días, de acuerdo al tipo y cantidad de rastrojo (Ernst y Siri, 1995).

Cuadro 7 - Tiempo óptimo de barbecho (días) para distintas situaciones

No.	Situación	Chacra	Rastrojo	Tiempo (días)
1	Girasol	vieja	incorporado	60
2	Girasol	-	-	45-60
3	Sorgo	baja fertilidad	-	85-120
4	Sorgo	alta fertilidad	-	60-85
5	Sorgo	vieja	incorporado	120
6	Sorgo	vieja	retirado	85
7	Sorgo	nueva	incorporado	60
8	Sorgo	nueva	retirado	42
9	Sorgo	pradera	incorporado	50
10	Trigo	vieja	incorporado	50
11	Trigo	nueva	incorporado	50
12	Trigo	nueva	incorporado	60
13	Trigo	nueva	incorporado	60
14	Trigo	nueva	incorporado	65
15	Trigo	nueva	incorporado	70
16	Trigo	-	-	45-60
17	Pradera vieja	-	-	50-70

Referencias: 2 a 4, 16 y 17 adaptado de Ernst, citado en Ernst y Siri (2008). 1, 5 a 16 de Chao y Utermark, Ernst y Ritorni, Ernst y Torres, Ernst et al., citados por Ernst y Siri (1995).

Además el nitrógeno potencialmente acumulado, será utilizado por el cultivo dependiendo del régimen hídrico y el nivel de enmalezamiento del barbecho. Para el primer factor se determinó (Casanova, citado por Ernst, 1999) que “por cada 100 mm de lluvia en el período enero-junio, la disponibilidad de N-NO₃ a la siembra de cultivos de invierno disminuye 7 ppm (0-20 cm)”. Para el segundo factor, se determinaron iguales o mayores niveles de N-NO₃ a la siembra de trigo, con barbecho corto (40-60 días) sin malezas que con barbecho largo (100-120 días) enmalezado (Bentancur y Calero, citados por Ernst, 1999). En el caso de ausencia de laboreo mecánico, la regla general es que se debe esperar menor disponibilidad de N-NO₃; dentro de un mismo manejo de suelo es el efecto año el que determina el nivel al cual se produce la variación de N-NO₃ en el suelo.

A través del seguimiento de la evolución de N-NO₃ desde el invierno de 1996 al invierno de 1998, se observó que durante los períodos de bajas precipitaciones, la disponibilidad de N-NO₃ se ubicó por encima de los valores críticos tanto para cultivos de invierno como para cultivos de verano; por el contrario en períodos de altas precipitaciones, la disponibilidad fue baja; en cualquier caso el sistema de laboreo no logró modificar el efecto del clima, son las lluvias y la temperatura las que determinan los niveles y las tasas a lo largo del tiempo. Se concluye que en ausencia de laboreo mecánico, el aporte de nitrógeno se produce más tarde en la estación de crecimiento, o sea que la velocidad de incremento de la disponibilidad es menor, pero no así la cantidad total durante la estación de crecimiento, que sería similar (Ernst, 1999).

En los sistemas de siembra sin laboreo, *“el tiempo de barbecho definido como los días entre la aplicación del herbicida total y la siembra, es la variable determinante de la disponibilidad de N-NO₃ al momento de la siembra”*. Si se produce un enmalezamiento del barbecho, las malezas consumen el nitrógeno disponible. La duración mínima del período de barbecho está determinado por el tipo de rastrojo, como regla general se necesitan más días cuando se parte de campo natural o sorgo que si se parte de soja o trigo. Si el período de barbecho es el mismo, la disponibilidad de N-NO₃ al final del mismo quedará ordenada por cultivo antecesor, los datos para 30 días de duración del barbecho indican las siguientes disponibilidades: sorgo (12 ppm) < pradera (16 ppm) < girasol (24 ppm); con niveles de materia orgánica de 4,0% a 4,9%, el más alto en el rastrojo de sorgo (Ernst, 1999).

Adicionalmente, en los sistemas de siembra directa, el cultivo previo funciona de la misma manera que el crecimiento de malezas, dado que consumen o pueden consumir el agua y los nutrientes que se acumulan (o pueden acumularse) durante el período de preparación del suelo en los sistemas con laboreo. Aquí la diferencia sustancial está dada por el cultivo de referencia, en los cultivos que se secan a madurez fisiológica (girasol, maíz y soja) el período de barbecho está compuesto por la suma de los tiempos dados por madurez fisiológica-cosecha y cosecha-siembra del cultivo siguiente, en ausencia de enmalezamiento. Mientras que en los cultivos que llegan vivos hasta la cosecha (sorgo), el período de barbecho está compuesto solo por el segundo componente, salvo en los casos donde se decida la aplicación de un herbicida total antes de la cosecha (Ernst, 1999).

Si se vuelve más de dos décadas a los resultados de la evaluación de la disponibilidad de N-NO₃ a lo largo del período de barbecho en los manejos de suelo con laboreo mecánico, se visualiza que independientemente del tipo de herramienta de laboreo primaria –arado de discos, cincel, excéntrica-, los niveles de N-NO₃ aumentan en los primeros 30 días, para caer luego más o menos rápidamente en los 90 días siguientes, la tasa de caída es siempre mayor en 0 cm-20 cm que en 20 cm-40 cm. La regla general era (y es) que en la preparación de cultivos de invierno, si el otoño es más bien seco el laboreo temprano resulta beneficioso, pero si las lluvias son abundantes,

también lo pueden ser las pérdidas especialmente en sistemas con alta capacidad de aporte de nitrógeno. ¿Y entonces?, ¿qué se sugería hacer?; se proponía implementar barbechos cubiertos, o sea luego de un laboreo temprano reducido, sembrar un cultivo de fácil descomposición -cuando sea incorporado como abono verde- Torres et al., citados por UDELAR (URUGUAY). FA (1990). La idea con otro objetivo principal, se parece mucho a los cultivos de cobertura o puentes verdes.

Finalmente, en la comparación de los sistemas de manejo de suelos con laboreo mecánico o siembra directa; desde el punto de vista del período de duración del barbecho, la fecha de aplicación del herbicida determina el inicio del barbecho en las situaciones sin laboreo, y entonces equivale al efecto época de laboreo primario en tales sistemas de manejo. A su vez el control químico de malezas durante el período de barbecho en los sistemas de siembra directa, equivale a las tareas de laboreo secundario que tengan o persigan el mismo efecto en los sistemas de laboreo mecánico (Ernst, 1999). Se debe recordar tal como se mencionó, que en los cultivos que se secan antes de la cosecha, el período de barbecho en chacras limpias, comienza entonces cuando el cultivo deja de absorber agua y nutrientes, donde la dinámica de $N-NO_3$ queda determinada por la temperatura y las precipitaciones.

En los sistemas de siembra directa entonces, sin remoción del suelo y con los rastrojos sobre la superficie, los procesos de descomposición serán más lentos debido a que el ambiente será deficiente en nitrógeno y muy variable en temperatura y humedad. Mientras que los rastrojos de leguminosas (con baja relación C/N) son poco afectados por el lugar de descomposición -sobre la superficie o incorporado al suelo-, los rastrojos de cereales o como regla general los rastrojos con alta relación C/N tendrán una tasa de descomposición nitidamente más lenta sobre la superficie del suelo que si son incorporados al mismo. A su vez la acumulación de restos orgánicos sobre el suelo, tendrá como resultado una modificación del régimen hídrico y del régimen térmico del suelo. La humedad a distintas profundidades es mayor en siembra directa que con laboreo mecánico, siendo mayor la diferencia relativa en la capa más superficial (0-9 cm) que en la siguiente (9-15 cm). Las temperaturas del suelo a lo largo del día se suavizan con una disminución de la amplitud térmica, que es mayor con rastrojo en pie que con rastrojo picado (Ernst y Siri, 1995)

2.2.1.6. Época de siembra

Cebada cervercera

“Las siembras de junio a julio, indicadas por nuestro Instituto Fitotécnico es la que hasta ahora mejores resultados ha dado por triunfar en el promedio de los años sobre los antecedentes climáticos” (Spangenberg, citado por Castro, 1997); de acuerdo al mismo autor cuando se retrasa la siembra, se reducen los rendimientos al acortarse el período vegetativo normal (Spangenberg, citado por Mailhos y Urruty, 1995). Cuatro décadas más tarde y también para las condiciones de Uruguay, se observó una tendencia por la cual los mejores rendimientos se obtuvieron con una adecuada preparación de suelos y siembras del 15 de julio al 15 de agosto (Korn y Vila, citados por Mailhos y Urruty, 1995). Esa cita retarda la época de siembra óptima. La información proveniente de tres años de ensayos de evaluación realizados en La Estanzuela (Colonia-Uruguay), muestra que el rendimiento medio de las siembras en la segunda quincena de julio, supera en 49% al rendimiento medio de las siembras en la segunda quincena de agosto (Korn y Vila, citados por Mailhos y Urruty, 1995).

En los años siguientes (Abadié y Germán, citados por Mailhos y Urruty, 1995), utilizando nuevamente los ensayos de evaluación de La Estanzuela para el período 1980-1984, encontraron que en todos los años las siembras tempranas (junio-julio) fueron superiores a las siembras tardías (agosto). El análisis de regresión indicó que el retraso de las siembras provocó una reducción media de $17,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ en el rendimiento, a la vez que un aumento en la probabilidad de obtener niveles altos de proteína. No se cita el día a partir del cual se produce la progresiva pérdida de rendimiento señalada. Más actualmente distintos investigadores demostraron que para la mayoría de los materiales (entonces) disponibles, la mejor época de siembra se ubica en la primera quincena de julio; agregan que las épocas más tempranas son posibles en los cultivares con mayor resistencia al vuelco y a las manchas foliares, y se debía tender a épocas más tardías en los materiales que presentan mayores índices de vuelco y menor susceptibilidad a royas, (Capettini et al., citados por Mailhos y Urruty, 1995).

Es relevante agregar que entre los cultivos de invierno –especialmente en su comparación con el trigo-, la cebada se caracteriza por tener un ciclo relativamente más corto. La mayor diferencia en ciclo a espigazón encontrada para siembras de julio en La Estanzuela, entre el cultivar de ciclo más corto y el de ciclo más largo, fue de dos semanas; pero la mayor parte de los cultivares evaluados llegaban a espigazón dentro del rango de una semana (Castro, citado por Castro, 1997). El mismo autor señala que las siembras muy tempranas quedan -para los cultivares citados- limitadas por la espigazón dentro de una época con riesgos de heladas (principios a mediados de setiembre), aunque la información no es concluyente. A ese factor se suma el riesgo de daños por

ataques de aves. Para los materiales disponibles en la primera mitad de la década de 1990, se concluía que las siembras más tempranas no deben ser anteriores al mes de junio. En el otro extremo, los factores que determinan la finalización de la temporada de siembras, están asociados a las condiciones ecológicas que va a enfrentar el cultivo en sus distintas etapas de desarrollo. Así por regla general, un retraso de las siembras a partir de mediados de junio, hace que las temperaturas sean mayores sobretudo durante la etapa de llenado de grano, lo cual afecta negativamente la clasificación.

Un diverso conjunto de estudios realizados a lo largo de una década y media (Abadie y Germán para el período 1980-1984, Castro en el período 1983-1988, y Castro para el período 1988-1994, citados por Castro, 1997), que incluyen evaluaciones del efecto del retraso en la época de siembra, concluyen que por cada día de retraso de las siembras a partir del 10 de junio, el rendimiento potencial se reduce entre $15,4 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ a $18,1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Un conjunto de estudios realizados en la primera mitad de la década de 1990 en la EEMAC (Paysandú-Uruguay), indican que en la comparación de las siembras de agosto con las siembras de julio, todos los componentes de rendimiento en cebada cervecera se reducen significativamente. Los datos (Ernst et al., citados por Castro, 1997) muestran que los cambios fueron: a) macollos por metro = -28,8%, b) espigas por metro cuadrado = -14,3%, c) granos por espiga = -5,0% y d) peso de 1.000 granos = 2,1%; el rendimiento pasó de 3.531 kg ha^{-1} a 2.037 kg ha^{-1} en una reducción media de 42,3%.

Trigo

La época normal de siembra para trigo (15 de junio-15 de julio) es la que en la media de los años, produce los mayores rendimientos así como el menor coeficiente de variación, Gonnet y De León, citados por UDELAR (URUGUAY). FA (1990). En particular los resultados de ensayos experimentales realizados en La Estanzuela (Colonia-Uruguay) durante el período 1964-1976 empleando tres épocas de siembra, indican que: a) las siembras de mediados de mayo muestran menores rendimientos (2.651 kg ha^{-1}) que las de mediados de julio (3.060 kg ha^{-1}), las cuales son claramente superiores a las de mediados de agosto (2.292 kg ha^{-1}) -si se toma el rendimiento medio de las siembras de julio como 100,0, en esa escala las siembras de mayo serían 86,6 y las siembras de agosto 74,9-; b) el coeficiente de variación de los rendimientos es más bajo en las siembras de julio (20,0%), y tiende a subir tanto en las siembras de mayo (29,0%) como en las siembras de agosto (33,0%). En síntesis para el estudio realizado, la época de siembra óptima tanto por su rendimiento medio como por su mayor estabilidad, se situó en torno a mediados de julio; las siembras tempranas de mediados de mayo fueron superiores a las siembras tardías de mediados de agosto tanto por su mayor rendimiento medio como por su menor variabilidad.

2.2.1.7. Cultivares

La elección del material genético que se ha de sembrar es una entre tantas decisiones de manejo que debe tomar el productor y/o el técnico en la realización de un cultivo. La elección del cultivar tiene efectos directos e indirectos –vía las interacciones con otras variables de manejo- a lo largo del desarrollo del cultivo incluyendo su rendimiento final y posteriormente en su comportamiento industrial, Castro, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (1990). La elección del cultivar determina una mayor o menor adaptación al ambiente, que se reflejará en una cierta producción de biomasa; a su vez el cultivar tendrá efecto en la partición de la biomasa, y por ese medio en el rendimiento potencial en grano, así como la producción de forraje si hubiere sido desarrollado o pudiera ser utilizado con doble propósito o directamente para la producción de forraje. Por otra parte el material elegido tendrá incidencia en las pérdidas por enfermedades, por ataques de plagas y eventualmente por vuelco, Castro, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (1990). Asimismo y en paralelo la elección del cultivar determinará su mayor o menor competitividad con las malezas dominantes en el ambiente específico.

Existen tres aspectos adicionales relacionados a la elección del cultivar que son de distinta relevancia según los cultivos y situaciones específicas. Ellos son: a) la importancia relativa del cultivar en el conjunto de las técnicas de manejo, en la explicación de los rendimientos alcanzados, b) la eventual especificidad manejo-cultivar, o sea la adecuación del resto de las técnicas de manejo de acuerdo al material elegido, y c) el hecho de que la elección de un cultivar específico sea una medida de costo nulo, sea que “cuesta lo mismo (o prácticamente los mismo) en el trigo sembrar semilla de un cultivar o de otro”, Castro, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (1990). El autor desarrolla los factores anteriores en la elección de cultivares de trigo -tal como se enfatiza en la última línea-, pero salvo situaciones particulares, probablemente los conceptos son aplicables a una amplia gama de cultivos. Sin duda el primer factor –o sea ¿cuál es la importancia relativa del cultivar?- es relevante en todos los cultivos; probablemente el segundo por lo menos entre grupos de materiales y el tercero como regla general para la misma calidad de semilla, salvo situaciones como aquellas donde se puede elegir entre sembrar variedades o híbridos –tal es el caso del cultivo de arroz en Uruguay en la actualidad-.

Cebada cervecera

La importancia relativa de la elección del cultivar en relación a terceras técnicas de manejo, así como la eventual interacción entre las distintas variables, fue estudiada tanto para cebada cervecera como para trigo en dos trabajos realizados en la Estación

Experimental Mario A. Cassinoni (Paysandú-Uruguay) en los años 1986 y 1988 (Carrasco et al., Mailhos y Urruty, citados por UDELAR (URUGUAY). FA 1990). Las variables de manejo entonces evaluadas en cebada fueron: a) variedad sembrada (Bonita y Clipper en ambos ensayos), b) fertilización nitrogenada, c) fertilización fosfatada, d) control de malezas y e) época de siembra –solo en 1988-. El año 1986 fue limitante para el desarrollo del cultivo por razones climáticas, mientras que el año 1988 presentó condiciones climáticas excelentes a nivel nacional para el cultivo. En el contexto del año 1986, solo la fertilización nitrogenada mostró efectos significativos ($P > 0,01$) sobre los rendimientos. En el contexto del año 1988, las variables con efecto significativo fueron la época de siembra y nuevamente la fertilización nitrogenada. Es decir que en ambos ensayos la variedad no muestra efectos directos para el caso de cebada cervecera en las condiciones señaladas, Castro, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (1990).

A su vez en el experimento de 1986 no hubieron diferencias significativas entre variedades en los componentes de rendimiento, salvo la cantidad de plantas por metro cuadrado -donde Bonita fue inferior a Clipper- y la cantidad de macollos por metro cuadrado -donde ocurrió lo contrario-. Tampoco existieron diferencias significativas en contenido de proteína en grano ni en la clasificación de granos (proporción de primera más segunda), aunque se identificó una tendencia ($P < 0,10$) por la cual Bonita mostró un contenido proteico en grano mayor que Clipper. En el campo de las interacciones, no se encontraron efectos significativos de las interacciones variedad por fertilización y variedad por control de malezas en el rendimiento en grano, pero la interacción variedad por fertilización por control de malezas mostró efecto significativo ($P < 0,05$) en el rendimiento. En Bonita el testigo enmalezado superó en rendimiento a los controles en el tratamiento sin nitrógeno pero con 50 unidades de fósforo, y mantuvo ese nivel para ser similar a los controles en el tratamiento con 50 unidades de nitrógeno y 50 unidades de fósforo; en Clipper el testigo superó a los controles en el tratamiento sin fertilización, fue muy bajo en el tratamiento donde Bonita se comportó muy bien y quedó por debajo de los controles en el tratamiento con 50 unidades de nitrógeno y 50 unidades de fósforo (Barbé et al., 1989a).

En el experimento de 1988 si bien tal como se dijo tampoco hubieron diferencias significativas de rendimiento entre variedades, si las hubieron ($P < 0,10$) en espigas por metro cuadrado -Clipper fue superior a Bonita-, dada aparentemente por la fertilidad de los macollos, pero en la cantidad de granos por espiga -Bonita fue superior a Clipper-, y en el peso de 1.000 granos ocurrió lo mismo. Las variedades construyeron su rendimiento por esas distintas vías. Aparentemente no se midió la cantidad de plantas por metro cuadrado y no hubieron diferencias en la cantidad de macollos por metro cuadrado, las dos variables donde se habían dado las diferencias en 1986. En el campo de las interacciones, desde la perspectiva de las variedades utilizadas solo se presentan resultados para la interacción variedad por época de siembra, la cual no fue significativa (Mailhos y Urruty, 1995). Los mismos autores recuerdan a través de los resultados de Barbé et al. (1989a) que en el cultivo de cebada el peso relativo de las interacciones

(10,2%) es menor que en el cultivo de trigo (31,1%); lo cual indicaría en términos generales que en cebada la mejora en el rendimiento se produce en una muy alta proporción en función de respuestas aditivas al manejo, que en los resultados obtenidos se deben a la fertilización (11,6%) pero sobretodo a la época de siembra (87,9%).

Aunque citada en el inicio de la sección, quedó pendiente la interacción-genotipo ambiente, la cual es relevante cuando se mira desde variables que se intentaron estudiar en la presente tesis a través de los resultados productivos de chacras comerciales. Las variables denominadas ambiente agroclimático -la misma fue definida como la localización subregional de las chacras-, aptitud agrícola general -se corresponde a la unidad de suelo en la cual se sitúa la chacra, vista según la clasificación de las tierras por capacidad de uso- (Cayssials y Alvarez, citados por Durán 1991, Cayssials y Alvarez, citados por Durán y García Prechac 2007) y aptitud agrícola específica -sería equivalente a la aptitud agrícola para cultivos de invierno o para cultivos de verano según fuere el caso- (Cayssials y Alvarez, citados por Durán, 1991); además de la variedad sembrada son eventualmente parte de la interacción señalada. Según Castro (2005), las respuestas diferenciales de distintos cultivares a lo largo de los ambientes “se denomina interacción genotipo-ambiente, y puede ser estudiada, descrita e interpretada mediante herramientas estadísticas”. La señalada interacción puede explicarse a través de las diferencias genotípicas en: a) la magnitud de la captura de recursos, la eficiencia de utilización de los mismos y/o el patrón de partición del rendimiento, b) el escape, la resistencia, la tolerancia o la susceptibilidad a los riesgos físicos, químicos o biológicos presentes en el ambiente.

Castro (2005) analizó mediante el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (Gauch, citado por Castro, 2005), dos series de datos tomados de la evaluación nacional de cultivares de cebada cervecera, pertenecientes a los años 1997-1998 y 2002-2003 (Castro et al., Vilaró et al., citados por Castro, 2005). La evaluación del período 1997-1998 incluyó 17 cultivares con dos o más años de evaluación y 15 ambientes que fueron combinaciones de localidad, época de siembra y año. Los resultados encontrados permiten visualizar agrupamientos de ambientes y de variedades siguiendo un patrón que según el autor apoya el concepto de existencia de patrones regionales de adaptación. En particular en el análisis de los ambientes, los de la localidad La Estanzuela en el sudoeste así como los de las localidades de Young y Paysandú en el norte aparecen separados entre sí y del resto, con la salvedad de la primera época de Young en 1998, la que aparece en el mismo cuadrante del biplot que Nueva Helvecia, Ombués y Tarariras. Los materiales evaluados también aparecen en grupos separados, los materiales provenientes del programa de mejoramiento genético de La Estanzuela asociados a ese ambiente, los cultivares Carumbé, Daymán y la línea LCI 534 asociados a los ambientes del norte, y Perún y Defra aparecen en las cercanías de los ambientes del tercer grupo señalado.

En la segunda serie de datos analizada, también se incluyeron los materiales con dos o más años de evaluación en el período de referencia, lo cual llevó a disponer de 11 cultivares en 10 ambientes resultado de la misma combinación antes señalada. El análisis de los resultados en este caso no permitió discernir agrupamientos asociados a regiones geográficas. Se señala que la mayoría de los ambientes se ubican en la zona central del biplot, lo cual puede asociarse con un componente de interacción reducido, y aparecen muy separados entre sí y del grueso ya señalado, tres ambientes específicos que fueron las primeras épocas de La Estanzuela y Young en 2003, así como los ensayos de Agraciada en 2002. En el caso de los cultivares evaluados, Carumbé y Daymán vuelven a aparecer asociados en el cuadrante superior derecho, al igual que las líneas de MUSA (016 y 936) en el cuadrante superior izquierdo, algunas líneas CLE –junto a Quebracho- en el cuadrante inferior derecho, mientras que Clipper en el cuadrante inferior izquierdo aparece separada de todos los materiales anteriores. En cualquier caso dada la distribución de los ambientes, no es fácil en la serie 2002-2003 encontrar ni menos validar las asociaciones aparentes de la serie 1997-1998.

Finalmente se sintetizó la información contenida en la evaluación nacional de cultivares de cebada cervecera con lo resultados del sexenio 2003-2008, pero que en realidad alcanzan a través de las medias de años por localidades por épocas, al período 2001-2008. Tomando los cultivares que fueron evaluados en por lo menos tres zafras durante el período señalado, se contabilizaron 41 cultivares –en esa contabilización están incluidos los testigos y el testigo de largo plazo (Clipper)-, entre los cuales no están 9922, Laisa y Madi que aparecen entre las variedades sembradas en las chacras de los agricultores de FUCREA utilizadas en el presente estudio. Las medias de los períodos o de los años que se presentan en unidades de productividad física, fueron calculadas a partir de las tablas donde se presentan los resultados de cada cultivar como porcentaje de la medida de los grupos de los ensayos incluidos. La tabla de resultados de evaluación conjunta por períodos no se presenta dado que la media general calculada tiene por lo menos dos limitantes: a) incluye cultivares que tiene datos de un solo período de evaluación hasta cultivares que aparecen con datos de los seis períodos analizados; y b) en la medida que los períodos se solapan, algunos datos pueden aparecer repetidos dos o tres veces. Por ello se presenta solamente la tabla que incluye las medias anuales de épocas de siembra y localidades de evaluación, la cual incluye todos los cultivares que deberían estar por lo menos en tres años del período, por lo cual se pierden los resultados del subperíodo 2001-2002 que no están disponibles.

Adicionalmente debe indicarse que los resultados presentados son los de rendimiento en grano, y no los rendimientos mediados por la clasificación de grano ni se presentan directamente resultados asociados a los principales parámetros de calidad para cebada cervecera. En cualquier caso los resultados de productividad presentados son comparables a los rendimientos de chacras comerciales disponibles. Los resultados que quedan pendientes dada su posible relevancia en la interpretación de los resultados obtenidos, son los rendimientos por épocas de siembra y los rendimientos por

localidades. Los resultados presentados en el cuadro indican que: a) las medias de los rendimientos medios experimentales de las variedades incluídas varían en el rango 3,6-5,8 $\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$; b) los rendimientos medios anuales –incluyendo épocas de siembra y localidades de evaluación-, varían en el rango 3,4-5,2 $\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$; c) salvo la media de los ensayos de la zafra 2007 -donde un solo material estuvo por encima de 4,0 $\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$ -, en todas las demás zafras las medias de los ensayos superaron las 4,0 $\text{tm ha}^{-1}\text{año}^{-1}$; d) si se toma la media de la variedad (CLE 235) con mayor rendimiento medio como 100,0; los rendimientos de las variedades -con datos disponibles- encontradas entre los agricultores de FUCREA siguen el siguiente patrón: Aromo (93,4) > Arrayán (85,0) > Serena (81,9) > Daymán (79,9) = Guaviyú (79,9) > MUSA 936 (79,6) > Carumbé (79,1) > Ceibo (76,4) > Danuta (73,4) > Perún (67,8). Tal como se observa en la tabla, no todos los cultivares incluyen datos de los seis años, y en particular Aromo y Serena no estuvieron presentes en la zafra 2007.

Cuadro 8 - Rendimiento medio (kg ha⁻¹) por período según cultivar
Cebada cervecera

No.	INIA-INASE	Zafra					Media	CV%	
		2003	2004	2005	2006	2007			2008
1	CLE 235	6.207	5.740	5.549			5.832	5,8	
2	NCL 9815		6.189	5.806	5.294		5.763	7,8	
3	<u>Aromo</u>	5.738	5.440	5.600	5.000		5.445	5,9	
4	CLE 232	6.103	5.989	5.652	5.245	3.836	5.365	17,1	
5	AMBEV488	5.477	5.590	5.446	4.657		5.292	8,1	
6	Viraró	5.007	5.390	5.703	4.853		5.238	7,3	
7	Reg30336/9		5.690	5.087	4.902		5.226	7,9	
8	LC 0135	5.529	5.290	4.830			5.216	6,8	
9	CLE250				5.918	4.425	4.963	5.102	14,8
10	4/4202/11			6.423	5.049	3.560		5.010	28,6
11	<u>Arrayán</u>	5.529	5.590	5.755	4.510	3.802	4.549	4.956	15,8
12	ND 17293	5.738		4.316	4.755			4.936	14,7
13	ND 19156			5.446	5.245	3.663		4.785	20,4
14	<u>Serena</u>		4.891	4.830	4.608			4.776	3,1
15	<u>Daymán</u>	5.738	5.440	3.956	4.314	3.871	4.654	4.662	16,6
16	<u>Guaviyú</u>		5.839	4.984	4.657	3.732	4.090	4.661	17,6
17	Ayelén		4.791	4.521				4.656	4,1
18	<u>MUSA936</u>	5.060	5.141	4.624	4.853	3.974	4.189	4.640	10,2
19	<u>Carumbé</u>	5.581	5.141	4.932	4.510	3.352	4.156	4.612	17,1
20	CLE247				5.495	3.371	4.933	4.600	23,9
21	<u>Ceibo</u>	5.007	5.091	4.778	4.020	3.767	4.067	4.455	12,8
22	AMBEV31				5.323	3.508	4.481	4.437	20,5
23	<u>Danuta</u>				4.951	3.318	4.573	4.281	20,0
24	04-59531				5.404	3.200	4.148	4.251	26,0
25	AMBEV293			4.316	4.755	3.214	4.510	4.199	16,2
26	AMBEV4				4.698	3.425	4.052	4.058	15,7
27	AMBEV23				5.133	3.203	3.787	4.041	24,5
28	<u>Perún</u>	4.277	4.143	4.265	4.118	3.283	3.626	3.952	10,3
29	Clipper	4.381	4.143	4.162	3.824	3.525	3.580	3.936	8,8
30	99-22753				4.368	3.067	3.395	3.610	18,7
	MDS 5%	683	611	602	784	588	603	645	11,8
	Media	5.216	4.991	5.138	4.902	3.456	4.270	4.662	14,6
	CV (%)	12.17			13,0	14,0	11.9	13,5	

Referencias: * las variedades subrayadas son las que coinciden con las encontradas entre los agricultores de FUCREA en el período 2007-2009.

Fuente: elaborado con datos de Castro et al. (s.f.) (incluye los resultados experimentales de evaluación de cultivares de cebada cervecera del período 2003-2008).

Trigo

Tal como se señaló, los dos trabajos antes citados realizados en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Paysandú-Uruguay) en los años 1986 y 1988, Carrasco et al., Mailhos y Urruty, citados por UDELAR (URUGUAY). FA (1990) incluyeron evaluaciones en trigo. Las variables de manejo evaluadas en trigo fueron: a) variedad sembrada (Estanzuela Cardenal y Estanzuela Dorado en 1986 y Buck Ñapucá y Buck Ombú en 1988), b) fertilización nitrogenada y fertilización fosfatada (0-0, 0-50, 50-0 y 50-50 unidades en 1986 y 0-0, 50-0, 50-50 y 100-50 unidades en 1988), d) control de malezas (testigo, control temprano y control tardío), d) control de enfermedades (testigo y control) y e) época de siembra (19/07/1988-26/08/1988) –solo en el segundo experimento-. En el contexto del año 1986, la variedad no tuvo efecto significativo en el rendimiento ($P > 0,05$), pero si lo tuvieron la interacción variedad sembrada por control de malezas y las interacciones de nivel superior. En el contexto del año 1988 por el contrario, la variedad tuvo efecto muy significativo ($P < 0,001$) y luego solo las interacciones múltiples, Castro, citado por UDELAR (URUGUAY). FA (1990). Sin embargo los autores (Mailhos y Urruty, 1995) indican que no hubieron diferencias significativas ($P < 0,05$) debidas al efecto variedad.

En el experimento de 1986, si bien no existieron diferencias significativas en los rendimientos entre Estanzuela Cardenal y Estanzuela Dorado, contra lo que era de esperar de acuerdo a los resultados nacionales donde la primera variedad superaba a la segunda (Díaz, citado por Barbé et al., 1989a), si existieron diferencias en varios componentes de rendimiento: en plantas por metro cuadrado, macollos por metro cuadrado y espigas por metro cuadrado Estanzuela Dorado fue superior ($P < 0,01$) a Estanzuela Cardenal, mientras que en espiguillas por espiga y granos por espiga ocurrió lo contrario. Tal como se anticipó se detectaron diferencias significativas ($P < 0,01$) en la interacción variedad por control de malezas; mientras Estanzuela Dorado mostró una respuesta de 600 kg ha^{-1} debida al control temprano de malezas en relación al tratamiento testigo, Estanzuela Dorado no mostró respuesta al control. La respuesta de Estanzuela Cardenal se atribuyó a la cantidad de nitrógeno absorbida sin malezas, la cual no fue diferente en Estanzuela Dorado, una variedad de mayor habilidad competitiva. En último lugar también existieron efectos significativos de: a) la interacción variedad por fertilización por control de enfermedades. Estanzuela Cardenal mostró un rendimiento superior ($P < 0,01$) para todos los niveles de fertilización en los tratamientos con control químico, un efecto que se maximiza con nitrógeno; b) la interacción variedad por fertilización por control de malezas. En Estanzuela Cardenal, el control temprano fue superior a todos los demás en todos los niveles de fertilización, en Estanzuela Dorado en tanto, existió respuesta al agregado de nitrógeno independientemente del control de malezas (Barbé et al., 1989); y c) la interacción variedad por control de malezas por control de enfermedades. En Estanzuela Cardenal la respuesta al control de las malezas fue mayor con control de enfermedades, en Estanzuela Dorado no hubo respuesta.

Como resumen y considerando todos los efectos principales analizados: a) no se hallaron efectos de la variedad sembrada, b) se detectaron diferencias muy significativas ($P < 0,01$) en el control de malezas -donde los mejores resultados se obtuvieron con control temprano mediante chlorsulfurón pre-macollaje-, c) se hallaron diferencias muy significativas ($P < 0,01$) en la fertilización -donde los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento 50-50 que fue significativamente ($P < 0,01$) superior a los demás, seguido por el tratamiento 50-0 que también superó ($P < 0,01$) a los restantes (0-0, y 0-50); la respuesta a nitrógeno fue de 9,3 kg grano/kg de nitrógeno-. d) se determinó efecto significativo ($P < 0,05$) de la aplicación de fungicida -mediante triconazol en pre-espigazón-, sin diferencias en ningún componente de rendimiento; en este caso el reducido aumento de rendimiento (+10,0%) debido a la aplicación se atribuyó a la baja incidencia de enfermedades y a la situación de bajo potencial de rendimiento (Barbé et al., 1989b). La diferente habilidad competitiva de los cultivares frente al enmalezamiento, y por ende el efecto positivo o nulo del control de malezas, parece un buen ejemplo de la especificidad cultivar-manejo mencionada al principio.

Sobre los efectos principales en trigo en el experimento de 1988, los hallazgos fueron: a) no se detectaron diferencias significativas ($P < 0,05$) debidas a la variedades utilizadas en el ensayo -Buck Ñapucá y Buck Ombú-; b) tampoco se detectaron diferencias ($P < 0,05$) debidas al control de malezas, lo cual fue explicado por la baja infestación de malezas en la chacra (153 plantas m^{-2} para el promedio del ensayo), c) la fertilización nitrogenada afectó significativamente el rendimiento ($P < 0,05$) -se obtuvo una respuesta de 7,32 kg de grano por kg de nitrógeno agregado, aunque no se presentan los resultados del tratamiento 100-50 indicado en los materiales-, aparentemente no se detectaron respuestas significativas a la fertilización fosfatada; d) se encontraron efectos significativos ($P < 0,05$) de la época de siembra, los componentes de rendimiento que explicarían la sustancial diferencia a favor de la época temprana -mediados de julio-, habrían sido la cantidad de macollos por metro cuadrado -sin diferencias en la cantidad de granos por metro cuadrado- y en el peso de 1.000 granos. Sobre las interacciones, los resultados fueron: a) la interacción variedad por época de siembra no fue significativa ($P < 0,05$); b) no se hallaron resultados sobre las demás interacciones simples; c) la interacción variedad por fertilización por época de siembra mostró efectos significativos, la variedad Buck Ombú tuvo un incremento significativo del rendimiento debida al fertilizante nitrogenado en macollaje en la primera época de siembra (Mailhos y Urruty, 1995).

Al igual que en cebada cervecera, el mismo autor (Castro, 2005) analizó mediante el modelo de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (Gauch, citado por Castro, 2005), una serie de datos tomados de la evaluación nacional de cultivares de trigo de ciclo intermedio del período 2002-2003 (Castro et al., citados por Castro, 2005). En este caso se incluyeron once cultivares presentes en todos los ensayos con dos o más años de evaluación en el período y nueve ambientes. Los resultados mostrados en el biplot correspondiente, indican que el agrupamiento de ambientes no

tuvo un patrón geográfico sino de año, el eje 1 dejó todos los ensayos de 2002 en la mitad derecha y todos los ensayos de 2003 en la mitad izquierda; se indica que la clara separación por años se explica por las condiciones ambientales de alto contraste entre ambos años, las condiciones del año 2002 llevaron a excesos hídricos y problemas sanitarios, mientras que las condiciones del año 2003 fueron óptimas para el desarrollo del cultivo. En el campo de los cultivares, los materiales más antiguos del CIAAB-INIA –Estanzuela Pelón, INIA Boyero, INIA Churrinche e INIA Mirlo- se ubicaron en la mitad izquierda del biplot, mientras que las líneas avanzadas y las líneas ORL quedaron en la mitad derecha del mismo. Baguette aparece en el cuadrante superior izquierdo, muy separado del resto de los cultivares salvo quizás Onix.

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la evaluación nacional de cultivares (Castro et al., s.f.) obtenidos por los cultivares de ciclo intermedio que fueron hallados al menos una vez entre las chacras utilizadas en la investigación. Se agrega debajo el testigo de ciclo largo utilizado en los ensayos, que de hecho es también uno de los materiales sembrados por los agricultores de FUCREA. Baguette 9 no fue encontrado en los resultados de los ensayos del citado período. Si bien se calculó una media general (así como el coeficiente de variación de los datos del período 2003-2008) para ordenar los cultivares de mayor a menor, está claro que por razones temporales es imposible que los agricultores tuvieran esa información en el momento de elegir el o los cultivares que habrían de sembrar. Por ese motivo en todos los años se incluyeron las medias del ensayo así como los valores de las mínimas diferencias significativas. A modo de ejemplo, los agricultores que sembraron trigo en la zafra agrícola 2006/2007 potencialmente tenían a su disposición los datos de los ensayos realizados hasta la zafra anterior –en nuestra tabla tres zafras-, y podían visualizar el comportamiento del cultivar en cada zafra que es una media de épocas de siembra por localidades de evaluación.

Siguiendo la situación de las siembras para la zafra 2006/2007, a modo de ejemplo Don Alberto y Carpintero que tenían resultados de dos años de evaluación, en ambos años además habían tenido rendimientos significativamente por encima de la media del ensayo, lo mismo había sucedido con ACA901 aunque con resultados de un solo año de evaluación. Biointa 1001 y Klein Chajá por su parte, se habían destacado en el ensayo del año previo a la siembra pero no así en el año anterior en el cual se habían ubicado en torno a la media del ensayo y habían quedado significativamente por debajo de los cultivares de más alto rendimiento. A la altura de las siembras de la zafra 2006/2007, Baguette 13, Churrinche y Mirlo no se habían separado significativamente jamás –en el período disponible- de la media del ensayo en cada año de la evaluación, e incluso Baguette 13 y Mirlo tuvieron rendimientos significativamente por debajo de la media del ensayo según los resultados de 2004. Aunque en cierta medida esta discusión es un adelanto de los resultados, si se vuelve a la media general calculada y se determina la asociación con la frecuencia de cada cultivar encontrada en la población de chacras analizada, el coeficiente de correlación calculado es igual a 0,415, un resultado ni muy alto ni muy bajo tal como podrían ejemplificar los casos antes escogidos.

Cuadro 9 - Rendimiento medio (kg ha⁻¹) por zafra según cultivar de trigo de ciclo intermedio sembrado por los agricultores de FUCREA (2007-2009)

No.	Cultivar	Frecuencia ¹		Zafra					Media	CV%	
		N	%	2003	2004	2005	2006	2007			2008
1	<u>Baguette11</u>	120	15,7				6.940	5.975		6.458	10,6
2	<u>IDonAlberto</u>	84	11,0		6.596	7.633	7.041	4.694	4.751	6.143	21,9
3	<u>ACA901</u>	38	5,0			7.096	6.609		4.676	6.127	20,9
4	<u>ICarpintero</u>	78	10,2		6.497	7.185	7.087	5.518	4.312	6.120	19,7
5	<u>Safira</u>	1	0,1	6.452		5.756				6.104	8,1
6	<u>KTauro</u>	15	2,0		6.800		6.396	4.884		6.027	16,8
7	<u>Onix</u>	1	0,1	7.304	6.120		6.088	3.664		5.794	26,4
8	<u>Centauro</u>	2	0,3				7.549	4.638	5.075	5.754	27,3
9	<u>KFlecha</u>	10	1,3		5.332	5.782	6.139			5.751	7,0
10	<u>IMadrugador</u>	20	2,6		5.751	6.665	6.756	4.764	4.616	5.710	17,7
11	<u>Biointa1001</u>	81	10,6		5.702	6.915	6.981	4.626	4.273	5.699	22,0
12	<u>Baguette19</u>	12	1,6			4.918	6.975	5.143		5.679	19,9
13	<u>KChajá</u>	93	12,1		5.825	6.772			4.455	5.614	29,2
14	<u>LE2354</u>	2	0,3				7.219	5.312	4.069	5.533	28,7
15	<u>Baguette13</u>	29	3,8	6.391	4.591					5.491	23,2
16	<u>ICHurrinche</u>	14	1,8	6.148	5.751	5.927	5.899	4.920	3.974	5.436	15,3
17	<u>Baguette18</u>	2	0,3			5.421	6.694	5.334	3.793	5.311	22,4
18	<u>IMirlo</u>	33	4,3	5.661	4.545	6.106	5.959	4.482	4.362	5.186	15,6
19	<u>Biointa1002</u>	15	2,0				6.190	4.951	4.400	5.180	17,7
20	<u>INogal</u>	4	0,5					6.791	3.559	5.175	44,2
21	<u>ITero</u>	3	0,4	6.209	5.571	5.057	4.559	3.368		4.953	21,7
22	<u>ICaburé</u>	1	0,1	5.539	5.204	4.043				4.929	15,9
23	<u>LE2363</u>	1	0,1					4.383	3.980	4.182	6,8
24	<u>ITijereta</u>	-	-					3.781	2.873	3.327	19,3
25	<u>Baguette9</u>	3	0,4								
		662	86,4								
	MDS 5%			609	630	720	793	875	424	675	23,5
	Media			6.087	5.513	5.900	6.305	4.784	4.112	5.450	15,5
	CV %			9	10	9	11	14	9	10	19,9
	MDS 5%				891	930	1.113		600	884	24,0
	MDS 5%				606					606	

Referencias: ¹ participación absoluta y porcentual dentro de las chacras de la población de trigo analizada, sombreado amarillo: cultivares cuya mds aplicable es la segunda presentada, sombreado naranja: cultivares cuya mds aplicable es la tercera y última, sombreado gris: cultivares incluidos como testigos en los ensayos, sombreado violeta: testigo de ciclo largo (ITijereta).

Fuente: elaborado con datos de Castro et al. (s.f.) (incluye los resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigos de ciclo intermedio del período 2003-2008).

La primera pregunta general es: ¿los ensayos mostraban diferencias significativas de rendimientos medios anuales (localidades de evaluación por épocas de siembra) entre los materiales que luego fueron sembrados por los agricultores de FUCREA?, sin dudas, en todos los años hay diferencias significativas entre los materiales más destacados y los menos destacados del grupo de los encontrados luego en las siembras. Es más, en los seis años de ensayos los materiales más destacados de este grupo superaron significativamente a la media general del ensayo. Pero la evaluación no es tan simple, la pregunta general más específica –valga el contrasentido– es: ¿el cultivar Z siempre estuvo por encima del cultivar A?. Bien, Baguette 11 en sus dos años de evaluación (2006-2007) superó significativamente a Onix, INIA Churrinche, INIA Mirlo, Biointa 1002 e INIA Tero, pero no superó por ejemplo a INIA Carpintero, Baguette 19 o LE2354. Y además como se recordará más adelante solo se están mirando los rendimientos medios anuales, sin incluir las aperturas de esa media, ni mucho menos los resultados en calidad de grano, diversas variables agronómicas o especialmente el comportamiento sanitario.

La segunda pregunta general es: ¿no habían en los ensayos de los años previos a las siembras cultivares más destacados que los mejores entre los sembrados en cada una de las zafras?. La tabla siguiente contiene parte del resto de los cultivares de ciclo intermedio evaluados en el período 2003-2008, de hecho en los resultados de los ensayos de evaluación se contabilizaron 143 cultivares evaluados, con datos en por lo menos una zafra durante los seis años. Considerando la cantidad no están todos los cultivares, por lo cual se ordenaron siguiendo el mismo criterio antes citado. Volviendo a la pregunta anterior, la respuesta es: en ninguna zafra hubieron materiales que se diferenciaron significativamente de los mejores materiales sembrados –aunque sí de los peores claro está–; es más, solo en uno de los seis años hubo un cultivar que ese año tuvo un rendimiento medio de los ensayos que fue superior al mejor de los materiales sembrados –la diferencia no fue significativa como se dijo–. Finalmente, ¿tenían los agricultores información adicional?: así es, se disponía entonces de los resultados conjuntos (años de ensayo por épocas de siembra por localidades de evaluación) de los períodos de tres años, así como se disponía del comportamiento de cada cultivar en cada época de siembra y en cada localidad de evaluación.

Cuadro 10 - Rendimiento medio (kg ha⁻¹) por zafra según cultivar de trigo.
Materiales de trigo de ciclo intermedio en los ensayos de evaluación de cultivares⁰

No.	Cultivar	Zafra					Media	CV%	
		2003	2004	2005	2006	2007			2008
1	FD02112				7.651		7.651		
2	EXPACA-1044.4				7.602		7.602		
3	EXP ACA-523,02			7.304			7.304		
4	ORL03165				7.584	6.251	6.918	13,63	
5	JN 1005			6.812			6.812		
6	FAD 4056				6.761		6.761		
7	LE 2344			6.747			6.747		
8	LE 2342			6.961	6.469		6.715	5,18	
9	NT 606				6.684		6.684		
10	Condor			6.659			6.659		
11	EXPACA-591.2				6.618		6.618		
12	EXPACA-586.2				6.574		6.574		
13	NT 504			6.483	6.502		6.493	0,21	
14	ACA – 315				6.415		6.415		
15	ORL00382			6.260	6.490		6.375	2,55	
16	LE 2352				6.341		6.341		
17	NT 604				6.331		6.331		
18	EXPACA-523.2				6.306		6.306		
19	FAD 4046				6.236		6.236		
20	NT 605				6.217		6.217		
21	FAD 4016				6.161		6.161		
22	FAD 4026				6.157		6.157		
23	LE 2319	6.148					6.148		
24	ORL00384		6.135				6.135		
25	ORL98204	6.452		5.756			6.104	8,07	
	MDS 5%	609	630	720	793	875	424	675	23,5
	Media	6.087	5.513	5.900	6.305	4.784	4.112	5.450	15,5
	CV %	9	10	9	11	14	9	10	19,9
	MDS 5%		891	930	1.113		600	884	24,0
	MDS 5%		606					606	

Referencias: ⁰ son los primeros veinticinco materiales (ordenados por la media general) entre los no sembrados por los agricultores, sombreado amarillo: cultivares cuya mds aplicable es la segunda incluida, sombreado naranja: cultivares cuya mds aplicable está debajo en la última línea de la tabla.

Fuente: elaborado con datos de Castro et al. (s.f.) (incluye los resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigos de ciclo intermedio del período 2003-2008).

En el cuadro siguiente se presenta una lista parcial de los resultados de la evaluación nacional de cultivares (Castro et al., s.f.) obtenidos por las variedades de ciclo largo que fueron halladas al menos una vez entre las chacras utilizadas en la investigación. En la primera parte de la tabla están los cultivares encontrados entre los agricultores de FUCREA en el período 2007-2009 ordenados según la media general de los rendimientos experimentales dentro del período de evaluación. Sobre Klein Martillo en particular no hay datos de productividad, aunque aparece en los ensayos de 2007-2008 entre los cultivares para evaluación de comportamiento sanitario en surcos. En la segunda parte de la tabla se incluyen otros veintitrés materiales ordenados por la media general del período 2003-2008, en realidad como se observa varios materiales aparecen solo una vez mientras que otros fueron incluidos en hasta cuatro años. Sin contar entonces a Klein Martillo pero si incluyendo los (tres) cultivares utilizados como testigos, se contabilizaron 46 cultivares de ciclo largo entre los que aparece por lo menos una vez dentro de los seis años incluidos en el análisis; esa cantidad representa casi exactamente un tercio de la cantidad de variedades de ciclo intermedio evaluadas en el mismo período.

Las dos preguntas primarias que se pueden realizar a partir de la información presentada son: a) ¿los ensayos mostraban diferencias significativas entre los materiales sembrados?, en el período 2003-2006 y a pesar de las diferencias de hasta 700 kg ha^{-1} ocurridas en los ensayos, no hubieron diferencias significativas; en el año 2007 INIA Chimango tuvo una productividad media significativamente superior al resto salvo Klein Capricornio, entre los demás que quedaron separados por hasta 500 kg.ha^{-1} no hubieron diferencias; por último en el año 2008 Biointa 3000 mostró un rendimiento medio significativamente superior al resto, luego INIA Tijereta se separó significativamente del resto salvo de INIA Gorrión, y finalmente INIA Gorrión también se distinguió significativamente de INIA Garza. b) ¿en los ensayos de evaluación hubieron materiales que superaban a los mejores entre los sembrados?, en el período 2003-2006 ningún material superó significativamente a ninguno de los cultivares sembrados; en el año 2007 dos líneas experimentales (L2369, L2360) en su primer año de evaluación superaron a todos los materiales sembrados, esa diferencia se perdió en los ensayos del años siguiente; en el año 2008, R4001 de Bioceres S.A. –en su primer año de evaluación- superó significativamente a todos los materiales sembrados.

Cuadro 11 - Rendimiento medio (kg ha⁻¹) por zafra según variedad de trigo.
Materiales de ciclo largo en los ensayos de evaluación de cultivares

No.	Cultivar	Frecuencia		Zafra					Media	CV%	
		n	%	2003	2004	2005	2006	2007			2008
1	<u>KCapricornio</u>	7	0,9			6.536	5.644	5028		5.736	13,2
2	<u>ITijereta</u>	21	2,7	6.301	6.199	6.526	5.500	4752	3706	5.497	19,9
3	<u>IGorrión</u>	5	0,7	6.781	6.258	6.248	5.432	4604	3354	5.446	23,5
4	<u>Biointa3000</u>	2	0,3			6.401	5.683	4730	4537	5.338	16,3
5	<u>ICHimango</u>	3	0,4		5.728	6.519	5.936	5400	3101	5.337	24,6
6	<u>IGarza</u>	36	4,7	6.061	5.738	5.822	5.849	4531	2780	5.130	24,8
7	<u>KMartillo</u>	28	3,7								
	Subtotal	102	13,3								
	Sd	2	0,3								
1	LE 2284			6.601						6.601	
2	LE 2309			6.241						6.241	
3	LE 2315			6.661	6.009	5.789				6.153	7,4
4	LE 2320				6.094					6.094	
5	LE 2338					6.362	5.750			6.056	7,1
6	LE 2335					7.001	6.055	4881		5.979	17,8
7	LE 2299			5.941						5.941	
8	LE 2316			5.941						5.941	
9	KProteo				5.701	6.173	5.714			5.863	4,6
10	LE 2347						5.861			5.861	
11	LE 2330				6.391	5.476	5.636			5.834	8,4
12	LE 2306			5.821						5.821	
13	LE 2312			5.821						5.821	
14	K1129a1				5.775					5.775	
15	LE 2349						6.054	5446		5.750	7,5
16	IGavilán			6.001	5.221	6.213	5.492			5.732	7,9
17	KGaviota					6.401	5.895	4864		5.720	13,7
18	LE 2328				5.714					5.714	
19	LE 2348						5.710			5.710	
20	LE 2326				5.812	6.062	5.253			5.709	7,3
21	LE 2307			5.701						5.701	
22	ITorcaza			6.481	5.863	5.591	4.777			5.678	12,4
23	LE 2337					6.274	5.626	5069		5.656	10,7
	MDS 5%			540	576	1.091	798	524	396	654	38,3
	Media			6.001	5.458	5.853	5.444	5.009	3.685	5.242	16,0
	CV %			7,7	8,9	14,2	11,6	9,1	9,1	10,1	23,6
	MDS 5%			780	807	1.408	1.031	740	561	888	33,3

Fuente: elaborado con datos de Castro et al. (s.f.).

2.2.2. Maíz para grano

2.2.2.1. Adaptación agroclimática

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las Gramíneas, a la subfamilia de las Panicoideas, dentro de la cual se citan tres tribus para ciertos autores, Paniceae, Andropogoneae y Maydeae, o dos tribus para los cuales las dos últimas constituyen una sola tribu (Paterniani, citado por Giménez, 2010). La tribu Maydeae comprende cinco a seis generos, uno (dos) en América: *Zea*, L. (*Euchlaena*, Schard) y cuatro en Asia: *Coix*, L.; *Trilobanche*, Schench; *Polytoca*, R.Br.; y *Chionachne*, R.Br. El cultivo de maíz para grano abarca una amplia diversidad de climas y regiones, las cuales van desde el nivel del mar hasta los 4.000 m de altitud en ambos hemisferios, y ha sido cultivado en más de 160 países de cinco continentes. “*Su utilidad se ve acrecentada por una gran diversidad de hábitos de crecimiento, tipos de grano, largo de ciclo, altura de planta y productividad*” (Giménez, 2001). En particular si se consideran los rendimientos medios nacionales del último lustro con datos disponibles (2005-2009), diecinueve países no llegaron a 1.000 kg ha⁻¹ año⁻¹ -casi todos son países africanos salvo dos latinoamericanos-; mientras en el otro extremo diez países obtuvieron rendimientos medios superiores a los 10.000 kg ha⁻¹ año⁻¹, en este caso se incluyen países del Cercano Oriente, Europa, América del Sur y Oceanía (FAO, 2011). Según los mismos datos, Uruguay con sus 4.263 kg ha⁻¹ año⁻¹, separa justamente el primer tercio de la tabla de los dos tercios restantes.

La planta de maíz, como consecuencia directa de ser un cereal con un mecanismo fotosintético C4, es una planta muy eficiente en la producción de biomasa, que además tiene la capacidad de transformar más de la mitad de esa biomasa en grano. La alta capacidad productiva se adjudica a una elevada tasa fotosintética, una baja probabilidad de saturación lumínica, así como al bajo valor energético de la materia seca generada. Las características morfológicas tales como el sistema radicular, el grado de macollaje, o el sistema reproductivo son relevantes desde el punto de vista de la adaptación general y/o las prácticas de manejo en particular. El hábito generalmente superficial de desarrollo del sistema radicular condiciona su reducida tolerancia a las sequías, aunque como se indica, la profundidad real de arraigamiento depende sobretudo del pH del suelo, su grado de compactación y el tenor de humedad en el mismo. Si bien se señala que algunos materiales muestran tendencia a macollar, la selección ha ido en contra de esa propiedad, y los híbridos utilizados en la actualidad son por regla general escasamente macolladores (Giménez, 2001).

En la primera etapa germinación-emergencia, el desarrollo del maíz está condicionado básicamente por la temperatura en el suelo y la humedad del suelo. Cuando la semilla absorbe entre 30% - 40% de su peso en agua se inicia la germinación

(Sadras, 2000). La planta requiere cinco días consecutivos con temperaturas del suelo entre 10°C-12°C para que el proceso ocurra fluidamente (Giménez, 2001). Según Sadras (2000), el maíz requiere 61°C día sobre una temperatura base de 9.8°C para la emergencia. La etapa juvenil que va desde el estado V_E al estado V_6 (Ritchie y Hanway, citados por Sadras 2000, Ritchie y Hanway, citados por Giménez 2001) –en la cual el meristema apical no es sensible al fotoperíodo-, varía entre 110°C día en híbridos de ciclo corto y 390°C día en cultivares tropicales (Sadras, 2000). Giménez (2001) indica que esa etapa tardaría de cuatro a cinco semanas. Luego de esa etapa el meristema entra en una etapa inductiva mostrando una respuesta de día corto, el valor crítico es de 12 o 13 horas (Sadras, 2000). No obstante existe una gran variabilidad genotípica tanto en el umbral fotoperiódico como en la sensibilidad de la respuesta, los cultivares de ciclo largo originados por lo general en ambientes subtropicales muestran respuesta, mientras que aquellos de ciclos cortos a intermedios originados en climas templados son neutros al fotoperíodo. En la medida que durante la etapa juvenil el meristema de crecimiento permanece por debajo de la superficie del suelo, aunque el follaje sea afectado la planta puede rebrotar (Giménez, 2001).

La etapa de pre-floración va desde el estado V_6 hasta el estado V_T , para la cual se indica una duración de cuatro a cinco semanas. En la misma el meristema principal pasa de vegetativo a reproductivo, y comienza a estar sobre la superficie del suelo, por lo cual un daño serio en la estructura aérea de la planta provocará pérdidas irreparables. Durante el período indicado aumenta la actividad metabólica y en el estado V_T las plantas alcanzan su máxima altura y su máxima área foliar, ello implica que el consumo de agua y nutrientes se ve cuadruplicado en la etapa de pre-floración en relación a la etapa juvenil. La diferenciación de espiguillas estaminadas y del número potencial de granos de polen, así como del número potencial de flores y del número potencial de granos por espiga ocurren en esta etapa, por lo cual una situación de estrés o escasez de recursos puede comprometer directamente el rendimiento potencial en grano (Sadras 2000, Giménez 2001). La etapa de floración va entonces de V_T hasta R_2 , involucra cuatro eventos que son: a) emergencia de la panoja, b) alargamiento de estilos-estigmas, c) polinización, d) fecundación (Giménez, 2001).

Desde el punto de vista reproductivo, la planta de maíz es monoica diclina con fecundación cruzada, las espigas femeninas ubicadas en las posiciones axilares, están sometidas a dominancia apical por la panoja masculina. El polen producido en grandes cantidades se libera en un período de una semana, aunque su máxima producción se da en el tercer día, manteniéndose viable durante veinticuatro horas en condiciones favorables. Sin embargo en condiciones de escasos recursos, la planta prioriza la corriente de asimilatos en dirección a la panoja masculina en detrimento de la/s espiga/s, lo cual tiene como consecuencia un retraso mayor en la floración femenina. La asincronía provoca que se produzca liberación de polen en momentos que los estigmas de las flores femeninas no están receptivos. A su vez la planta de maíz muestra un hábito de crecimiento muy determinado, por lo que el conjunto de las propiedades señaladas y

frente a condiciones de estrés hídrico fundamentalmente en la etapa de floración –un período relativamente corto de entre una a dos semanas–, provocan una gran inestabilidad del índice de cosecha y en el rendimiento en grano (Giménez, 2001).

La etapa de llenado de grano va desde la fecundación hasta la madurez fisiológica, identificada por el punto negro resultante de la necrosis de los haces vasculares que constituyen la conexión del grano con la espiga. Los estados progresivos del llenado de grano van desde R_2 a R_5 antes de alcanzar la madurez fisiológica (R_6). Unas tres semanas post floración se inicia el estado de grano lechoso (R_3) en el cual el crecimiento de los granos se debe fundamentalmente a la expansión; en condiciones de estrés en este estado se afectará principalmente el peso de los granos, y secundariamente el número de granos (Sadras, 2000); aunque puede ocurrir un importante aborto de granos debido a deficiencias hídricas, nutritivas o lumínicas (Giménez, 2001). Unas tres semanas y media luego de floración los granos alcanzan el estado de grano pastoso (R_4) debido a la continua acumulación de almidón en el endosperma, en el cual ocurre la máxima tasa de llenado y representa más de la mitad del período total de llenado. Finalmente unas casi seis semanas después de floración comienza el estado de grano dentado (R_5), en este momento el marlo y las cubiertas seminales tienen un color rojo oscuro y casi todos los granos presentan dentición, los granos pierden humedad desde el ápice hacia la base. En la madurez fisiológica se alcanza el máximo peso seco de los granos, la capa de abscisión ya citada indica que se ha interrumpido el pasaje de asimilados desde la fuente a la fosa; el proceso sucede en forma progresiva desde los granos superiores hacia los inferiores en cada espiga (Sadras, 2000).

Las temperaturas cardinales para el cultivo de maíz dependen del genotipo, de la etapa fenológica y del método de cálculo utilizado, se citan 6°C a 10°C para la temperatura base, 30°C a 34°C como temperaturas óptimas y de 40°C a 44°C como temperaturas máximas. Desde el punto de vista hídrico las estimaciones realizadas en Argentina indican que el consumo de agua durante el ciclo del cultivo oscila entre 540 mm y 575 mm (Otegui, Totis de Zeljkovich et al., citados por Giménez, 2001); aunque las plantas de maíz muestran una notable sensibilidad diferencial a la falta de agua. Si las deficiencias ocurren en prefloración, floración o maduración temprana, y debido a los mecanismos antes señalados, se producen reducciones en el índice de cosecha y mermas importantes en el rendimiento en grano (Giménez, 2001). El período crítico se ubica alrededor de la floración para maíz –al igual que en girasol–, pero es un cultivo más susceptible y el período de máxima susceptibilidad es más corto que en girasol y que en soja (Andrade y Sadras, 2000b). El rendimiento de cultivos que tuvieron deficiencias hídricas severas durante treinta días centrados en floración fue solo un 13,0% del testigo regado, el índice de cosecha se derrumbó de 0,46 a 0,11 y la producción de materia seca cayó de 28 tm ha^{-1} a 15 tm ha^{-1} (Andrade y Cirilo, citados por Andrade y Sadras, 2000b).

2.2.2.2. Regionalización agroclimática

Siguiendo el mismo procedimiento general ya citado para cultivos de invierno, Corsi (1982) elaboró una regionalización para el cultivo de maíz en las condiciones agroecológicas de Uruguay. Desde el punto de vista de los requerimientos térmicos, el autor indica que la temperatura más adecuada para el crecimiento del maíz se sitúa dentro del rango 24°C-30°C y señala que el efecto de la temperatura puede ser determinado utilizando la suma térmica. En el caso del maíz, Corsi (1982) considera que la temperatura base de crecimiento es 15°C e indica que si se acumulan menos de 600 unidades térmicas en la estación de crecimiento, no hay temperatura suficiente para el desarrollo del cultivo. A partir de la suma termina desde 15°C se identifican dos grandes regiones: a) una primera cuya suma térmica supera los 1.200°C, la cual ocupa la porción del país al norte del río Negro menos el sudeste del departamento de Río Negro y el tercio sur del departamento de Tacuarembó y, b) una segunda cuya suma térmica se sitúa en el rango 600°C-1.200 °C en la estación de crecimiento y que se corresponde “grosso modo” con el resto de la superficie nacional. Sin embargo Ernst¹ indica que debe considerarse 8°C-10°C como temperatura base, por lo cual se acumulan 1.600°C en todo el país.

Desde el punto de vista de los requerimientos hídricos, Corsi (1982) señala que el maíz es un cultivo que necesita un gran suministro de agua para producir altos rendimientos y añade que “la mitad del rendimiento potencial del cultivo está comprometido por deficiencia de agua en el período de floración”. Siguiendo el conjunto de balances hídricos elaborados para nueve regiones del país y considerando una capacidad de almacenaje de agua de 125 mm, el autor concluye que en el país no hay regiones donde no ocurra una deficiencia de agua en el período estival. En ese sentido, la aptitud preferencial de los distintos ambientes para el cultivo queda ordenada según su grado de deficiencia hídrica. El autor identifica tres regiones que son: a) una primera región con una deficiencia hídrica menor a 40 mm durante el período estival, y que geográficamente se corresponde con un parche en el nordeste del país que el denomina Región Central Norte. La misma ocupa el sudeste del departamento de Artigas, el noroeste de Rivera, el norte de Tacuarembó y el este de Salto; b) una segunda región donde el déficit hídrico de verano se sitúa en el rango 40 mm-60 mm, la misma se divide en dos partes, una en el norte del país en torno a la región preferencial, salvo el tercio oeste de todos los departamento del litoral oeste y el tercio sur del departamento de Tacuarembó; y otra en el sur del país que incluye el sudeste de San José, Canelones, Maldonado y Montevideo, la mitad sur de Lavalleja y Rocha; por último c) una tercera región que incluye el resto del país.

¹ Ernst, O. 2006. Com. personal.

En la medida que los requerimientos térmicos se satisfacen en todo el territorio uruguayo, la regionalización queda determinada por los requerimientos hídricos por lo cual se correspondería con la división señalada en el párrafo anterior. Sobre la misma se deben realizar dos consideraciones de distinto signo. En primer lugar tal como fue establecido para cultivos de invierno, si bien el promedio de 125 mm puede reflejar el punto medio del rango de capacidad de almacenaje de agua de los suelos agrícolas del país, la variabilidad aún dentro de esos suelos es considerable, el grueso de las unidades de suelos agrícolas se sitúan en el rango 100 mm-150 mm (Molfino y Califra, 2001). En este mismo sentido, cuando se consideran el resto de los suelos -sin considerar su capacidad agrícola- la variabilidad en la capacidad de almacenaje aumenta, desde 20 mm-30 mm en los suelos más superficiales sobre la Cuchilla de Haedo donde el agua potencialmente disponible se ve además restringida por la rocosidad y pedregosidad, hasta 160 mm-180 mm en los suelos profundos de las unidades Rivera y Tacuarembó (Molfino y Califra, 2001).

2.2.2.3. Duración del barbecho

En los sistemas de siembras sin laboreo, el período de barbecho, -o sea el tiempo que transcurre entre la muerte de un cultivo o del tapiz y la siembra del cultivo siguiente- queda en la práctica definido por la fecha de aplicación del herbicida total y la fecha de siembra del próximo cultivo. La muerte y descomposición de los rastrojos existentes ocurre en este período, se acumula nitrógeno en el suelo -que también se puede perder-, el perfil del suelo se recarga de agua, se producen sucesivas emergencias de malezas anuales y se va preparando la sementera. El conjunto de los procesos son dependientes del tipo y la cantidad de rastrojos por una parte, y de la temperatura, la humedad y la fertilidad del suelo por otro; la mayor parte de los factores señalados varía con la época del año y el sistema de producción que se consideren. En la siembra de cultivos de verano el tiempo de barbecho incide fundamentalmente en la humedad del suelo y la acumulación de N-NO₃ (Ernst, 2000a).

En siembras de cultivos de verano cuatro son las situaciones genéricas: a) siembras sobre rastrojos de cultivos de verano del año anterior, b) siembras sobre praderas viejas, c) siembra sobre verdeos invernales o, d) siembras después de cultivos de invierno. En el primer caso -siembras sobre rastrojos de verano-, la recarga de agua del suelo se produce durante el invierno, por lo cual el manejo del barbecho debe tender a evitar la evaporación -cobertura del rastrojo-, y eliminar la transpiración -control de malezas-. En el segundo caso -siembras después de praderas viejas-, la aplicación del herbicida total está condicionada por la susceptibilidad del tapiz, en la situación de tapices estivales la aplicación debe realizarse en otoño o en primavera; la primera posibilidad lleva a un período de barbecho de 150 días -tan largo que puede permitir la siembra de un verdeo invernal-, la segunda alternativa implica retrasar la siembra del

cultivo. En el tercer caso –siembra sobre verdes invernales-, se vuelve clave la definición del período último pastoreo-siembra del cultivo de verano, aunque con diferencias en el momento de siembra del verdeo invernal, este caso se puede asimilar a la primera posibilidad del caso anterior. El cuarto caso –siembras luego de cultivos de invierno-, lleva a la situación de siembras de cultivos de segunda en condiciones potencialmente desfavorables desde le época de siembra en más (Ernst, 2000a).

Cuadro 12 - Productividad de maíz (kg ha^{-1}), humedad en el suelo y disponibilidad de nitratos (ppm) según zafra agrícola, manejo del barbecho y duración del barbecho

No.	Zafra	Manejo	Barbecho (días)	Humedad (v/v, g/g)	Nitratos (ppm)	Productividad (kg ha^{-1})
1	1996/1997	RstM-Msl	? ¹	20,x ²	-	-
2	1996/1997	RstM-Mlc	30	14,x ²	-	-
3	1996/1997	Asl-Msl	0	6,x ²	-	-
4	1997/1998	PS-Alc-Msl	30	-	-	8.856
5	1997/1998	PS-Asl-Msl	30	-	-	8.018
6	1998/1999	Msl-Bq-Msl	150	-	-	5.808
7	1998/1999	PS-Blc-Mlc	150	-	-	6.224
8	1998/1999	PS-Bq-Msl	150	-	-	6.487
9	2000/2001	Asl-Msl	(15)+50 ³	17,0a ⁴	12 ^{a4}	-
10	2000/2001	Asl-Msl	(33)+32	17,0a	8b	-
11	2000/2001	Asl-Msl	(43)+22	16,0a	4c	-
12	2000/2001	Asl-Msl	(43+10)+12	16,5 ^a	4c	-

Referencias: 1 = no se indica, 2 = valores aproximados, 3 = entre paréntesis cantidad de días de rebrote de la avena a la aplicación del glifosato luego del último pastoreo, 4 = valores seguidos de la misma letra dentro de columnas no difieren entre si ($P=0,01$). Rst = rastros, M = maíz, sl = sin laboreo, lc = laboreo convencional, PS = praderas sembradas, A = avena, Bq = barbecho químico.

Fuente: elaborado con datos de Ernst (2000a).

El cuadro anterior resume información de cuatro experimentos distintos –en cuatro zafras agrícolas- sobre el efecto de distintos manejos y períodos de barbecho sobre humedad y nitratos en suelo o directamente sobre la productividad, para maíces sembrados en octubre de cada año. Los datos de la zafra 1996/1997 muestran que tanto la siembra sin laboreo con barbecho nulo (sobre verdeo de avena) o con laboreo luego de 30 días de barbecho sobre rastrojo de maíz, no fue suficiente –en las condiciones de la zafra- para igualar la humedad del suelo a la del tratamiento con barbecho químico. En la zafra 1997/1998 los períodos de barbecho son igualmente cortos (30 días) y a pesar de la diferencia en productividad -800 kg ha^{-1} -, no hubo efecto aparente del manejo del suelo. En la zafra 1998/1999 los períodos de barbecho son igualmente largos (150 días), y en tal caso ni el cultivo antecesor ni el manejo del suelo habrían generado diferencias en la productividad del maíz. Finalmente en la zafra 2000/2001, si bien los períodos de

barbecho medios a muy cortos no generaron diferencias de humedad a la siembra del cultivo, si ocurrieron diferencias significativas en el nivel de nitratos, ya desde rebrotes de 30 días o más y barbechos de 30 días o menos. Las diferencias aparentemente impactaron en el peso por planta del cultivo de maíz y el último tratamiento en la cantidad de hojas.

2.2.2.4. Epoca de siembra

Siguiendo a Andrade y Cirilo (2000c), los cultivos se deben manejar de tal forma que los períodos más críticos para la determinación del rendimiento ocurran en momentos con condiciones favorables para el crecimiento. En las regiones de clima templado, la radiación, la temperatura y el fotoperíodo muestran una marcada variación a lo largo del año; y tal como se señaló antes las tres variables afectan sensiblemente el crecimiento y el desarrollo de los cultivos. A su vez puede decirse que si se modifican la evaporación y/o la transpiración, se ven afectados el balance hídrico del suelo y la demanda de agua por el cultivo en crecimiento. Los dos elementos claves con que cuentan los productores para que los períodos críticos ocurran en las condiciones señaladas son la decisión de la fecha de siembra y/o la elección del ciclo del cultivar. En síntesis los cambios en la fecha de siembra modifican las condiciones ambientales en las cuales se va a desarrollar el cultivo durante su estación de crecimiento.

El retraso de la época de siembra entre setiembre y diciembre en latitudes intermedias, implica aumentos progresivos en la temperatura media, un incremento del fotoperíodo medio y un rápido aumento de la radiación. En las condiciones de Balcarce (Buenos Aires-Argentina) –en torno a 37°50' de latitud sur- los máximos para el fotoperíodo y la radiación ocurren en diciembre, mientras la temperatura media del aire alcanza su máximo entre enero y febrero. En esas condiciones el tiempo siembra-emergencia se acorta desde dos a una semana entre siembras de setiembre y octubre y luego se estabiliza en menos de una semana, el tiempo emergencia-floración se reduce alrededor de una semana por cada mes de retraso en las siembras entre setiembre y diciembre –aunque a tasas decrecientes-, mientras que el tiempo floración-madurez no sufre reducciones e incluso puede incrementarse levemente hacia las fechas de siembra intermedias (octubre-noviembre). Si bien en términos relativos la mayor reducción se produce en el tiempo siembra-emergencia –entre setiembre y octubre-, en términos absolutos la reducción global del ciclo obedece al acortamiento del período emergencia-floración (Andrade, citado por Giménez, 2001).

Ahora bien, ¿cuáles son los efectos de los cambios fenológicos en la planta de maíz?, la altura de la planta aumenta entre las siembras de setiembre y noviembre para caer en las siembras de diciembre, la producción de materia seca (acumulada) entre emergencia y floración sigue el mismo patrón, mientras que la materia seca acumulada

entre floración y madurez aumenta en setiembre-octubre, y se reduce en noviembre-diciembre. En la integración de ambos períodos la materia seca total acumulada alcanza un máximo en las siembras de octubre; en las siembras de diciembre la materia seca acumulada queda muy por debajo (-20% a -30%) de las siembras de setiembre. Si se pone el foco en los componentes de rendimiento, la cantidad de espigas por unidad de superficie se reduce durante todo el período de siembras, mientras que la cantidad de granos por espiga se mantiene entre las siembras de setiembre-octubre para luego caer, por lo cual la cantidad de granos por unidad de superficie se reduce progresiva y a tasas crecientes en la medida que las siembras se retrasan. El peso de los granos se hace máximo en las siembras de setiembre-octubre, mientras que en las siembras de noviembre ya está claramente por debajo de las siembras de setiembre y continúa cayendo.

La eficiente interceptación y utilización de elevados niveles de radiación en condiciones de altas temperaturas durante la fase vegetativa en siembras tardías –en climas templados- provoca altas tasas de crecimiento del cultivo; como contraparte –sobre todo en siembras de diciembre-, durante el período floración-madurez el cultivo enfrenta niveles de radiación incidente mas bajos y linealmente decrecientes y menores temperaturas medias, lo cual provoca bajas tasas de crecimiento. En el conjunto las siembras tardías favorecen el crecimiento vegetativo mientras que las siembras tempranas favorecen el crecimiento reproductivo. Las bajas tasas de crecimiento en las dos-tres semanas post floración en siembras tardías explican el aborto de granos y la caída en la cantidad de granos viables por espiga. El período efectivo de llenado puede reducirse en siembras tardías –especialmente las de diciembre- pero sobre todo la tasa de llenado va disminuyendo gradualmente, explicando el efecto sobre el peso de los granos. Si se ve desde el conjunto de la biomasa acumulada, en las siembras tardías la misma se ve mucho menos removilizada a granos, por lo cual el índice de cosecha se reduce en el entorno de 20%-30% entre siembras de setiembre y noviembre, y en torno a 50% entre siembras de setiembre y siembras de diciembre (Andrade y Cirilo 2000c, Andrade et al., citados por Giménez 2001, Giménez 2001).

2.2.2.5. Cultivares

La elección del cultivar en maíz constituye un factor de manejo que puede tener menor o mayor importancia en función de la condición de producción en la que se puede expresar (Carrasco, 1985); en particular la elección del material genético tiene importancia solamente una vez que se han ajustado las restantes prácticas de manejo del cultivo (Giménez, 2001). Ya De León, cuarenta años atrás, citado por Carrasco (1985) indicaba que los bajos rendimientos nacionales de entonces se debían fundamentalmente a las malas e inoportunas labores de manejo y en segundo término con menor importancia al uso de variedades inadecuadas y poco productivas. Blum, citado por

Carrasco (1985) sugiere que la adaptación de un cultivar –vista como su estabilidad de rendimientos- no es otra cosa que su resistencia a la sequía; también puede ser vista como su menor o mayor sensibilidad a las deficiencias hídricas que pueden ocurrir en el período estival.

Giménez (2001) lista once-doce características principales que se deben considerar en la elección de un cultivar para la producción de maíz para grano, ellas son: a) rendimiento en grano, b) tipo y color de grano, c) ciclo, d) humedad a cosecha, e) tipo de cultivar, f) susceptibilidad a vuelco-quebrado, g) altura de la planta/altura de la espiga, h) prolificidad, i) test de frío (“cold test”), j) comportamiento sanitario, k) resistencia/tolerancia a herbicidas, y l) resistencia/tolerancia a insecticidas. El autor concluye que es el rendimiento en grano el factor de mayor relevancia en la elección del o los cultivares a sembrar y que las restantes propiedades deben considerarse en forma paralela de acuerdo a la particular situación productiva en la cual se desarrolle el cultivo. Aunque agrega que considerando que el destino para el grueso del grano de maíz es la elaboración de raciones para aves, el tipo de grano más apreciado es el de textura dura por su mayor facilidad de conservación y aquellos de colores anaranjados/colorados por su mayor contenido de pigmentes carotenoides.

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la evaluación nacional de cultivares (elaborada con datos de Ceretta s.f., Vilaró s.f.) para los cultivares de maíz que fueron hallados al menos una vez entre las chacras de los agricultores de FUCREA utilizadas en la investigación. Además de las cinco chacras que en la base de datos multizafra final no tenían constancia del cultivar sembrado (la primera línea de datos de la tabla), deben sumarse nueve cultivares que no se encontraron en los ensayos de evaluación de cultivares del período 2003-2008; entre ellos los tres cultivares que se encontraron en dos o más zafra se mantuvieron en la tabla tal cual puede observarse. Si bien se calculó una media general (así como el coeficiente de variación de los datos del período 2003-2008), en este caso los cultivares están ordenados alfabéticamente, dado que los cultivares que quedarían en el tope de la tabla fueron evaluados un solo año, mientras que en el otro extremo estarían aquellos que fueron incluidos tres a cuatro años, incluyen la zafra 2008/2009, signada por una intensa sequía que se refleja claramente en los resultados productivos.

Las tres preguntas primarias que se pueden realizar a partir de la información elaborada son: a) ¿los ensayos mostraban diferencias significativas entre los materiales sembrados?; b) ¿en los ensayos de evaluación hubieron materiales que superaban a los mejores entre los sembrados?, y c) ¿los ensayos de evaluación de los años previos a las siembras mostraban materiales que en los ensayos superaban significativamente a uno o más entre los sembrados?. La primera pregunta nos remite a la tabla a continuación. Las conclusiones son las siguientes: a) en todos los años del lustro 2003-2007 el más destacado material entre los sembrados tuvo en los ensayos diferencias significativas con uno o más de los restantes materiales sembrados; b) en el mismo período el material de

más altos rendimientos –dentro del grupo de los sembrados- nunca fue el mismo, los materiales fueron AX882MG (2003), AW190MG (2004), LT620MG (2005), I-880MG (2006) y DK699MG (2007); c) salvo DK699MG que aparece solo en 2007, el resto de los cultivares anteriores fueron utilizados entre dos a cuatro años en el período, en todos los casos y a pesar de las diferencias de productividad (545 kg ha^{-1} a 1.689 kg ha^{-1} según el año), en ningún caso quedaron significativamente por debajo del mejor del ensayo entre los sembrados.

Ahora bien, la primera pregunta puede extenderse en dos direcciones: a) los cultivares que quedaron significativamente por debajo del más destacado dentro de cada año, ¿aparecen más de una vez en esa situación?, y b) esos materiales de comportamiento relativo más pobre, ¿quedaron significativamente por debajo de la productividad media general del análisis conjunto anual?. Las respuestas: a) los materiales de peor comportamiento relativo fueron: ACA2001MG (2003), NK900TD, MASS534CL y DK747MG (2004), LT610MG.CL, MASS534CL y DK752MG.CL (2005), 31D06, 32M95, DK670MG, DK752MG.CL, I-550, NK940 y SPS2790 (2006), y todos los anteriores más NK880 menos SPS2790 (2007). En este subgrupo de trece materiales, tres fueron utilizados una sola vez en los ensayos de evaluación del período 2003-2007, entre los diez restantes, siete se repitieron en su comportamiento más pobre respecto al mejor de los sembrados dentro de los ensayos anuales. b) Si bien I-550 quedó más de dos toneladas por hectárea debajo de la media del ensayo (2007), solo NK880 – el mismo año- dentro del subgrupo quedó significativamente por debajo de la media general del análisis conjunto de su año. Es decir que estos materiales en sus años de evaluación tendieron a comportarse como materiales promedio, no estaban ni entre los de mejor ni entre los de peor comportamiento.

Cuadro 13 – Cluster, frecuencia, productividad anual (kg ha⁻¹) y media general según cultivar de maíz encontrado en chacras de agricultores CREA (2006/2007-2009/2010)

Cultivar	Cluster					f ¹ %	Zafra de evaluación						x ²	
	MB	A	MA	B	M		2003	2004	2005	2006	2007	2008		
.				4	1	3,1								
31D06		1		1		1,3				10.410	6.127	2.655	6.397	
31Y04	1	1		1	1	2,5	9.099						9.099	
32M95		2		1		1,9				11.095	6.578	2.834	6.836	
ACA2001MG					1	0,6	8.513	8.077					8.295	
AW190MG	3	3		1		4,4	9.658	9.824		8.351 ⁴	4.586		8.105	
AX882MG		1				0,6	10.203	8.523					9.363	
DK670MG		1		3	1	3,1				11.654			11.654	
DK682				2	1	1,9		7.943					7.943	
DK690	2				1	1,9								
DK699MG	3	1	1	2		4,4				10.040			10.040	
DK700MG	4			4		5,0	8.571	7.377		8.485	3.987		7.105	
DK747MG				5		3,1	6.329		12.215				9.272	
DK752MG.CL				1		0,6		5.380	11.394				8.387	
I-550		2		1	1	2,5			10.271	5.250	2.025		5.849	
I-880MG		1				0,6			13.418	9.239	4.059		8.905	
LT610MG.CL		1			4	3,1		6.308					6.308	
LT620MG		1		2		1,9		7.796	12.164				9.980	
LT625MG				1		0,6		7.152	12.240				9.696	
MASS462BT				1		0,6	9.742						9.742	
MASS494MG	1	1		1	2	3,1		8.225	7.535				7.880	
MASS534CL			1			0,6		6.504	5.402				5.953	
NK880				1		0,6					4.985	3.486	4.235	
NK900TD.MAX	6	8	3	12	8	23,1		7.010					7.010	
NK940		1				0,6				10.575	6.877	3.407	6.953	
P2053Y		4	8	2	4	11,3						4.549	4.549	
P2069Y		6	1	2	4	8,1						3.817	3.817	
P30R76		3		1		2,5								
P3207				2		1,3								
SPS2790		1		1		1,3				11.621	8.920	3.990	8.177	
Total	23	40	14	54	29	100,0								
Media del ensayo							9.330	6.971	5.804	10.494	7.388	-	7.997	
CV%							10,2	15,1	14,3	7,9	18,2	-	-	
MDS (5,0%)							1.516	2.086	1.342	1.647	2.192	-	-	

Referencias: ¹ frecuencia relativa en el conjunto de las chacras de maíz (primeras y segundas); ² media general; ³ chacras con cultivares no identificados en las bases de datos originales; ⁴ testigos referentes comerciales.

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.) (incluye los resultados experimentales de evaluación de cultivares de maíz en el período 2003-2008).

Las tablas contiguas (elaboradas con datos de Ceretta s.f., Vilaró s.f.) presentan todos los materiales incluidos por los menos un año en los ensayos de evaluación del período 2003-2008 que cumplen con la condición que en el análisis conjunto (localidades de evaluación y épocas de siembra) de los ensayos anuales, alcanzaron niveles de productividad equivalentes al 110% o más respecto a la media general del análisis conjunto. Vale decir que algunos de esos cultivares están en la tabla de los cultivares de maíz utilizados por los agricultores de FUCREA. Como puede observarse, aún sin incluir los cultivares antes citados, las tres tablas suman 114 cultivares en total; en la primera fila de la primera tabla se cuantifica la cantidad de materiales que en cada año alcanzaron rendimientos del orden del 110% respecto a la media del análisis conjunto. Esos cultivares fueron entre 13 (2003) y 38 (2004) según el año considerado; en términos relativos a la cantidad de cultivares anualmente evaluados (entre 68 y 120 en el período) variaron entre 13,4% (2003) y 37,2% (2005); en promedio poco más de una cuarta parte (28,4%) de los materiales están en esa clase.

Las tablas siguientes deberían permitir responder además las dos restantes preguntas primarias planteadas; aunque de hecho la tercera: c) ¿los ensayos de evaluación de los años previos a las siembras mostraban materiales que en los ensayos superaban significativamente a uno o más entre los sembrados?, ya fue respondida al responder la primera pregunta. La segunda pregunta indicaba: b) ¿en los ensayos de evaluación de los respectivos años hubieron materiales que superaban a los mejores entre los sembrados?. Los datos de la evaluación nacional de cultivares, indican que los mejores cultivares entre los sembrados no fueron significativamente superados por ningún otro material incluido, de hecho el año en el cual fueron el mejor material entre los sembrados, sus posiciones en los resultados del análisis anual conjunto fueron: 6° AX882MG (2003), 1° AW190MG (2004), 3° LT620MG (2005), 1° I-880MG (2006) y 1° DK699MG (2007). Tampoco fueron significativamente superados en años donde no fueron el más destacado material sembrado.

Cuadro 14 – Productividad anual (kg ha⁻¹), media general y coeficiente de variación según cultivar de maíz (31A25-AX892CL) en ensayos de evaluación de cultivares

No.	Cultivar	Zafra de evaluación					X ¹	CV%	
		2003	2004	2005	2006	2007			2008
	110%+ ²	13	38	32	17	25	25		
1	31A25		7.948				7.948		
2	31A08					8.470	8.470		
3	31B18			6.611			6.611		
4	AA 6501 EZA		7.951				7.951		
5	AA 6902 EZA	9.917	7.684				8.801	17,9	
6	AB 7001 EZA		8.449				8.449		
7	AC 6702 MG			8.301			8.301		
8	AC 6931 MG			7.463			7.463		
9	ACA 2001 MG		8.077				8.077		
10	ACA 2005 MG		7.829	6.509			7.169	13,0	
11	ACA 2007 MG		7.821				7.821		
12	ACA 467 MG					8.233	8.233		
13	AD 6903 EZA1				12.550		12.550		
14	AD 7001 EZA				12.139		12.139		
15	AE 7101 EZA				12.171		12.171		
16	AE 7301 EZA1				12.260		12.260		
17	AF 7501 EZA1						4.283	4.283	
18	AF6601 EZA 1					8.189	8.189		
19	AF6901 EZA 1					8.669	8.669		
20	AG 6905 EZA1						4.342	4.342	
21	AG 7302 EZA1						4.297	4.297	
22	AGT 4F518						4.055	4.055	
23	AW 140 MG		8.216	7.370			7.793	7,7	
24	AX 744 MG					9.192	9.192		
25	AX 820 CL MG		7.851				7.851		
26	AX 832 MG	10.681					10.681		
27	AX 842 MG		8.600				8.600		
28	AX 842 TD MAX			6.907			6.907		
29	AX 877 CL MG			7.149			7.149		
30	AX 878 MG					9.503	9.503		
31	AX 882 CL MG		8.912	7.973			8.443	7,9	
32	AX 882 HCL MG					8.950	8.950		
33	AX 882 MG	10.203	8.523				9.363	12,7	
34	AX 886 MG					9.424	4.091	6.757	55,8
35	AX 892 CL			6.579			6.579		

Referencias: ¹ media general; ² cantidad de cultivares que en el análisis conjunto de ambientes de evaluación por fechas de siembra se situaron en 110% o más respecto a la media del análisis.

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.) (incluye los resultados experimentales de evaluación de cultivares de maíz en el período 2003-2008).

Cuadro 15 – Productividad anual (kg ha⁻¹), media general y coeficiente de variación según cultivar de maíz (AX892MG-IPBx) en ensayos de evaluación de cultivares

No.	Cultivar	Zafra de evaluación					X ¹	CV%
		2003	2004	2005	2006	2007		
36	AX 892 MG			7.783			7.783	
37	AX 895 MG	9.981	8.249				9.115	13,4
38	AX 895 TD MAX			6.878			6.878	
39	C 271 MG		7.944	6.870			7.407	10,3
40	CAS RASTREADOR			6.429			6.429	
41	CEDRIC MG			6.509			6.509	
42	DK 682 (TRC)		7.943				7.943	
43	DK 682 CL		7.681	7.400			7.541	2,6
44	DK 682 MAV		8.084				8.084	
45	DK 682 MG (TRC)					8.817	8.817	
46	DK 682 MG CL	10.218	8.194				9.206	15,5
47	DK 682 MG MAV		7.954	7.245			7.600	6,6
48	DK 700 MG		8.571	7.377			7.974	10,6
49	DK 711 MG						4.462	
50	DK 747		7.811				7.811	
51	DM 2741 MG					8.928	4.039	53,3
52	EGZ 3603		7.898				7.898	
53	EM 0245 MG CL		8.324				8.324	
54	EM 0248 MG		7.959				7.959	
55	EM 8200 MG						4.586	
56	EST 1846			6.765			6.765	
57	EXP 04-3678 2					8.172	8.172	
58	EXP 0801						4.022	
59	EXP 0803						4.373	
60	EXP 11022 CL				11.730		11.730	
61	EXP 14015 MG				11.875		11.875	
62	EXP 167 TD MAX						4.222	
63	EXP 168 MG						4.478	
64	EXP 7001 MG CL		8.521				8.521	
65	EXP 745						4.201	
66	EXP KM 2008 TD MAX						4.194	
67	H 2740 MG			7.479	12.836	9.582	9.966	27,1
68	H2760 MG		7.942				7.942	
69	I-860				11.563		11.563	
70	I-902 MG				11.538		11.538	
71	IPB 860MGCL					10.027	10.027	
72	IPB 880MGCL					9.174	9.174	
73	IPB 881 MGCL					8.797	8.797	
74	IPB PAU 871 MG CL			6.556			6.556	
75	IPB PAU 880 CL			6.812			6.812	

Referencias: ¹ media general.

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.) (incluye los resultados experimentales de evaluación de cultivares de maíz en el período 2003-2008).

Cuadro 16 – Productividad anual (kg ha⁻¹), media general y coeficiente de variación según cultivar de maíz (KM3601MG CL+) en ensayos de evaluación de cultivares

No.	Cultivar	Zafra de evaluación					X ¹	CV%	
		2003	2004	2005	2006	2007			2008
76	KM 3601 MG CL						4.130	4.130	
77	LT 618 MG						4.249	4.249	
78	LT 620 MG			7.796	12.164			9.980	30,9
79	LT 622 MG				13.136	8.402		10.769	31,1
80	LT 625 MG			7.152	12.240			9.696	37,1
81	LT 630	10.046						10.046	
82	MASS 462 BT	9.742						9.742	
83	MASS 494 MG		8.225	7.535				7.880	6,2
84	MASS 504 MG CL		7.762	6.604				7.183	11,4
85	MASS 534		7.903					7.903	
86	MAVERA 400			7.781				7.781	
87	MIDAS MG CL			6.767				6.767	
88	NK 780 TD MAX			6.526				6.526	
89	NK 795 TD MAX	11.067	7.882					9.475	23,8
90	NK 830 TD MAX	10.657						10.657	
91	NK 870 TD MAX		7.694					7.694	
92	NK 900 TD MAX	9.887						9.887	
93	NK 9490 TD MAX		7.996					7.996	
94	NX 8034 TD MAX			6.722				6.722	
95	NX 8044 TD MAX			6.735				6.735	
96	NX 8456 TD MAX						4.071	4.071	
97	NX 9435 TD MAX					8.745	4.198	6.472	49,7
98	NX 9706 TD MAX				12.069			12.069	
99	NX 9752	10.781						10.781	
100	NX 9756 TD MAX						4.158	4.158	
101	NX 9766 TD MAX						4.404	4.404	
102	PAN 4Q-326 MG						4.047	4.047	
103	PAOLIS	9.790						9.790	
104	PRIMUS MG		7.744	6.445				7.095	12,9
105	RIVAL BT	9.926						9.926	
106	SPS 2603 MG CL						4.024	4.024	
107	SPS 2721 MG		7.749					7.749	
108	SPS 3700					8.613		8.613	
109	SRM 540 MG			6.640				6.640	
110	X6F669T					8.205		8.205	
111	X7F753T					9.101		9.101	
112	XPA 4207		7.653					7.653	
113	XPA 4278		7.955					7.955	
114	XPA 4278 MG		7.741					7.741	

Referencias: ¹ media general.

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.) (incluye los resultados experimentales de evaluación de cultivares de maíz en el período 2003-2008).

2.2.3. Sorgo Granífero

2.2.3.1. Adaptación agroclimática

El sorgo pertenece a la familia de las Gramíneas, dentro de la subfamilia de las Panicoideas, tal como el maíz. Si se considera que en la citada subfamilia están las tres tribus citadas para maíz (Andropogonea, Paniceae y Maydeae), el género Sorghum queda dentro de la primera tribu, al igual que el género Sacharum, por lo cual el sorgo es pariente cercano de la caña de azúcar y familiar no muy lejano del maíz (Carrasco, 2004b). Considerando que su superficie mundial actual (2009) equivale a la cuarta parte de la del cultivo de maíz, el sorgo es un cultivo ampliamente difundido a nivel mundial, cultivándose en más de cien países –casi dos tercios de la cantidad de maíz- (FAO, 2011). Si nuevamente se consideran los rendimientos medios nacionales del último lustro con datos disponibles (2005-2009), treinta y seis países no llegaron a $1.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, (casi el doble de la cantidad equivalente en maíz), tres cuartas partes de los mismos son países africanos, el resto se ubican en el centro sur y el sudoeste asiático (salvo un país centroamericano y uno europeo); mientras en el otro extremo un solo país –en el cercano oriente- (contra diez en maíz) obtuvo rendimientos medios superiores a los $10.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ (FAO, 2011). Según los mismos datos, Uruguay con sus $4.182 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, queda en el décimo lugar, tres lugares -y menos de $500,0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ - detrás de Argentina y por delante pero pegado a Estados Unidos.

La planta de sorgo tiene como la de maíz un metabolismo fotosintético tipo C4, el cual le confiere las siguientes propiedades -expresadas en términos comparativos a plantas con metabolismo fotosintético tipo C3-: a) alto punto de saturación en luz, b) máxima actividad fotosintética a temperaturas elevadas, c) alta eficiencia de uso del agua, d) alta eficiencia de uso de nitrógeno, e) bajo punto de compensación por CO_2 , y f) alto punto de compensación por luz. La altura de la planta presenta una gran variación desde variedades con 45 cm hasta las que alcanzan los 400 cm, la altura es función del número de nudos -los cuales determinan la cantidad de hojas-; el largo de los entrenudos y del pedúnculo de la panoja y de esta misma, contribuyen a la altura final (Carrasco, 2004c). El sistema radicular fibroso del sorgo desarrollado a partir de los nudos inferiores del tallo, muestra la mayor parte de su actividad radicular en un radio de 40 cm de la hilera y 90 cm de profundidad (Nakayama y Van Babel, citados por Carrasco, 2004b). La principal diferencia del sorgo con el resto de las especies es su profuso grado de ramificación radicular, el cual le permite explorar intensamente el suelo; y le confiere mayor resistencia a la deficiencias hídricas y mayor eficiencia en la utilización de nutrientes (Carrasco, 2004b).

El tiempo del período siembra-emergencia depende de la temperatura y la humedad en el suelo, de la profundidad de siembra y del vigor de la semilla. Las

siembras demasiado tempranas así como la humedad en exceso retardan la emergencia y pueden favorecer el ataque de hongos. La planta de sorgo puede tardar unos diez días luego de la emergencia en desarrollar sus primeras tres hojas y otros diez días para alcanzar sus primeras cinco hojas. Durante el desarrollo de estos estados el ápice de crecimiento está bajo la superficie del suelo y la planta puede rebrotar si sufre defoliación. Alrededor de treinta días post emergencia se produce la diferenciación del ápice de crecimiento, el cual pasa de vegetativo a reproductivo; en ese momento al estado de ocho hojas quedará definida la cantidad total de estas –que varían entre siete y diez en función del ciclo del híbrido-. El sorgo presenta una gran variación en su capacidad de macollaje, influenciada por factores genéticos (variedad) y ambientales (agua, luz y temperatura), el macollaje puede ocurrir dentro del período antes señalado –entre una hoja incompletamente expandida y seis hojas totalmente expandidas-. El nivel de macollaje presenta una relación inversa con la temperatura en los primeros treinta días del desarrollo del cultivo, si la temperatura supera los 18°C -temperatura umbral-, el sorgo no macolla o deja de macollar (Carrasco, 2004b, 2004c).

Luego de la diferenciación del ápice de crecimiento el tallo se alarga rápidamente, y la absorción de agua y nutrientes son muy activas, en torno a diez días más tarde la hoja bandera se hace visible; para ese entonces la mayor parte de las hojas están completamente expandidas y la planta presenta un 80% del área foliar total. La intercepción de luz se aproxima entonces al máximo y la absorción de nutrientes (potasio, nitrógeno, fósforo) se encuentran en una fase casi lineal (Carrasco, 2004b). Alrededor de diez días más tarde se produce el embuche, en ese momento el área foliar es máxima, el tallo ha alcanzado su altura final -salvo el pedúnculo de la panoja- y la panoja está casi completamente desarrollada. Goldworthy y Taylor, citados por Carrasco (2004c) señalan que el número de granos por panoja es una función directa del área foliar entre el estadio de iniciación floral -diferenciación del ápice de crecimiento- y la emergencia de la panoja -embuche-. El área foliar es una función de la cantidad de hojas activas durante el período más que por el tamaño individual, por lo que la duración del área foliar está condicionada por el nivel de senescencia foliar. La disponibilidad de agua y nutrientes –aunque también la anaerobiosis o las bajas temperaturas- a nivel del sistema radicular, determinará la tasa de senescencia como un mecanismo de sobrevivencia, en la medida que sea necesaria la retranslocación de nutrientes hacia las partes en crecimiento activo.

Unos diez días más tarde la planta alcanzará la floración –la cual transcurre desde el ápice a la base en cuatro a nueve días en una panoja individual (Carrasco, 2004b), seis a quince días según Doggett, citado por Carrasco (2004b). Las flores aunque con diferencias varietales se abren durante la noche, y el ritmo de floración es condicionado por la oscuridad de la noche y la temperatura. El sorgo es una especie autógama aunque siempre ocurre fecundación cruzada principalmente entre flores de una misma panoja -es más factible en panojas abiertas que en panojas compactas- y en una pequeña proporción del total, de tal modo que se puede considerar que existe un 95% de

autofecundación (Doggett, citado por Carrasco, 2004b). En la colección mundial el tamaño de la inflorescencia varía entre 10,2 cm y 50,8 cm (Wall y Ross, citados por Carrasco, 2004b); la panoja puede llevar de 1.500 a 2.000 semillas (Wall y Ross, citados por Carrasco, 2004b). A esa altura la planta ha acumulado el 50% de la materia seca total, 60% del fósforo, 70% del nitrógeno y 80% del potasio. Si bien el tiempo entre emergencia y floración dependerá del ciclo del híbrido así como de las condiciones ambientales, habitualmente equivale a dos tercios del ciclo total. Una severa deficiencia hídrica en este momento puede resultar en un pobre llenado de la panoja.

En el resto del ciclo antes de madurez fisiológica ocurre el llenado de grano, el cual transcurre por dos estadios denominado masa blanda y masa dura. Entre la floración-fecundación y el estado de masa blanda –unos diez días después-, los granos se llenan con rapidez llegando a acumular la mitad de la materia seca total. Unos quince días más tarde el sorgo alcanza el estado de masa dura, en ese momento más de las tres cuartas partes de la materia seca del grano han sido acumuladas, las hojas inferiores continúan secándose y el consumo de nutrientes ocurre a tasas muy lentas. La deficiencia de agua en este estado produce granos livianos o chuzos en función de su grado de severidad. Se indica que no existe una gran variación entre híbridos en la tasa de llenado de grano, por lo cual en ausencia de heladas tempranas y/o deficiencias hídricas severas, los híbridos de ciclo largo podrán alcanzar un mayor rendimiento debido a un período de llenado mayor. El llenado de grano depende en su mayor parte de la fotosíntesis simultánea ya que solamente entre un 10% a 12% del peso del grano depende de translocación de fotosintatos preexistentes (Carrasco, 2004b, 2004c). En particular las cuatro hojas superiores contribuyen con el 75% de los fotosintatos, por lo cual si se suma la contribución de la panoja -estimada en un 17%- (Fischer y Wilson, citados por Carrasco, 2004c), allí están las fuentes de fotosintatos para los granos en la panoja. No obstante el sorgo es capaz de compensar parcialmente una pérdida de área foliar mediante una mayor actividad fotosintética en las hojas remanentes debido a su alto punto de saturación en luz. Aunque como se dijo, el largo del ciclo es variable según el genotipo del híbrido y las condiciones ambientales, cerca de cien días después de emergencia la planta alcanza la madurez fisiológica, cuando el nivel de humedad en el grano varía entre 25% y 35% (Carrasco, 2004b).

2.2.3.2. Regionalización agroclimática

Siguiendo a Corsi (1982), al igual que para el cultivo de maíz no es posible realizar el cultivo de sorgo con menos de 600°C en la estación de crecimiento -considerando una temperatura base de 15°C-, pero aunque el sorgo tiene requerimientos de temperatura similares a los del maíz, es menos sensible a diferentes niveles de disponibilidad térmica. En este contexto y con valores por encima de los 600°C el cultivo se puede desarrollar sin restricciones. De acuerdo al autor todo el territorio del

país se sitúa por encima de los 600°C antes señalados, por lo cual desde el punto de vista térmico no hay regiones diferenciales para el cultivo. Más tarde (Carrasco, citado por Carrasco, 2004a) con datos de Downes y de Cooper, indica que las temperaturas diurnas óptimas para el crecimiento del cultivo de sorgo varían en el rango 24°C-36°C mientras que las temperaturas óptimas nocturnas se sitúan en el entorno de 15°C-18°C. Considerando ambos rangos concluye que Artigas y Colonia tendrían menor potencial de producción que Paysandú, dado que la temperatura nocturna del mes más calido supera los 18°C. A su vez indica que considerando la temperatura medida durante la estación de crecimiento, Paysandú tendría una ventaja de rendimiento del 12,0% frente a Maldonado.

En segundo lugar Carrasco (2004a) considera la disponibilidad de radiación, un factor que Corsi (1982) no había incluido en la regionalización del cultivo de sorgo -o de cualquier otro cultivo-, si bien indicaba que los criterios de regionalización utilizados se fundaron en *“las condiciones agroclimáticas de la región de origen del cultivo o de áreas donde se realizan cultivos comerciales”*. Según Carrasco, citado por Carrasco (2004a), existe una relación lineal entre el rendimiento de sorgo y la iluminación relativa, de tal manera que el rendimiento se reduce 1,0% por cada 1,0% menos de radiación. A su vez considerando la relación existente entre la radiación y la heliofanía, donde la radiación anual aumenta en líneas generales de sudeste a nordeste, mientras que la heliofanía relativa se incrementa de este a oeste (Carrasco, citado por Carrasco, 2004a), podría esperarse una diferencia de 15,0% en el rendimiento potencial entre el oeste y el este; siendo en este sentido el litoral oeste la región preferencial.

Por su parte cuando se consideran los requerimientos hídricos del cultivo, Corsi (1982) señala que el sorgo tolera deficiencias hídricas de hasta 200 mm en la estación de crecimiento y es afectado por excesos de agua mayores a 100 mm en la maduración. La tolerancia al déficit hídrico se atribuye a las siguientes propiedades de la planta de sorgo: a) un sistema radicular muy eficiente dado por una favorable relación sistema radicular/parte aérea, una importante ramificación de las raíces y mayor concentración osmótica con respecto a la planta de maíz; b) un sistema aéreo que reduce las pérdidas de agua, a través del recubrimiento céreo de hojas y tallos, mayor cutinización de la epidermis, alto número de estomas más pequeños y menos sensibles a la fluctuación del balance hídrico de la planta, y la presencia de células motoras que permiten a las hojas enrollarse frente a condiciones de estrés; y c) la planta de sorgo puede permanecer latente durante cierto tiempo en condiciones restrictivas de humedad en el suelo y reanudar el crecimiento cuando las condiciones vuelven a ser favorables (MAP-CIAAB, citado por Carrasco, 2004a).

El consumo de agua del cultivo crece exponencialmente desde emergencia hasta envainamiento y se reduce linealmente desde floración hasta madurez fisiológica (Carrasco, citado por Carrasco, 2004a). Aunque máximo consumo de agua no significa máximo daño, considerando los estudios de Lazo, citado por Carrasco (2004a) se

concluye que: a) los déficits hídricos perjudican la mayoría de los atributos vinculados a la producción (materia seca, área foliar, producción de grano), b) todos los períodos de sequía desde la fase vegetativa a la de llenado de grano, afectaron el rendimiento, que pasa de 3.446 kg ha⁻¹ en condiciones de sequía durante todo el desarrollo a 8.070 kg ha⁻¹ en condiciones de ausencia de sequía, y c) las sequías inducidas entre prefloración y post floración produjeron las mayores pérdidas por día de déficit, pero, d) en trabajos similares aparece claro que el embuche constituye el período crítico (Stone, citado por Carrasco, 2004a). En general el atributo más afectado por las condiciones de sequía será aquel cuyo desarrollo coincida con el período de deficiencia hídrica.

A partir de un consumo de agua establecido en 450 mm, el rendimiento se independiza de la evapotranspiración total, por la cual se trata de que toda el agua pase a través de la planta vía transpiración y se reduzcan al mínimo las pérdidas por evaporación. El manejo en tal caso tiende a incrementar el índice de área foliar como forma de lograr la cobertura del suelo (antes en el tiempo), utilizando para ello mayores poblaciones y menores distancias entre hileras (Carrasco, 2004a). En las condiciones de la distribución media de las lluvias en Uruguay, se puede esperar una acumulación de 400 mm de agua de lluvia durante la estación de crecimiento de un cultivo de verano, a lo cual se puede sumar entre 100 mm y 150 mm de agua almacenada en el suelo. Si bien la situación media indicaría condiciones muy favorables para la producción de cultivos de verano, la amplia variabilidad anual de las lluvias hace que la probabilidad de contar con lluvias como las señaladas, sea apenas levemente superior a cualquier otro volumen (Carrasco, 2004a).

Considerando el período de desarrollo del cultivo, su tolerancia al déficit hídrico y utilizando los datos entonces calculados para distintos balances hídricos, Corsi (1982) llega a la conclusión de todo el país presenta aptitud preferencial para el desarrollo del cultivo de acuerdo a este factor. Por su parte Carrasco (2004a) considerando que el período más crítico a la falta de agua en el cultivo de sorgo ocurre entre tres a siete semanas luego de la emergencia, concluye que siendo el mismo suficientemente cercano a la siembra hay buenas expectativas sobre el manejo de agua almacenada en el suelo. El mismo autor señala que de acuerdo a Corsi (1982), los suelos del país tienen alta probabilidad de estar a capacidad de campo o en torno a la misma hasta octubre. Serían las lluvias durante la estación de crecimiento las que determinarían la concreción del rendimiento potencial. Si bien las siembras de sorgos de primera se podrían ajustar al modelo presentado, las siembras de sorgos de segunda quedarían más expuestas al régimen de lluvias desde fines de la primavera en adelante.

2.2.3.3. Epoca de siembra

En el cultivo de sorgo, dado su particular comportamiento frente a la disponibilidad hídrica dentro del rango de variación de las condiciones agroecológicas en Uruguay, la temperatura puede considerarse el parámetro climático que determine la óptima estación de crecimiento para el cultivo, y por lo tanto la más adecuada época de siembra. Las bajas temperaturas nocturnas durante los primeros treinta días del ciclo del cultivo retrasan el desarrollo y la diferenciación celular, por lo cual el cultivo continúa emitiendo hojas y así puede alcanzar el período siguiente donde se determina el tamaño potencial de la panoja con un mayor tamaño de planta. En nuestras condiciones para siembras de mediados de octubre la suma térmica en los primeros treinta días de desarrollo del sorgo puede ser tan baja como 150°C días por lo cual el período siembra-floración se extiende por más de ochenta días, y la floración ocurre en la primera década de enero (Ernst, 2004a).

Tal como se indica en el cuadro siguiente, a diferencia de las siembras de octubre, las de mediados de diciembre y las de mediados de enero, acumulan una suma térmica en torno a 280°C días en el mismo período de treinta días, por lo cual alcanzan la floración en torno a los sesenta días. Cuando se considera la temperatura mínima óptima de 24°C en el estado de panojado, el mismo debería ocurrir dentro del período 1/1-10/3 -más cuando se considera simultáneamente el llenado de grano-, la época de siembra óptima tendría que ubicarse en la segunda quincena de noviembre en las condiciones de Paysandú. La comparación de resultados de cuatro épocas de siembra (en setiembre, octubre, noviembre y enero) en tres zafras sucesivas (1969/1870-1970/1971) en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni (Paysandú-Uruguay), muestran que las siembras de noviembre tuvieron mayor rendimiento en grano en dos de las tres zafras (Ernst, 2004a).

Cuadro 17 – Fecha y cantidad de días a floración, suma térmica (°C días base 15°) en la etapa juvenil (primeros 30 días) y 31 días post-floración, según fecha de siembra

Siembra (fecha)	Floración (fecha)	Floración (días)	Suma térmica (°C días) etapa juvenil	Suma térmica post-floración
19/10	8/1	71	151	263
12/12	19/2	59	287	289
15/1	23/3	62	277	311

Fuente: adaptado de Martinez y del Campo por Ernst (2004a).

En las condiciones de La Estanzuela (Colonia-Uruguay), los resultados disponibles muestran que partiendo de una productividad relativa de 100,0% para las siembras de octubre, en las siembras de noviembre la productividad relativa queda en torno a 70,0% y en las siembras de diciembre la productividad relativa apenas alcanzaría a 20,0% –una quinta parte del rendimiento en grano de las siembras de octubre– (CIAAB-EELE, citado por Ernst, 2004a). No se indica sobre que cantidad de ensayos, materiales o años se sostienen los resultados. Marchesi y Gutierrez, citados por Ernst (2004a) determinaron una pérdida de $47 \text{ kg ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$ desde 4.554 kg ha^{-1} para sucesivos atrasos de las siembras a partir del 27 de octubre; no obstante el ajuste de los datos al modelo no es muy bueno ($r^2=0,34$), indicando la incidencia de terceras variables sobre la productividad. No se indica la ubicación de las chacras y si fueron sembradas en una o más zafras.

Además de las variables antes consideradas para definir la época de siembra más adecuada, Ernst (2004a) incluye tres variables adicionales: a) la disponibilidad de agua para el cultivo, b) el ataque de la mosquita del sorgo (*Contarinia sorghicola*, Coquillet) y, c) los efectos de la oportunidad de cosecha temprana. Considerando la disponibilidad de agua, el cultivo de sorgo tiene su etapa crítica para la producción de grano entre los estados de iniciación floral y masa blanda del grano, un conjunto de estados en los cuales se dan los mayores consumos de agua. En los suelos de la región litoral oeste (Ernst, 2004a) y en general en los suelos agrícolas en Uruguay (Corsi, 1982), se producen en las situaciones promedio deficiencias de agua desde noviembre-diciembre en adelante. Si bien la variabilidad interanual es muy importante, en la medida que el desarrollo vegetativo se da en condiciones de mayores temperaturas en siembras tardías, el consumo de agua se hace mayor y el cultivo se vuelve totalmente dependiente del agua de lluvias en llenado de grano.

La mosquita del sorgo fue tradicionalmente considerada la plaga más importante para el cultivo de sorgo en Uruguay, debido a sus ataques en la floración del cultivo, donde la mosquita ovipone en la flor abierta, y luego la larva se alimenta del grano de manera que las panojas quedan más o menos estériles en función del grado de ataque. Los principales factores que favorecen el ataque incluyen las siembras tardías, la infestación con sorgo de alepo, los niveles altos de humedad y las temperaturas altas (Castiglioni, 2004); si bien las temperaturas altas en particular pueden ocurrir en la primavera, en la medida que las siembras se retrasan las probabilidades aumentan. Las poblaciones de las mosquitas se mantienen con la floración de los primeros sorgos de alepo (3 a 5 semanas), luego se multiplican en las floraciones de los primeros sorgos guachos y comienzan a crecer con la floración de los sorgos sembrados temprano (5 a 7 semanas); de tal manera que entre octubre y mayo podría completar entre ocho y catorce generaciones. En el momento de la floración de los sorgos sembrados avanzada la época de siembra y los sorgos sembrados tarde, el tamaño potencial de la población puede causar pérdidas económicas (Trucillo, citado por Castiglioni 2004, Castiglioni 2004).

Finalmente, los cultivos que –sembrados en las fechas recomendadas- maduran temprano –fines de febrero a principios de marzo-, posibilitan que la cosecha se realice en una época adecuada, donde además en general no existen problemas para el ingreso de la cosechadora a la chacra. En el otro extremo las cultivos sembrados avanzada la temporada de siembra, maduran más tarde en el otoño, en un época en que las condiciones de humedad se tornan crecientemente desfavorables, para las actividades de cosecha por una parte y para el secado natural del grano por otra. Si el proceso de secado se ve retardado por condiciones de alta humedad, se pueden producir importantes perdidas en el peso de los granos así como en la calidad del mismo, fundamentalmente por el ataque de hongos sobre la panoja. Aún cuando como se estableció, debido el regimen térmico el ciclo biológico global se acorta; debido a las propiedades del sorgo, el secado a partir de madurez fisiológica se ve retardado.

2.2.3.4. Cultivares

La elección del cultivar es una medida de manejo entre otras; en general la incidencia del manejo del suelo, la época de siembra, la densidad de siembra, el control de malezas o el manejo de nutrientes, son de magnitud similar a la elección de un cultivar. El cultivar no soluciona los problemas derivados de los defectos provocados por las demás prácticas de manejo. Como regla general en la elección del cultivar se consideran su adaptación general, su nivel de productividad, el ciclo a floración, el tipo de planta, la calidad del grano y el comportamiento sanitario entre otros criterios. El impacto de la productividad en grano en el resultado económico determina que sea el rendimiento potencial una de las características prioritarias en el momento de elegir el cultivar que se ha de sembrar. Se indica que “la posibilidad de detectar cultivares de buen comportamiento en todos los ambientes de producción es una utopía”, por lo cual se debe estudiar el comportamiento de cada cultivar en diferentes ambientes como una aproximación a la interacción genotipo ambiente (Ozer Ami y Benitez, 2004).

En la tabla siguiente se presentan los resultados de la evaluación nacional de cultivares (elaborada con datos de Ceretta s.f., Vilaró s.f.) para los cultivares de sorgo granífero que fueron hallados al menos una vez entre las chacras de los agricultores de FUCREA del período 2006/2007-2009/2010. Además de las catorce chacras que en la base de datos multizafría final no tenían constancia del cultivar sembrado (en la primera línea de datos de la tabla), deben sumarse seis cultivares -que representan otras diecinueve chacras-, que no se encontraron en los ensayos de evaluación de cultivares del período 2003-2008, eventualmente por problemas de denominación, porque fueron evaluados antes de 2003, o directamente por errores de detección en la búsqueda. Si bien se calculó una media general (así como el coeficiente de variación de los datos del período 2003-2008), los cultivares están ordenados alfabéticamente; aun cuando en este caso los cultivares que fueron evaluados dos o mas años quedarían mezclados con el

resto, tanto el de peor como el de mejor rendimiento fueron incluidos en un solo año en la evaluación nacional de cultivares.

Las tres preguntas primarias -ya realizadas para maíz- fueron: a) ¿los ensayos mostraban diferencias significativas entre los materiales sembrados?; b) ¿en los ensayos de evaluación hubieron materiales que superaban a los mejores entre los sembrados?, y c) ¿los ensayos de evaluación de los años previos a las siembras mostraban materiales que en los ensayos superaban significativamente a uno o más entre los sembrados?. La primera pregunta es la que puede ser contestada a partir de los datos incluidos en la tabla siguiente. Pero antes de esbozar la respuesta, debe realizarse una aclaración adicional. En el subperíodo 2003-2006 los resultados de todos los materiales de sorgo granífero incluidos en la evaluación nacional de cultivares se presentaban juntos más allá del largo de ciclo, el cual aparece como de una de las variables agronómicas evaluadas. En el subperíodo 2007-2008 -dentro de los datos procesados-, los cultivares de ciclo corto fueron evaluados en ensayos separados a los de ciclo medio, aunque los testigos referentes comerciales -cuyos resultados están sombreados en la tabla- eran incluidos en todos los ensayos independientemente del ciclo de los materiales en evaluación.

Volviendo a la pregunta a) ¿los ensayos mostraban diferencias significativas entre los materiales sembrados?; la respuesta se puede descomponer en varias partes: 1) los resultados indican que en los ensayos anuales del subperíodo 2003-2006 los materiales de mejor y peor comportamiento -entre los que después aparecieron en las chacras en uno o más años- mostraron diferencias significativas (las medidas de diferencia en valores absolutos giraron en torno a una tonelada por hectárea en todos los casos); 2) los resultados del superíodo 2007-2008 muestran tres peculiaridades además de la separación entre cultivares de ciclo corto y ciclo medio; en el año 2007 se dispone de una medida fiable de la mínima diferencia significativa (MDS) y existen diferencias, mientras que en el año 2008 las MDS están disponibles ensayo por ensayo y no para el análisis conjunto; en dos de los cuatro casos los mejores materiales -entre los sembrados recuérdese- fueron los testigos referentes comerciales; y en todos los casos se trata de materiales incluidos casi o todos los años en los ensayos de evaluación; 3) A diferencia de lo visto en maíz, en sorgo granífero algunos entre los mejores materiales de este grupo se repitieron: DK68T (2003, 2005 y 2008-CM), DK39T (2004, 2007-CC), VDH314 (2006), DK61T (2007-CM) y Flash1 (2008-CC).

Cuadro 18 – Cluster, frecuencia, productividad anual (kg ha⁻¹) y media general según cultivar de sorgo granífero encontrado en chacras de agricultores CREA (2006/2007-2009/2010)

Cultivar	Cluster					f ¹ %	Zafra de evaluación								x ²
	MB	A	MA	M	B		2003	2004	2005	2006	2007	2007	2008	2008	
.3	0	2	1	10	1	8,4									
81G67		1				0,6				6.795		7.376			7.086
8419	0	4	1	2	1	4,8	7.024	5.045		7.553	7.867	7.708	2.287	3.728	5.887
ACA550		1		1	1	1,8		4.817							4.817
ACA557				1	5	3,6		5.564		6.068	6.271	6.608	2.767	3.235	5.086
ACA558		3	2	2		4,2		5.169	6.066						5.618
ACA561				1		0,6						7.292		3.780	5.536
AGT205	1			1	1	1,8		5.416	6.863			7.141			6.473
BlusterPlus		2				1,2	7.823	5.915		7.507					7.082
DK39T	1			13	9	13,8	7.650	6.000	7.267	7.604	8.051	7.926	2.883		6.769
DK51					1	0,6	7.262		6.843	6.246		7.474		3.780	6.321
DK61T		8	4	4	2	10,8	7.482		7.345	7.342		8.283		4.103	6.911
DK68T			1			0,6	8.187		7.983	6.975		8.137		4.138	7.084
Flash(1)				1		0,6	6.623	5.118	6.759		7.537	7.352	3.260	3.485	5.733
Flash10	1	1		4	3	5,4				6.912					6.912
MS102				2	5	4,2				6.997					6.997
MS108		1	1	3	3	4,8	6.288								6.288
MS109		5	2	5	2	8,4			6.554	5.879					6.217
PAN8816		1				0,6			6.291	6.376	6.620				6.429
Puelche57	1			1		1,2				6.726		8.013			7.370
SPS7070					1	0,6			6.702	5.785					6.244
TS265				2		1,2			7.025	5.651					6.338
TS281		4	6	2	1	7,8			7.699						7.699
VDH314			2			1,2		5.702		8.075					6.889
Total	5	37	21	65	39	100,0									
Media ⁴							6.891	5.004	6.385	6.305	6.871	7.329			6.464
CV%							11,1	12,0	11,4	10,3	11,3	9,2			11,2
MDS(5%) ⁴							1.256	984	1.173	1.051	1.273	1.345			1.180

Referencias: ¹ frecuencia relativa en el conjunto de las chacras de sorgo (primeras y segundas); ² media general; ³ chacras con cultivares no identificados en las bases de datos originales; ⁴ kg ha⁻¹.

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.).

Además se deben realizar dos anotaciones adicionales: 4) tal como se observó los mejores materiales en uno o más años –salvo VDH314- estuvieron además presentes en ensayos de evaluación casi todo o todo el período 2003-2008. Aún así y salvo DK68T en 2003, y Flash1 en 2003 y 2005, en ningún caso se separaron significativamente del mejor cultivar de este grupo. Se vuelve a repetir que el mismo incluye solo los que fueron encontrados en las chacras de los agricultores de FUCREA en el período 2006/2007-2009/2010. 5) los cultivares sembrados por los agricultores, que mostraron más pobre comportamiento en los ensayos -con rendimientos significativamente más bajos que los mejores entre los sembrados-; en los mismos ensayos nunca quedaron significativamente por debajo de la media general del resultado del análisis conjunto anual. Nuevamente y al igual que lo ya visto en maíz, si bien no estaban entre los mejores cultivares tampoco estaban entre los peores materiales anualmente evaluados.

Las dos preguntas restantes eran: b) ¿en los ensayos de evaluación hubieron materiales que superaban a los mejores entre los sembrados?, y c) ¿los ensayos de evaluación de los años previos a las siembras mostraban materiales que en los ensayos superaban significativamente a uno o más entre los sembrados?. Para comenzar por el final, la última pregunta fue contestada al responder la primera pregunta formulada, ya que entre los propios materiales sembrados, los ensayos en los cuales coincidían, mostraban diferencias significativas. La respuesta pendiente (pregunta b) lleva a las dos tablas siguientes donde se incluyeron los materiales en evaluación que cada año/año-ciclo superaban el rendimiento medio en una relación igual o mayor a 110/100, se sombrearon los cultivares de sorgo granífero que se encontraron en chacras comerciales de los agricultores de FUCREA durante el período 2006/2007-2009/2010. Estos materiales en el promedio de los análisis conjuntos constituyeron una quinta parte (21,8%) de los materiales evaluados, variando entre 12,5% (2007-cl) y 30,8% (2008-cc).

Cuadro 19 – Productividad anual (kg ha⁻¹), media general y coeficiente de variación según cultivar de sorgo granífero (8118-Limay) en ensayos de evaluación de cultivares (2003-2008)

No.	Cultivar	Zafra de evaluación							Media	CV%	
		2003	2004	2005	2006	2007cc	2007cl	2008cc			2008cl
	All	35	60	58	71	23	56	26	72		
	110%+	8	11	12	17	5	7	8	17		
1	8118 (TRC)		5.484							5.484	
2	81T09								3.797	3.797	
3	83G66 (TRC)			7.021	6.930		8.043			7.331	8,4
4	8419 (TRC)				7.553	7.867			3.728	6.383	36,1
5	A 9815 RC					7.886		3.108		5.497	61,5
6	A 9941 W						8.380			8.380	
7	ACA 557		5.564							5.564	
8	ACA 561								3.780	3.780	
9	ANP GR-1								4.125	4.125	
10	BANJO							3.513		3.513	
11	Buster Plus	7.823	5.915		7.507					7.082	14,4
12	Charrúa								4.108	4.108	
13	DK 39 T (TRC)	7.650	6.000							6.825	17,1
14	DK 39 T (TRC)			7.267	7.604	8.051				7.641	5,1
15	DK61T			7.345	7.342		8.283		4.103	6.768	27,1
16	DK68T	8.187		7.983	6.975		8.137		4.138	7.084	24,3
17	EST 1992								3.836	3.836	
18	EXP UY 9			7.005						7.005	
19	Exp3000								4.049	4.049	
20	Flash1 (TRC)					7.537		3.260		5.398	56,0
21	FLASH 10				6.912					6.912	
22	FLASH 2				7.962					7.962	
23	FN 7200				7.634					7.634	
24	GRANARIO 98								3.662	3.662	
25	IPB EXP T 34								3.596	3.596	
26	IPB FLASH 11							3.296		3.296	
27	IPB FLASH 2							3.568		3.568	
28	Joward Short							3.382		3.382	
29	LIDER 140								3.777	3.777	
30	LIMAY (TRC)			7.287						7.287	

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.).

Cuadro 20 – Productividad anual (kg ha⁻¹), media general y coeficiente de variación según cultivar de sorgo granífero (Malacate+) en ensayos de evaluación de cultivares (2003-2008)

No.	Cultivar	Zafra de evaluación							Media	CV%	
		2003	2004	2005	2006	2007cc	2007cl	2008cc			2008cl
31	Malacate			7.053					7.053		
32	Malon							4.111	4.111		
33	MS 102				6.997				6.997		
34	MS 104	7.571							7.571		
35	NK 255 T							3.824	3.824		
36	NVS 3011				7.032				7.032		
37	PAMPA 47							3.681	3.681		
38	PAN 8123		5.903						5.903		
39	PAN 8806		5.547						5.547		
40	Queyras		5.497						5.497		
41	Ranquel 67			7.070					7.070		
42	Red Kelly 5002							3.307	3.307		
43	SAC 100			7.373					7.373		
44	SEXP434				7.007		8.423		7.715	13,0	
45	SG UN 1R				6.974				6.974		
46	SPS 5050							3.248	3.248		
47	SR 2449			7.809			8.238		8.024	3,8	
48	TOB 60 T							3.882	3.882		
49	TS 265			7.025					7.025		
50	TS 280		5.808						5.808		
51	TS 281			7.699					7.699		
52	V00069		5.830		7.594				6.712	18,6	
53	V03020				7.635	7.595			7.615	0,4	
54	V00127						8.482		8.482		
55	V01004	7.935	5.638						6.787	23,9	
56	VDH 302				7.071				7.071		
57	VDH 303	7.632							7.632		
58	VDH 305							4.191	4.191		
59	VDH314		5.702		8.075				6.889	24,4	
60	X 181	8.202							8.202		
61	X 184	7.676							7.676		
	Media ¹	6.891	5.004	6.385	6305	6.871	7.329	2.827	3.272	5.610	30,8
	CV%	11,05	12,02	11,36	10,33	11,26	9,16	15,34	28,50	15,51	
	MDS(5%) ¹	1.256	984	1.173	1.051	1.273	1.345	1.093	1.456	1.204	13,2

Referencias: ¹ kg ha⁻¹

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.).

Los resultados presentados en las tablas precedentes permiten establecer las siguientes conclusiones: 1) considerando los resultados de los ocho análisis conjuntos (o análisis promedio) -separando los materiales según ciclo en 2007-2008- del período 2003-2008, en ningún caso los mejores cultivares encontrados en las chacras fueron superados por otros materiales incluidos en evaluaciones simultáneas; 2) en la mitad de los análisis conjuntos los cultivares encontrados en las chacras fueron los materiales de mejor comportamiento, en el resto de los casos hubieron dos o más cultivares sembrados entre los primeros seis materiales de cada análisis conjunto; 3) incluyendo todos los análisis las diferencias de rendimiento máximas entre el material de mejor comportamiento y el mejor material sembrado fueron 308 kg ha⁻¹ (-8,6%) en el análisis promedio de los materiales de ciclo corto de 2008, de hecho en esos ensayos no estaba ninguno de los demás materiales sembrados que venían mostrando buen comportamiento; 4) Algunos cultivares sembrados como DK39T –testigo referente comercial-, DK61T –ciclo medio- y DK68T –ciclo medio- que están presentes en la mayor parte de los ensayos del período, en los pocos casos en que no aparecen en las tablas anteriores (materiales con un relación de rendimiento igual o superior a 110/100 sobre la media del análisis conjunto), nunca quedan significativamente por debajo del material de mejor comportamiento.

Los datos anuales son los que siguen –entre paréntesis se indica el rendimiento medio en kg ha⁻¹-. 3) Los resultados de 2003 indican que el material de mejor comportamiento fue X181 (8.202), entre los primeros seis lugares estaban tres cultivares sembrados: 2°. DK68T (8.147), 4°. Buster Plus (7.823) y 6°. DK39T (7.650); 4) Los resultados de 2004 indican que entre los seis primeros lugares estuvieron tres cultivares sembrados: 1°. DK39T (6.000), 2°. Buster Plus (5.915) y 6°. VDH314 (5.702); 4) Los resultados de 2005 muestran una situación similar: 1°. DK68T (7.983), 3°. TS281 (7.699) y 5°. DK61T (7.345); 5) Los resultados de 2006 muestran dos materiales evaluados entre los seis primeros del análisis conjunto: 1°. VDH314 (8.075) y 5°. DK39T (7.604); 6) En el análisis conjunto de los materiales de ciclo corto en 2007, nuevamente había tres cultivares sembrados entre los primeros seis: 1°. DK39T (8.051), 3°. 8419 (7.867) y 5°. Flash1 (7.537); 7) En el análisis conjunto de los materiales de ciclo largo el mismo año, el material de mejor comportamiento fue VOO127 (8.482), entre los primeros seis habían dos que fueron sembrados: 4°. DK61T (8.283) y 6°. DK68T (8.137); 8) En el análisis promedio de los materiales de ciclo corto en 2008, el material de mayor rendimiento fue Flash2 (3.568), entre los primeros seis había un material que fue sembrado: 6°. Flash1 (3.260), y 9) Finalmente en el análisis promedio para los materiales de ciclo largo, el material de mejor comportamiento fue VDH305 (4.191), entre los seis primeros igual se encontraron dos materiales sembrados: 2°. DK68T (4.138) y 6°. DK61T (4.103).

Saliendo de la comparación de los cultivares sembrados en el contexto de los ensayos de evaluación en los cuales estuvieron presentes, las tablas permiten realizar tres observaciones adicionales sobre el comportamiento del sorgo granífero a nivel de los

ensayos experimentales: a) si se consideran los análisis conjuntos del período 2003-2007 –incluyendo los dos resultados conjuntos en 2007-, la media general fue 6.464 kg ha⁻¹ con un coeficiente de variación de 12,5%; b) cuando se la compara con la media de los análisis de ambos ciclos de los ensayos de 2008 –signados por una intensa sequía-, el rendimiento medio de 2008 es la mitad de la media general del período anterior, por lo cual si se ingresa el dato en la serie el coeficiente de variación se eleva a 30,8%; c) la media del análisis conjunto de los materiales de ciclo medio tanto en 2007 como en 2008 está media tonelada por encima de la media de los materiales de ciclo corto, por lo tanto la diferencia relativa se expande en 2008 con rendimientos medios muy deprimidos. Es cierto que el contexto fue muy particular, en la zafra 2008/2009 el ensayo de ciclo corto de Young se eliminó –no forma parte de los resultados- pues se afectó severamente por la sequía y en La Estanzuela, tanto en los ensayos de ciclo corto como en los de ciclo medio, la segunda época de siembra mostró un comportamiento sensiblemente superior a la primera, la diferencia fue claramente mayor en los materiales de ciclo medio.

2.2.4. Soja

2.2.4.1 Adaptación agroclimática

La soja (*Glycine max*, L.) es una dicotiledónea oleaginosa de la familia de las Fabaceas (Fabaceae) dentro de la cual pertenece a la subfamilia de las Faboideas (Faboideae). La especie cultivada (*Glycine max*) de origen asiático procede de una especie silvestre (*Glycine ussuriensis*) cuyo centro de origen se encuentra en el extremo oriente (China, Japón), (Cepeda y Tarán, 2008). Es una leguminosa herbácea anual de ciclo primavera-estival, la cual fue introducida a Europa desde China en 1740, en 1765 llegó a Estados Unidos y más tarde en 1882 fue introducida en Brasil (Cardona y Rodríguez 2008, Cepeda y Tarán 2008). En la actualidad por su superficie mundial cultivada que bordea los cien millones de hectáreas, supera la superficie mundial conjunta de cebada y sorgo (FAO, 2011). Sin embargo el cultivo de soja que se realiza en noventa y dos países, aún no alcanza el nivel de difusión de ninguno de los cultivos citados, como tampoco el de arroz, maíz y trigo que en el mundo ocupan superficies sensiblemente mayores (FAO, 2011).

Cuando se consideran los rendimientos medios nacionales del último lustro con datos disponibles (2005-2009), si bien veinte países no llegaron a 1.000 kg ha⁻¹ año⁻¹ como rendimiento medio del período, en el otro extremo solo cuatro países –que cosechan superficies modestas- superaron los 3.000 kg ha⁻¹ año⁻¹ -Italia que fue el país con mayor superficie sembrada dentro del grupo +3.000 ha⁻¹ año⁻¹, no alcanzó las 135.000 ha. en 2009 (FAO, 2011)-, y veintisiete se situaron por encima de los 2.000 kg ha⁻¹ año⁻¹ en el mismo período. En el grupo de países de muy bajos rendimientos, más de

la mitad son países africanos, y la mayor parte de los restantes son países ubicados en Asia central y sudoccidental; no hay allí países europeos y son excepcionales los americanos. Los grandes productores-exportadores mundiales como Argentina, Brasil y Estados Unidos, alcanzaron rendimientos medios en el rango $2.500 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ - $3.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$; mientras que Uruguay cuya productividad media se situó casi en $2.000 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ –una media de productividad muy similar a la de Paraguay-, separa el primer tercio de los países del mundo para los cuales se citan datos de productividad de los dos tercios restantes; según datos de FAO (2011)

En la soja hay variedades determinadas, semideterminadas e indeterminadas (Bernard, citado por Sadras et al., 2000), pero en todo los casos el ápice permanece en estado vegetativo durante un período más o menos prolongado cuando se produce el cambio de estado en un meristema axilar; como consecuencia en una misma planta se diferencian simultáneamente órganos vegetativos y órganos reproductivos (Sadras et al., 2000). Si las condiciones ambientales son adecuadas, con temperaturas iguales o superiores a 8°C , la germinación comienza cuando la semilla ha absorbido el 50% de su peso en agua; la raíz primaria se elonga, y el hipocotile se extiende empujando los cotiledones y el epicotile; luego las raíces laterales comienzan a crecer mientras los cotiledones emergen alcanzando el estado V_e . La emergencia y despliegue de hojas unifoliadas indican el estado V_c en el que el meristema apical queda expuesto; más adelante aparecen las hojas trifoliadas que definen los siguientes estados vegetativos (V_1 a V_n). El desarrollo vegetativo se acelera linealmente con temperaturas entre 8°C y 30°C (Jones et al., citados por Sadras et al., 2000).

Tal como se dijo, la entrada a la fase reproductiva queda signada por el cambio de estado en un meristema axilar, desde allí en adelante la diferenciación floral continúa en los restantes meristemas de la planta, y cuando se alcanza el meristema apical, la diferenciación de hojas llega a su fin (Thomas y Raper, citados por Sadras et al., 2000). El cese de la diferenciación de hojas es inexorable en las variedades determinadas (Caffaro y Nakayama, citados por Sadras et al., 2000), mientras que de acuerdo a Caffaro et al., citados por Sadras et al. (2000) en las variedades indeterminadas el meristema apical mantiene durante más tiempo su capacidad de generar hojas aún bajo condiciones fuertemente inductivas. Tal como se detalla en el análisis de los cultivares, existe una importante variación genotípica en la respuesta al fotoperíodo, los cultivares más tardíos muestran mayor sensibilidad al fotoperíodo y el fotoperíodo crítico es menor. La floración (estado R_1) comienza en una altura intermedia de la planta de soja, por lo general entre el tercer y el sexto nudo, y desde allí progresa hacia abajo y hacia arriba.

Cuando el frente de floración alcanza el nudo $n-1$, la planta se encuentra en el estado R_2 , la fecundación en particular ocurre poco antes de que las flores se abran y unos días después se pueden observar pequeñas vainas en los racimos florales. Cuando en alguno de los cuatro nudos superiores del tallo principal con una hoja completamente

desarrollada hay una vaina de 5 mm de longitud, la planta ha alcanzado el estado R_3 , en el momento que una vaina en la situación anterior tiene 20 mm de longitud, la planta llegó al estado R_4 . Nuevamente cuando una vaina que cumple con las condiciones señaladas contiene una semilla de 3 mm de longitud -que es detectable al tacto-, la planta está entonces en el estado R_5 . En el estadio $R_{5,5}$ la planta alcanza su altura máxima, la mayor área foliar y número de nudos, y también la fijación simbiótica de nitrógeno llega a su tasa máxima. Cuando las vainas superiores del tallo principal tienen semillas que ocupan toda su cavidad, la planta ha llegado al estado R_6 . El estado R_7 corresponde a la madurez fisiológica de las primeras vainas mientras que R_8 define el estado de plena madurez. El amarillamiento y la posterior senescencia del follaje comienza en R_6 y continúa hasta R_8 .

El período más crítico para la determinación del rendimiento se sitúa entre $R_{4,5}$ y $R_{5,5}$, aunque en términos generales el período crítico se extiende entre R_3 - R_4 y R_6 - $R_{6,5}$ (Sadras et al., 2000). La soja presenta una alta estabilidad de rendimiento en respuesta a estrés entre R_1 y R_3 , pero la capacidad compensatoria se va perdiendo a medida que la planta avanza en los estados reproductivos, por lo cual es justamente el llenado de semillas el período crítico en esta especie. Los efectos perjudiciales de situaciones de estrés se reflejan en el número de semillas por unidad de superficie si ocurren entre $R_{4,5}$ y $R_{5,5}$ y sobre el peso de las semillas si suceden entre R_6 y $R_{6,5}$ (Andrade et al., 2000a). Si bien la ocurrencia de sequías en el comienzo de los estados reproductivos disminuye el área foliar y la eficiencia de conversión así como produce el aborto de estructuras reproductivas, las mismas pueden ser compensadas por la fijación de nuevos frutos, más granos por fruto o granos más pesados una vez que se alivie la situación de estrés. Cuando la sequía ocurre durante el llenado de granos, cae la tasa fotosintética, se acelera la senescencia y se reduce la asimilación total. Los efectos serán los antes señalados en función del o los estadios implicados en la situación de estrés (Andrade y Sadras, 2000b).

2.2.4.2. Regionalización agroclimática

Siguiendo el mismo procedimiento general ya citado para los cultivos de invierno y los granos forrajeros, Corsi (1982) elaboró una regionalización para el cultivo de soja en las condiciones agroecológicas de Uruguay. Considerando los requerimientos térmicos, el autor indica que la temperatura mínima de crecimiento es de 10°C , la temperatura media diaria que posibilita el desarrollo del cultivo es de 15°C y que la temperatura óptima se sitúa en torno a 25°C . En Uruguay de acuerdo a las estadísticas climatológicas de la Dirección Nacional de Meteorología (URUGUAY. MDN. DNM, 2011) esas temperaturas se bordearían en los departamentos del litoral oeste en el período diciembre-febrero, y quedarían levemente por debajo en el sur y sudeste. De acuerdo a Corsi (1982), tomando las citadas temperaturas, la estación de crecimiento es

de 210 días en el sur y de 250 días en el resto del país. Entonces desde el punto de vista térmico, el país queda dividido en dos regiones separadas “grosso modo” por el curso del río Negro, la región al sur del mismo cuya suma térmica se sitúa en el rango 600°C-1.200°C, y la región al norte cuya suma térmica es mayor a 1.200°C.

Considerando los requerimientos hídricos, Corsi (1982) indica que la soja tolera mejor que el maíz períodos con deficiencia de agua en el suelo, mientras que Díaz (1994) sostiene que la soja manifiesta la mayor tolerancia tanto a condiciones de deficiencia como de exceso de humedad en relación a los demás cultivos de verano. Desde este punto de vista, Corsi (1982) divide la superficie nacional en dos partes, una donde el déficit hídrico va desde 0 mm a 50 mm, que incluye el nordeste del territorio - el departamento de Rivera, el sudeste de Artigas, el este de Paysandú y Salto, casi todo Tacuarembó salvo el sur sobre el río Negro y el vertice norte de Cerro Largo-. La región restante donde el déficit va desde 50 mm a 100 mm, ocupa el resto del país, y por lo tanto todas las tierras agrícolas de la región litoral oeste, las de las regiones centro sur y sur y prácticamente todas las tierras agrícolas de la región este-sudeste.

Cuando se superponen las divisiones según los requerimientos hídricos y térmicos, quedan determinadas tres regiones agroclimáticas para el cultivo de soja, la primera región –de mejor aptitud- queda determinada por la menor deficiencia hídrica y coincide con la señalada en primer término en el párrafo anterior. La segunda región donde la deficiencia hídrica sería mayor queda separada de la tercera por la suma térmica en la estación de crecimiento, o sea que en esta región la deficiencia hídrica se mueve en el rango 50 mm-100 mm y la suma térmica es mayor a 1.200°C; esa segunda región se extiende a lo largo del oeste del litoral medio y el litoral norte entre Río Negro y Artigas. La tercera región con la misma deficiencia hídrica pero menor suma térmica (600°C-1.200°C), ocupa todas las tierras al sur del río Negro. Si se toman en cuenta los datos de la última zafra (2010/2011) de cultivos de verano levantada (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c), dos tercios de la superficie sembrada se ubicaron en la tercera región. Considerando las superficie sembradas de cada cultivo de verano, largamente la mayor parte de esos dos tercios es soja.

2.2.4.3. Aptitud edafológica

Siguiendo a Soldini, citado por Otaño y Zarucki (2010) los factores que determinan el rendimiento potencial son: a) el cultivar, b) la radiación solar y c) la temperatura ambiente. Los factores limitantes del rendimiento incluyen: d) la disponibilidad de agua y e) el suministro de nutrientes; mientras que los factores reductores del rendimiento -entre otros- incluyen: f) la competencia de malezas, g) los efectos de las enfermedades y h) el daño por plagas. Los autores, quienes estaban interesados en los atributos del terreno indican que la variabilidad de rendimiento en soja

ha sido explicada en proporciones variables por diferentes factores edáficos y topográficos. Jiang et al., citados por Otaño y Zarucki (2010), atribuyeron entre 25% y 85% de la variabilidad del rendimiento a variables edáficas y topográficas, fue el contenido de arena el factor de mayor importancia en la limitación del rendimiento. Sawchik y Mallarino, citados por Otaño y Zarucki (2010) lograron explicar entre 5% y 64% de la variación de rendimiento a través de atributos del suelo, en este caso los más importantes fueron el contenido de arcilla, el nivel de materia orgánica, el contenido de calcio y la capacidad de intercambio catiónico.

Kaspar et al., citados por Otaño y Zarucki (2010) determinaron que para años secos, el rendimiento estuvo positivamente correlacionado con la disponibilidad de agua, la posición topográfica, las texturas finas del suelo y su contenido de carbono orgánico; entre los citados factores el más importante fue la posición topográfica asociada a las posiciones cóncavas del terreno. Las mismas se caracterizaron por la mayor profundidad del horizonte superior, la mejor infiltración de agua, el suministro de esta desde las posiciones más altas, y en general una mayor cantidad de agua almacenada. Mientras tanto Coix, citado por Otaño y Zarucki (2010) determinó que las áreas con mayor proporción de arcilla fueron las de mayor rendimiento, explicadas por la cantidad de agua disponible en períodos secos, aunque también indica que en años fluvio-métricamente normales el efecto de las texturas finas podría resultar opuesto. En la misma revisión Kaspar et al., citados por Otaño y Zarucki (2010) determinaron correlaciones positivas de rendimiento con el nivel de potasio intercambiable, la profundidad del perfil, el grado de pendiente y la profundidad del horizonte calcáreo.

Si se dejan parcialmente de lado los atributos del terreno con mayor variación en cortas distancias y de más generalizada ocurrencia en los suelos agrícolas de Uruguay, como puede ser la posición topográfica; en el conjunto de la revisión anterior existen algunos atributos repetidos y algunos ocasionales. Las variables asociadas a la cantidad de agua almacenable en el perfil aparecen en todos los casos correlacionadas positivamente con la mejora en los rendimientos, el contenido de materia orgánica o de carbono orgánico, el contenido de calcio en el suelo o el de potasio intercambiable también se citan directa o indirectamente en algunos casos. El efecto de la textura del suelo en sí misma –o sea independientemente de la capacidad de almacenaje de agua-, no sigue una tendencia clara y estaría posiblemente condicionado por el nivel de lluvias durante la temporada de crecimiento del cultivo.

En el caso de los experimentos analizados por Otaño y Zarucki (2010), los autores concluyen que el 73% de la variación de rendimiento de soja en el experimento 1 (sobre Gleysoles y Fluvisoles –grupo 03.40- y Brunosoles -grupo 11.7- en el paraje Prieto, Soriano) se explicó por variables edáficas, la principal variable identificada en soja fue la electroconductividad aparente del suelo ($EC_{a90/30}$) que por sí sola explicó el 50% de la variación en rendimiento. En el experimento 2 (sobre Brunosoles –grupo 03.51- en el Paso Ramos, Soriano), mediante análisis no paramétricos encontraron que

los altos rendimientos se dan con $EC_{a90/30}$ moderadas y EC_{a30} bajas. La EC_{a30} es la electroconductividad aparente en el horizonte superficial –primeros treinta centímetros- y la $EC_{a90/30}$ es la relación entre la electroconductividad aparente profunda –determinada en 0-90 cm según los autores- y la ya citada electroconductividad aparente superficial.

De acuerdo a Corwin y Lesch, citados por Otaño y Zaruck (2010), en suelos suficientemente húmedos la electroconductividad aparente se explicaría por las sales contenidas en el agua que ocupa los macroporos del suelo, aunque también existe contribución de la fase sólida del suelo, a través de los cationes intercambiables asociados a los minerales de las arcillas, además del contacto directo y continuo de una partícula con otra. Mientras tanto Mueller et al., citados por Otaño y Zarucki (2010), utilizando las variables: arcilla, arena, humedad del suelo, pH, saturación de bases, Ca, temperatura del suelo, profundidad al horizonte cámbico o argilúvico y pendiente, ajustaron un modelo de regresión múltiple que predijo la ECa en superficie (30 cm) con un $R^2 = 0,7$. No se indica cual fue el modelo ni cuales las variables de mayor importancia. Por lo visto no es nada sencillo relacionar atributos individuales del suelo con su electroconductividad aparente

2.2.4.4. Época de siembra

La soja es una especie sensible al fotoperíodo y desde este punto de vista se clasifica como una especie de día corto dado que la inducción de la floración ocurre cuando la duración del día disminuye; aunque específicamente en soja es la duración del período oscuro el factor que controla la respuesta fotoperiódica. La sensibilidad al fotoperíodo varía sustantivamente a lo largo de los grupos de madurez, o sea que este es un atributo vinculado a la elección del cultivar –el tema siguiente-. Como regla general la época de siembra adecuada debe ser aquella que permita satisfacer los requerimientos térmicos y fotoperiódicos, y a su vez ponga al cultivo en la situación menos desfavorable durante su período crítico. La época de siembra recomendada se extiende desde mediados de octubre a fines de noviembre, en esa recomendación también se consideraba como criterio la temperatura mínima del suelo así como la humedad almacenada en el mismo, que permitan la rápida germinación, emergencia e implantación del cultivo (Mandl, 1994).

La fecha de siembra óptima de los cultivares varía según el fotoperíodo, el régimen térmico, el régimen hídrico, las propiedades edáficas y las características sanitarias (Díaz-Sorita y Duarte, 2004). El régimen térmico condiciona la fecha de siembra al determinar el período libre de heladas -determinado por la latitud y la altura sobre el nivel del mar-; el período de siembra recomendado se extiende cuando se pasa de sur a norte. En la latitud de Balcarce (Buenos Aires, Argentina) –apenas la semidistancia norte-sur de Uruguay al sur de Colonia del Sacramento-, el período va

desde el 1 de noviembre al 15 de diciembre; mientras que en Saenz Peña (Chaco, Argentina) –unos 5° de latitud al norte de Artigas o sea el equivalente de la distancia norte-sur en Uruguay-, el período va desde el 1 de setiembre al 30 de enero; o sea que es el doble de largo y además comienza más temprano y termina más tarde. Los mismos autores indican que el régimen hídrico condiciona la fecha de siembra a través de dos mecanismos, por un lado a través de contar con humedad suficiente para sembrar –en las condiciones agroecológicas de Uruguay funciona al revés de Chaco-, y por otro lado a través de la ubicación de la etapa de llenado de grano.

2.2.4.5. Cultivares

Los cultivares de soja muestran diferencias en el número de horas de oscuridad necesarias para la floración (Mandl, 1994); tal como se indicó antes la soja es una especie de “noche larga”. Los cultivares más precoces requieren noches más cortas que los cultivares tardíos, o más bien no necesitan de noches tan largas como los cultivares tardíos para que la floración sea inducida. La duración del día o la duración de la noche es una variable condicionada por la latitud del lugar, durante el verano los días son más largos (y las noches más cortas) en las latitudes altas, esa diferencia tiende a reducirse en la medida que se pasa de latitudes altas a latitudes bajas. En el hemisferio norte se han determinado trece grupos de madurez, el grupo más precoz es el 000 y el grupo más tardío es el grupo X (Mandl, 1994). Por las razones antes citadas, los grupos más precoces se adaptan a las altas latitudes (v.g. sur de Canadá, Rumania, Rusia, Ucrania) y los grupos más tardíos se adaptan a las bajas latitudes (v.g. Bolivia, India, Nigeria, Paraguay, Tailandia).

En el hemisferio sur entonces, si un cultivar es sembrado al norte de su zona de adaptación, florecerá y madurará antes en el tiempo dado que la cantidad de horas de oscuridad será satisfecha más tempranamente; por el contrario si el mismo cultivar es sembrado al sur de su zona de adaptación, la floración y la maduración ocurrirán más tarde porque la misma cantidad de horas de oscuridad se dará más tarde (Mandl, 1994). Existe sin embargo una fase juvenil, en la cual la planta de soja –al igual que la de maíz y la de girasol- no responde al fotoperíodo (Sadras et al., 2000); en soja la mayoría de los cultivares presentan una corta fase juvenil que en condiciones de temperaturas óptimas de 30°C a 35°C (Grimm et al., citados por Sadras et al., 2000) dura alrededor de ocho días. A su vez existe una duración del fotoperíodo por encima de la cual no existe respuesta fotoperiódica, o sea que aún cuando la noche no se continúe acortando, el período emergencia-floración no se continúa alargando (Sadras et al., 2000). Según la información experimental obtenida por los investigadores del Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria hasta 1994, los cultivares con mejor adaptación a las condiciones agroclimáticas de Uruguay son aquellos de los grupos de madurez V, VI y

VII (Mandl, 1994), aunque se obtiene buen comportamiento con cultivares de los grupos IV-largo, V, VI, VII y VIII-corto (Ceretta y Mandl, 2002).

En particular es importante cuantificar en que medida la variabilidad en los rendimientos es de origen genético, ambiental y/o responde a la interacción genotipo-ambiente. Los resultados obtenidos en Uruguay por Mandl, citado por Ceretta y Mandl (2002) quien analizó datos de experimentos que incluyeron once cultivares de los grupos de madurez V, VI y VII durante once años en tres localidades –La Estanzuela, Tacuarembó y Treinta y Tres-, y por Ceretta y Vilaró, citados por Ceretta y Mandl (2002) quienes utilizaron noventa y seis cultivares de los grupos III a VIII durante seis años en dos localidades -La Estanzuela y Young- son consistentes. Los autores encontraron que la variación provocada por el efecto principal del ambiente -incluyendo años, localidades y sus interacciones- representó entre el 70% y el 80% de la variación total observada, el efecto principal del cultivar fue tan solo 2% - 6% de la misma. Por su parte el efecto de la interacción cultivar por ambiente explicó un 20% de la variación total, sin embargo el efecto de la interacción cultivar por localidad fue prácticamente nulo.

Si se analiza el comportamiento de los cultivares a través de los grupos de madurez, nuevamente es importante discriminar si existen grupos que se adapten mejor o peor a determinados ambientes –en el sentido más inclusivo del término-, aún dentro de los grupos que muestran buen comportamiento general. En ese sentido se analizaron datos de treinta y tres ensayos realizados en casi treinta localidades con dieciséis cultivares de los grupos de madurez III, IV, V y VI (Aguirre et al., citados por Ceretta y Mandl, 2002). Las principales conclusiones fueron: a) el comportamiento de los cultivares fue independiente del sistema de cultivo utilizado –manejo de suelos, época de siembra, distancia entre hileras-, b) los cultivares del grupo III se adaptaron a ambientes de alto potencial de rendimiento –y tuvieron pobre comportamiento en ambientes de pobre potencial de rendimiento-, c) los cultivares de los grupos V y VI se comportaron por encima del promedio en los ambientes de menor potencial de rendimiento –mientras que en ambientes de alto potencial se comportaron por debajo o a lo sumo en el nivel promedio-, y d) los cultivares del grupo IV no se asociaron a ningún grupo particular de ambientes. Los ambientes de alto potencial de rendimiento estuvieron sobretodo determinados por la mayor disponibilidad de agua en enero-febrero (Ceretta y Mandl, 2002).

Las siembras tardías tienen como efecto reducir la altura de las plantas, la altura de inserción de la primera vaina, y el rendimiento; los cultivares precoces son más afectados que los cultivares tardíos en estas fechas de siembra, razón por la cual se desaconsejan cultivares de los grupos III o IV en siembras tardías o siembras de segunda (Mandl, 1994). En general tanto por las posibilidades de siembra, como por las modalidades de producción, pero específicamente con el objetivo de diversificar las fechas de floración y el período de llenado de grano, se recomienda la siembra de

cultivares de ciclos cortos (IV, V) en siembras tempranas (octubre) y cultivares de ciclos largos (VI, VII y VIII) en siembras tardías (fines de noviembre). Sobre las localidades los investigadores indican que no existe información nacional que sea concluyente, pero aún dada la escasa variación de latitud los autores señalan una tendencia de mejor comportamiento en el sur para los cultivares de ciclo corto y en el norte para los cultivares de ciclo largo (Ceretta y Mandl, 2002).

En las dos tablas siguientes se presentan los resultados de la evaluación nacional de cultivares (elaborada con datos de Ceretta s.f., Vilaró s.f.) para los cultivares de soja que fueron hallados al menos una vez entre las chacras de los agricultores de FUCREA del período 2006/2007-2009/2010. En la base de datos multizafras final se identificaron veinte chacras en las cuales no habían datos sobre el cultivar, cuarenta chacras en las cuales no se pudo identificar correctamente el cultivar sembrado -por problemas de denominación, porque fueron evaluados antes de 2003, o por errores de detección en la búsqueda- y cinco chacras en las cuales se sembraron dos cultivares diferentes. Las bases de datos de evaluación de cultivares elaboradas para el período 2003-2008 se caracterizan por la muy escasa repetición de materiales salvo aquellos que se constituyeron en testigos referentes comerciales. Esa situación se observa tanto en las tablas que incluyen los cultivares encontrados en las chacras como aquellos cultivares que en los ensayos conjuntos anuales superaron a la media del ensayo desde una relación de 110/100 en adelante.

Las tres preguntas primarias ya realizadas en el análisis de los granos forrajeros fueron: a) ¿los ensayos mostraban diferencias significativas entre los materiales sembrados?; b) ¿en los ensayos de evaluación hubieron materiales que superaban a los mejores entre los sembrados?, y c) ¿los ensayos de evaluación de los años previos a las siembras mostraban materiales que en los ensayos superaban significativamente a uno o más entre los sembrados?. La primera pregunta puede ser contestada a partir de la información presentada en las dos tablas siguientes. Nuevamente al igual que lo sucedido en la evaluación de cultivares de sorgo granífero, en el subperíodo 2003-2006 los resultados de todos los materiales de soja incluidos en la evaluación nacional de cultivares se presentaban juntos más allá del largo de ciclo, el cual aparece -medido en días- como de una de las variables agronómicas evaluadas. En el subperíodo 2007-2008 -dentro de los datos procesados-, los cultivares de ciclo corto fueron evaluados en ensayos separados a los de ciclo largo (y medio), aunque los testigos referentes comerciales -cuyos resultados están sombreados en la tabla- eran incluidos en prácticamente todos los ensayos.

Sobre la primera pregunta: a) ¿los ensayos mostraban diferencias significativas entre los cultivares encontrados en las chacras?; antes siempre debe recordarse que la respuesta a esta pregunta está basada en los resultados de los análisis conjuntos o en su defecto en el promedio de los ensayos anuales, y no en los resultados de una determinada localidad o una época de siembra dada. Los análisis conjuntos indican: 1)

dos particularidades, tanto en los ensayos de 2003 –con 53 materiales donde 6 superaron a la media general desde 110/100 en adelante- como en los de ciclo corto de 2007 –con 21 materiales donde ninguno se separó de la media general en más de 108/100- no se detectaron diferencias significativas entre todos los materiales evaluados. Si se toman los materiales luego sembrados los resultados conjuntos de 2003 mostraron una diferencia de 529 kg ha⁻¹ entre los extremos (DM4600-A7053RG) y los de 2007 de 703 kg ha⁻¹ entre los extremos (A4910RG-AGT4900). 2) Si bien no se cuenta con resultados publicados de análisis conjunto para todos los años, salvo para los ensayos de ciclo corto de 2008 donde no habrían habido diferencias significativas entre los materiales encontrados en las siembras, sí las hubieron en el resto de los ensayos: 2004, 2005, 2006, 2007 ciclo largo y 2008 ciclo largo. En los resultados del promedio de los ensayos de ciclo corto de 2008, los cultivares sembrados quedaron separados por no más de 537 kg ha⁻¹ entre NA6126RG y Fundacep 53RR.

Los resultados más específicos indican que: 3) En 2004 la diferencia entre el mejor material en el análisis conjunto -A7053RG- y el peor -AGT4900- fue de 1.568 kg ha⁻¹; se encontraron quince cultivares luego sembrados que estuvieron en una relación igual o mayor a 110/100 de la media general del año, pero el más destacado superó significativamente a ocho cultivares también encontrados en las chacras más tarde. 4) En 2005 la diferencia entre el mejor material en el análisis conjunto –DM5,5i- y el peor –AGT4900- fue de 966 kg ha⁻¹; se encontraron seis cultivares luego sembrados que estuvieron en una relación igual o mayor a 110/100 de la media general del año, el más destacado superó significativamente a tres cultivares encontrados en las chacras más tarde. 5) En 2006 la diferencia entre el mejor material en el análisis conjunto –DM5,5i- y el peor –A5009RG- fue de 898 kg ha⁻¹; se encontraron ocho cultivares luego sembrados que estuvieron en una relación igual o mayor a 110/100 de la media general del año, el más destacado superó significativamente a seis cultivares encontrados en las chacras más tarde. 6) En los ensayos de ciclo largo de 2007 la diferencia entre el mejor material en el análisis conjunto –DM7,0i- y el peor –AGT4900- fue de 809 kg ha⁻¹; se encontró un solo cultivar luego sembrado que tuvo una relación igual o mayor a 110/100 de la media general del año, el más destacado superó significativamente a dos cultivares encontrados en las chacras más tarde; en parte porque en esos ensayos estuvieron presentes nueve materiales entre los encontrados en las chacras. 7) En los ensayos de ciclo largo de 2008 la diferencia entre el mejor material en el análisis conjunto –TJS2055RR- y el peor –AGT4900- fue de 1.330 kg ha⁻¹; se encontraron dos cultivares sembrados en chacras que tuvieron una relación igual o mayor a 110/100 de la media general del año, el más destacado superó significativamente solo a un cultivar; en esos ensayos estuvieron presentes siete cultivares entre los encontrados en las chacras.

Cuadro 21 – Cluster, frecuencia, productividad anual (kg ha⁻¹)
según cultivar de soja encontrado en chacras de agricultores CREA
(2003-2008)

Cultivar	Cluster					f ¹ %	Zafra de evaluación							
	MB	A	MA	B	M		2003	2004	2005	2006	2007 cc	2007 cl	2008 cc	2008 cl
s/d ³	3	2	1	12	2	1,5								
s/i ⁴	2	9	9	13	7	2,9								
Dv ⁵	4	0	0	1	0	0,4								
A4613RG	0	3	5	1	0	0,7	2.518							
A4725RG	0	0	0	1	0	0,1	2.573	1.535						
A4910RG	3	7	4	15	19	3,5		2.040	2.742	2.697	3.970	3.427	3.769	2.535
A4990RG	0	7	6	1	4	1,3				2.509	3.798			
A5009RG	7	9	9	7	8	2,9				2.470	3.575			
A5485RG	11	4	1	12	3	2,3			3.506	3.222				
A5520RG	0	4	2	2	7	1,1			3.158	3.053				
A5543RG	2	5	1	5	1	1,0								
A5766RG	1	0	0	0	0	0,1			3.066	2.974				
A5777RG	18	10	4	36	14	6,0	2.488	2.607			3.549	3.351	3.760	2.384
A5909RG	1	0	2	1	3	0,5					3.478			2.914
A6010RG	3	0	0	0	0	0,2				3.069	3.601			
A6019RG	0	21	4	13	21	4,3	2.585	2.539	3.298	2.810	3.395	3.488		
A6126RG	42	22	12	42	23	10,3		2.987	3.490	3.019				2.823
A6401RG	16	14	5	40	17	6,7	2.422	2.322						
A6411RG	50	12	8	53	45	12,3	2.546	2.944						
A7053RG	0	0	0	1	1	0,1	2.295	3.076						
A7321RG	3	2	0	2	1	0,6	2.561							
AGT4900	0	0	0	1	1	0,1		1.508	2.632		3.267	3.051		1.736
AGT6000	0	11	8	18	8	3,3		2.921	3.467					
DM3700	0	2	0	0	0	0,1	2.750	1.542						
DM4600	0	0	0	1	0	0,1	2.824	1.697	2.634					
DM4800	0	0	0	1	0	0,1								
DM5,1i	0	0	0	0	2	0,1							3.606	
DM5,2i	0	5	5	5	3	1,3			3.212	3.344				
DM5,5i	30	7	5	25	13	5,9			3.568	3.368				
DM5,8i	25	14	13	30	24	7,8			3.252	3.167				
DM6200	15	3	2	16	3	2,9		2.441	3.301					
DM6800	6	2	0	7	2	1,2				2.754				
DM7,0i	8	6	9	23	5	3,7				3.279		3.860		
Fundacep53RR	2	0	0	1	0	0,2					3.311	3.487		
NA6126RG	0	0	0	1	0	0,1		2.987	3.490				4.000	2.823
NA66R	0	2	0	4	2	0,6		2.566		2.972				

Referencias: ¹ frecuencia relativa en el conjunto de las chacras de soja (primeras y segundas); ² media general; ³ chacras sin datos sobre el cultivar; ⁴ chacras con cultivares no identificados. ⁴ chacras con dos cultivares.

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.).

Cuadro 22 – Cluster, frecuencia, productividad anual (kg ha⁻¹)
según cultivar de soja encontrado en chacras de FUCREA
(2003-2008)

Cultivar	Cluster					f ¹ %	Zafra de evaluación							
	MB	A	MA	B	M		2003	2004	2005	2006	2007 cc	2007 cl	2008 cc	2008 cl
RA514	3	1	2	6	5	1,2		2.813		2.801				
RA516	1	3	4	1	6	1,1		2.332		2.539				
RA518	1	6	4	3	6	1,5		2.724		2.944				
RA607	0	0	3	0	0	0,2				2.621	3.357			
RA626	0	0	0	2	2	0,3		2.596		2.479				
RA633	0	1	3	0	0	0,3				2.760				
Rafaela58	0	0	0	1	0	0,1	2.624	2.717	3.242	3.196				
RAR505	0	1	0	2	1	0,3		2.949						
RAR605	2	1	0	1	3	0,5		2.639						
Serrana65	1	0	0	1	0	0,1	2.272							
TJS2049RR	5	4	4	7	5	1,8	2.743	2.056						
TJS2055RR	11	3	3	37	4	4,2	2.524	3.031				3.730	3.066	
TJS2068RR	0	3	0	1	0	0,3		2.437						
TJS2156IR	5	2	0	5	2	1,0				3.133	3.706			
TJS2164R	2	2	3	1	0	0,6			3.413					
Total	283	210	141	459	273	100,0								
Media ⁴							2.504	2.294	3.062	2.799	3.725	3.385	3.640	2.708
CV%							11,70	24,71	15,48	12,00	8,00	9,00	18,15	12,3
MDS ⁴							N.S.	660	798	660	N.S.	536	1028	838

Referencias: ¹ frecuencia relativa en el conjunto de las chacras de soja (primeras y segundas); ² media general; ³ chacras con cultivares no identificados en las bases de datos originales. ³ kg ha⁻¹

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.).

Las tablas siguientes fueron elaboradas a los efectos de responder las dos preguntas originales restantes: b) ¿en los ensayos de evaluación hubieron materiales que superaban a los mejores entre los sembrados?, y c) ¿los ensayos de evaluación de los años previos a las siembras mostraban materiales que en los ensayos superaban significativamente a uno o más entre los sembrados?. La tercera pregunta de hecho fue contestada al responder la primera pregunta, dado que se encontraron diferencias significativas de rendimiento entre los propios cultivares sembrados. Ahora bien, ¿cuál es la respuesta a la segunda pregunta recién recordada?. 1) Una parte de la respuesta ya fue anticipada, en la medida que los resultados de los análisis conjuntos de 2003 y los de ciclo corto de 2007 no detectaron diferencias significativas, en esos ensayos no hubo materiales más destacados que los cultivares sembrados. 2) En los resultados de los años restantes, no se encontró ningún material entre los evaluados que superara

significativamente al mejor entre los cultivares encontrados en las chacras. 3) En particular en 2004 el mejor cultivar entre los encontrados en chacras -A7053RG-, fue el segundo material de mejor comportamiento entre los 59 evaluados; en 2005 DM5,5i fue el tercero entre 53 materiales evaluados, en 2006 el mismo cultivar fue el primero entre 60 materiales evaluados; en los ensayos de ciclo largo de 2007, DM7,0i fue el segundo material de mejor comportamiento entre los 29 evaluados, y finalmente en los ensayos de ciclo largo de 2008, TJS2055RR fue el octavo material entre los 63 evaluados; de todas maneras a pesar de los 504 kg ha⁻¹, esa diferencia con el material más destacado no fue significativa.

Cuadro 23 – Productividad anual (kg ha⁻¹), según cultivar de soja (A5409RG-F1652) en ensayos de evaluación de cultivares durante el período 2003-2008

No.	Cultivar	Zafra de evaluación							
		2003	2004	2005	2006	2007cc	2007cl	2008cc	2008cl
1	A 5409 RG		3.130						
2	A 5777 RG		2.607						
3	A 6019 RG		2.539						
4	A 6411 RG		2.944						
5	A 7053 RG		3.076						
6	AGT 6000		2.921	3.467					
7	AW 4403	2.786							
8	AW 5700	2.835							
9	C 2060								3.089
10	C 535							4.658	
11	CEPS 06098								3.132
12	DM 0350			3.475					
13	DM 0543						3794		
14	DM 0547						3968		
15	DM 0635								3.105
16	DM 0638								2.970
17	DM 0721								3.046
18	DM 0724								3.099
19	DM 0729								3.060
20	DM 3700	2.750							
21	DM 4600	2.824							
22	DM 5,2 i				3.344				
23	DM 5,5 i			3.568	3.368				
24	DM 5,8 i				3.167				
25	DM 7,0 i				3.279		3.860		
26	DM 6202 UY								3.057
27	E 2978								3.414
28	EXP 6000								3.020
29	EXP SL 6		3.045						
30	EXP T 2156R				3.133				
31	EXP TJS2158				3.359				
32	EXP TJS2165		2.526						
33	EXP257-04			3.423					
34	EXP259-04			3.445					
35	Exp FN 10009							4.677	
36	Exo FN 6.25								3.111
37	EXPO 4-1		2.533						
38	EXPO 4-2		2.792						
39	EXPO 4-3		2.886						
40	F 1652							4.590	

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.).

Cuadro 24 – Productividad anual (kg ha⁻¹) según cultivar de soja (Fun55RR-XA472) en ensayos de evaluación de cultivares durante el período 2003-2008

No.	Cultivar	Zafra de evaluación							
		2003	2004	2005	2006	2007cc	2007cl	2008cc	2008cl
41	Fundacep 55 RR							4.554	
42	IGRA 510							4.638	
43	LEO 130-03							4.491	
44	Maria 54			3.368					
45	Mercedes 76 ¹			3.851					
46	N 398							4.073	
47	NA 5766 RG		2.763						
48	NA 6126 RG		2.987						
49	NA 6355 RG		2.629						
50	NA 66 R		2.566	3.483					
51	Ni A 5485RG			3.506	3.222				
52	Ni A 6010RG				3.069				
53	Ni A 6126RG			3.490				4.000	
54	Ni A 5509 RG							4.809	
55	Ni A 8009 RG								3.570
56	NM 55 R		2.590						
57	RA 514		2.813						
58	RA 518		2.724						
59	RA 626		2.596						
60	RA 701				3.105				
61	RA 703		2.837						
62	Rafaela 58		2.717		3.196				
63	RAR 505		2.949						
64	RAR 605		2.639						
65	RMO 75i								3.013
66	RR4-5-78-00	2.861							
67	SRM 5301			3474					
68	SRM 6403			3427					
69	TJS 2049	2.743							3.066
70	TJS 2055 RR		3.031						
71	TJS 2070 RR		2.760						
72	TJS 2164 R			3.413					
73	TJS 2167 R		2.578	3.624					
74	TJS 2178 R			3.432					
75	XA472			3.441					
	Media ¹	2.504	2.294	3.062	2.799	3.725	3.385	3.640	2.708
	CV%	11,70	24,71	15,48	12,00	8,00	9,00	18,15	12,3
	MDS ¹	N.S.	660	798	660	N.S.	536	1.028	838

Referencias: ¹ kg ha⁻¹

Fuente: elaborado con datos de Ceretta (s.f.), Vilaró (s.f.).

2.3. LAS CONDICIONES AGROCLIMÁTICAS DE LAS ZAFRAS

Las zafra agrícolas vinculadas al presente estudio incluyen 2006/2007 solo para cultivos de verano, y el período 2007/2008-2009/2010 para cultivos de invierno y cultivos de verano. A los efectos de caracterizar el comportamiento agroclimático se seleccionaron un conjunto de variables comunes –temperaturas y precipitaciones- y no comunes –heladas y radiación- para los dos grupos de cultivos. Los datos proceden de La Estanzuela (INIA, s.f.). Salvo el caso específico de las heladas, se procesaron datos para cada zafra durante la estación de crecimiento de cada grupo de cultivos, excepto en la zafra 2006/2007 donde los registros diarios están incompletos –faltan un tercio de los registros entre el 1 de setiembre de 2006 y el 31 de mayo de 2007-. Las estaciones experimentales con registros potencialmente equivalentes en las mismas latitudes del resto de las zonas más agrícolas están en Treinta y Tres y Tacuarembó, pero ellas mismas fuera de las regiones tradicionales y en buena medida aún actuales de la agricultura extensiva de secano.

2.3.1. Cultivos de invierno

El cuadro siguiente –salvo los datos del mes de junio- es equivalente al elaborado por Ernst y Luizzi, citados por Ernst (1990), Hoffman (1995), presentado en la revisión bibliográfica dentro de la adaptación agroclimática para trigo. Los autores vinculan el registro de lluvias en julio-agosto, la ocurrencia de heladas en julio-setiembre y la cantidad de días con temperaturas superiores a 30°C en noviembre-diciembre con el rendimiento del cultivo de trigo. En este caso se agregan la cantidad de días con heladas en junio, el número de días con lluvia en ambos períodos, se incluyen las heladas meteorológicas y las agrometeorológicas y en el caso de las temperaturas por encima de 30°C se incluyen los días con temperaturas medias (24 hs.) y con temperaturas máximas iguales o superiores al valor de referencia.

Como se observa, en La Estanzuela (Colonia-Uruguay), el otoño-invierno de 2007 se caracterizó por ser muy frío –medido en heladas- con un helada agrometeorológica cada tres días entre julio y setiembre, y más de una helada cada dos días en junio. Las lluvias en el otoño-invierno fueron promedialmente escasas –menos de la mitad de las equivalentes a los registros medios en largos plazos-; mientras que si se consideran las temperaturas máximas, en el período noviembre-diciembre uno de cada cuatro días tuvo temperaturas superiores a 30°C, las temperaturas medias no superaron ese nivel en ningún momento. Siguiendo a Ernst y Luizzi, considerando la cantidad de heladas y también la cantidad de lluvias, e incluso la cantidad de días cálidos sobre la mitad de la primavera, esa zafra fue muy adecuada para cultivos de invierno vista en su comportamiento agroclimático.

El otoño invierno de 2008 fue relativamente menos frío, en este caso con una helada agrometeorológica cada cuatro días entre julio y setiembre y una cada tres días en junio. Las lluvias en junio fueron escasas y similares a las del año previo, pero sobretodo en julio-agosto las lluvias fueron muy escasas, alrededor de la cuarta parte de los registros de largo plazo en esos meses. La primavera tardía mostró más de veinte días – uno de cada tres entre noviembre y diciembre- con temperaturas máximas iguales o mayores a 30°C, pero nuevamente ningún día con temperaturas medias que alcanzaran ese registro. Si bien fue menos frío que el año anterior –un tercio menos de heladas entre junio y agosto-, la cantidad de heladas no fue despreciable, y fue en el período analizado aún más seco que 2007. La cantidad de días cálidos en noviembre-(diciembre) –medidos con las temperaturas máximas- fue muy superior y en ese sentido inadecuado para el logro de altos rendimientos en trigo según los citados autores.

Mientras que el mes de junio con lluvias levemente superiores a los años previos, mantuvo lluvias escasas, en el invierno de 2009 llovió en torno a los niveles medios históricos –en un grado, vinculado por Ernst y Luizzi a los bajos rendimientos de trigo-. La cantidad de heladas fue intermedia entre los años previos, con una helada cada tres días en promedio entre junio y setiembre. En la primavera tardía ocurrieron solo tres días –uno cada veinte- con temperaturas máximas iguales o superiores a 30°C. Fue sin dudas un año inadecuado para el logro de altos rendimientos por las lluvias de invierno, pero fue simultáneamente bastante frío, aunque no tanto como el 2007; sobre el final de la estación de crecimiento y de acuerdo al indicador de temperaturas máximas, fue un año con días frescos durante la primavera y quizás entonces el más adecuado de los tres para altos rendimientos en trigo.

Cuadro 25 - Lluvias en junio-agosto (mm), cantidad de heladas en junio-setiembre y días con más de 30°C en noviembre-diciembre, por zafra agrícola.
La Estanzuela (Colonia-Uruguay)

Variable	Período	Zafra agrícola		
		2007	2008	2009
Lluvias (mm)	jn ³	39.7	42.3	51.9
Lluvias (días)	Jn	6	8	4
Lluvias (mm)	j-a ⁴	84.5	50.8	165.3
Lluvias (días)	j-a	13	12	15
Heladas-m ¹	Jn	0	1	1
Heladas-a ²	Jn	17	11	12
Heladas-m ¹	j-s ⁵	5	0	2
Heladas-a ²	j-s	35	25	30
Tmed>30°C	n-d ⁶	0	0	0
Tmáx>30°C	n-d	14	21	3

Referencias: ¹ meteorológicas, ² agrometeorológicas, ³ junio, ⁴ julio-agosto, ⁵ julio-setiembre, ⁶ noviembre-diciembre.

Fuente: variables agroclimáticas con datos de INIA (s.f.).

A continuación se presenta el comportamiento térmico de cada año, evaluado a través de las temperaturas máximas, medias y mínimas, en un extenso período entre el 1 de abril y el 31 de diciembre de cada año, que incluye la estación de crecimiento de los cultivos de invierno en Uruguay. El año 2007 en el sentido de lo anotado antes, tuvo una enorme cantidad de días con temperaturas menores a 5°C entre principios de mayo y fines de agosto, cuando las temperaturas medias si bien oscilaron, estuvieron por debajo de 10°C la mayor parte del tiempo entre mayo y agosto. Justamente entre mediados de julio y mediados de agosto ocurren los días más fríos. Luego de un pico de altas temperaturas en setiembre y uno secundario en octubre, las temperaturas tendieron a subir, y ya pasado mediados de noviembre las temperaturas máximas superaron los 30°C en la segunda parte de la primavera.

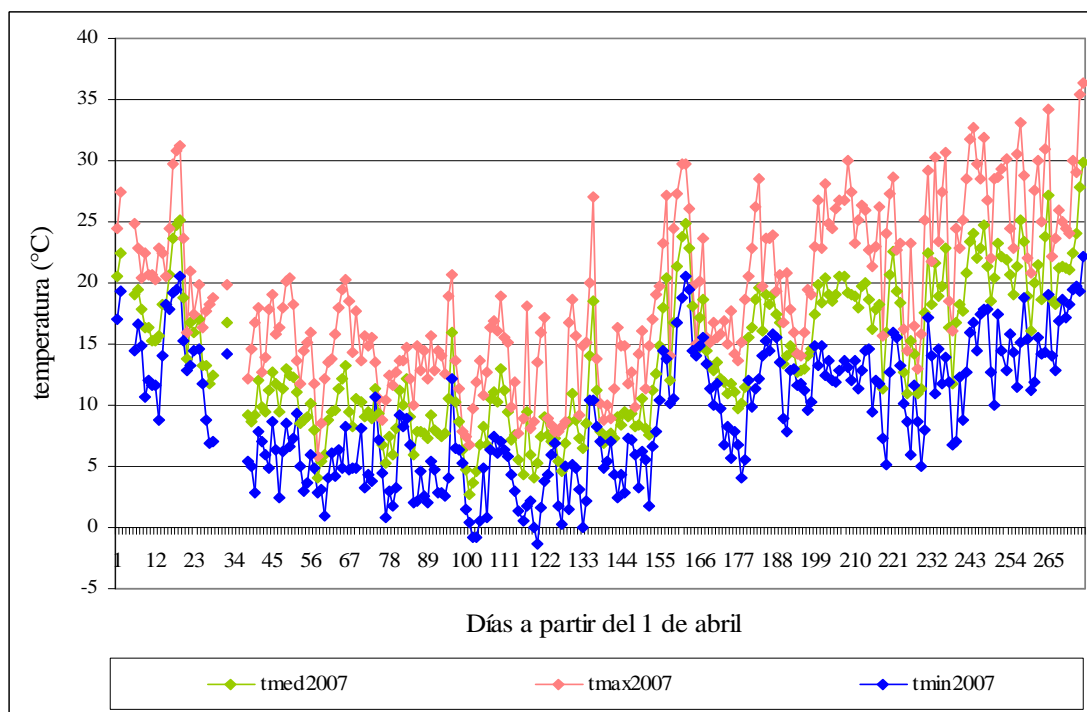


Gráfico 10 – Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según fecha.
La Estanzuela (01/04/2007-31/12/2007)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

El año 2008 mostró menos cantidad de días por debajo de 5°C, los cuales salvo una excepción en abril, se concentraron en junio y en agosto, no ocurrieron días fríos en todo el mes de julio donde las temperaturas medias llegaron a trepar por encima de 20°C. Las heladas -en menor cantidad como ya fue anotado-, habrían seguido el mismo patrón que las bajas temperaturas. Aunque con las oscilaciones visibles, las temperaturas tendieron a subir progresivamente desde fines de agosto, de hecho luego del pico de altas temperaturas de julio, las temperaturas máximas recién superaron los 25°C en octubre y los 30°C en noviembre-diciembre, claramente antes que el año anterior.

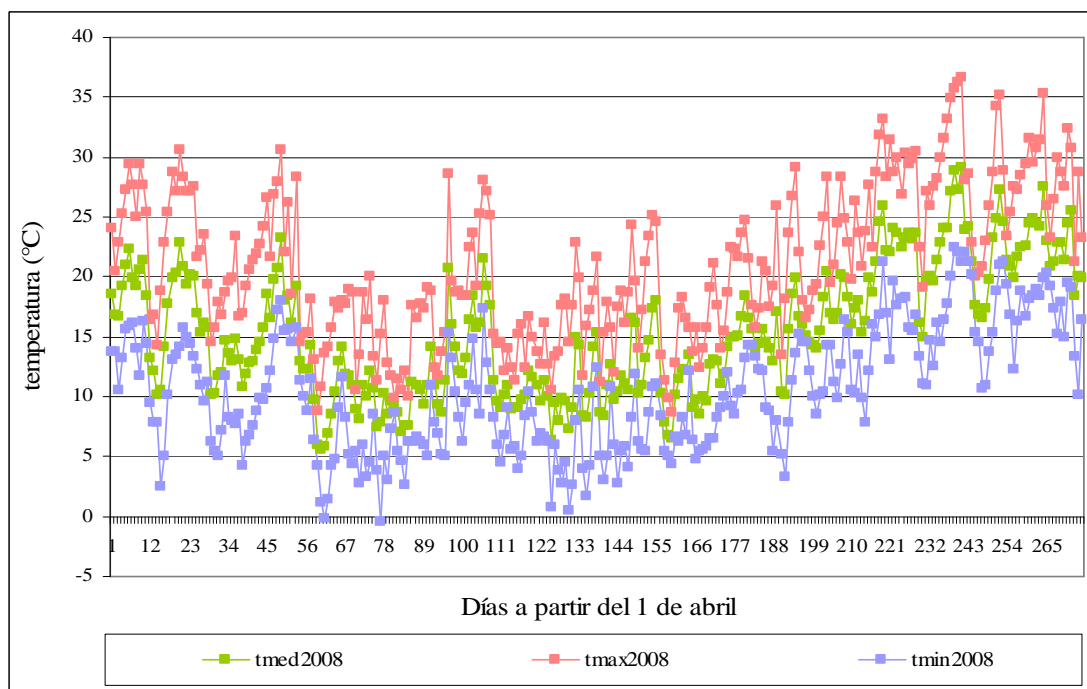


Gráfico 11 – Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según día ordinal.
La Estanzuela (01/04/2008-31/12/2008)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

El año 2009 tuvo un período de bajas temperaturas –menores a 5°C- en junio y julio –claramente menos extenso que el 2007 y más continuo que en 2008 cortado a la mitad-; aunque las temperaturas volvieron a ser bajas en setiembre; el período de heladas parece concentrado entre mediados de junio y fines de julio -habría comenzado y terminado antes que en 2007-. Este año 2009 tuvo dos picos de altas temperaturas en agosto pero menores al pico de julio de 2007, luego desde fines de agosto las temperaturas mínimas, medias y máximas subieron gradualmente; pero como se observa las temperaturas máximas igualaron o superaron los 30°C apenas en dos oportunidades – sino se considera el pico puntual en agosto, similar en este caso al año 2007-, sobre fines de setiembre y a mediados de diciembre.

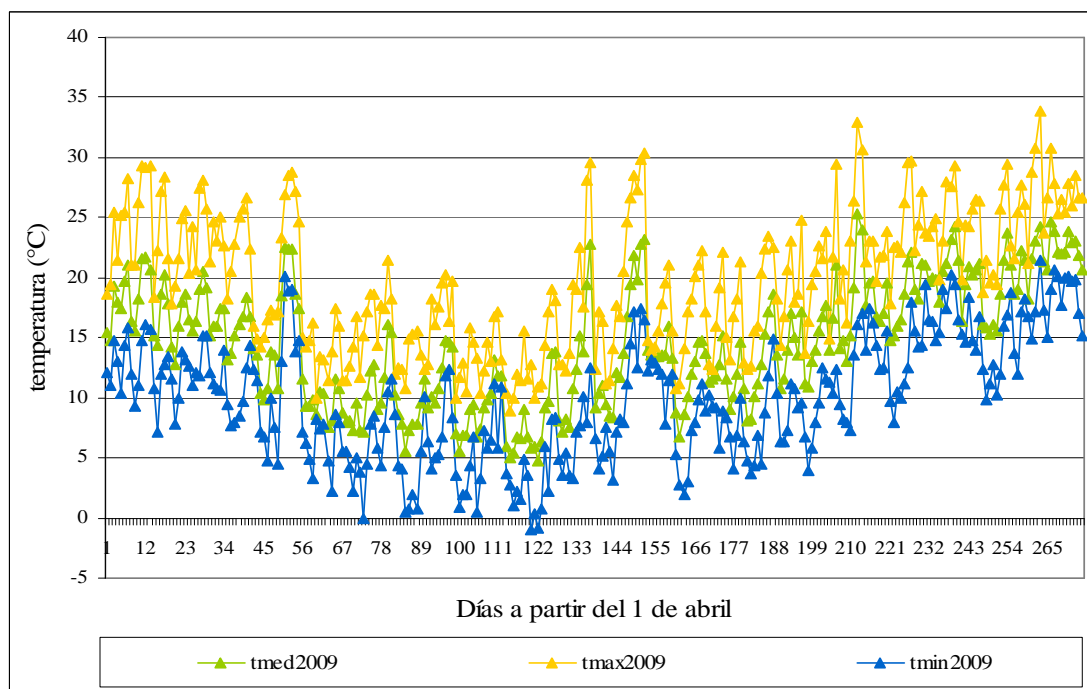


Gráfico 12 – Temperaturas medias (24 hs.), máximas y mínimas según día ordinal.
La Estanzuela (01/04/2008-31/12/2008)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

El gráfico siguiente muestra las lluvias ocurridas en el mismo período para el cual se presentaron las temperaturas. El gráfico certifica los adelantos, el año 2007 fue muy seco entre mayo y julio luego de abundantes lluvias en abril, las lluvias se recuperaron entre agosto y octubre, y volvieron a ser muy escasas en la segunda mitad de la primavera. El gráfico detallado muestra que abril fue lluvioso para luego no llover durante mayo y la primera mitad de junio; luego de las intensas lluvias de la primera mitad de octubre, las lluvias fueron muy escasas el resto de la primavera. En el año 2008 las lluvias fueron muy escasas entre abril y noviembre, con un invierno muy seco. El gráfico detallado muestra que hasta las lluvias de principios de diciembre, el nivel de precipitaciones superó apenas los 20 mm en algunas oportunidades en un período de nueve meses que incluye todo el otoño-invierno y buena parte de la primavera.

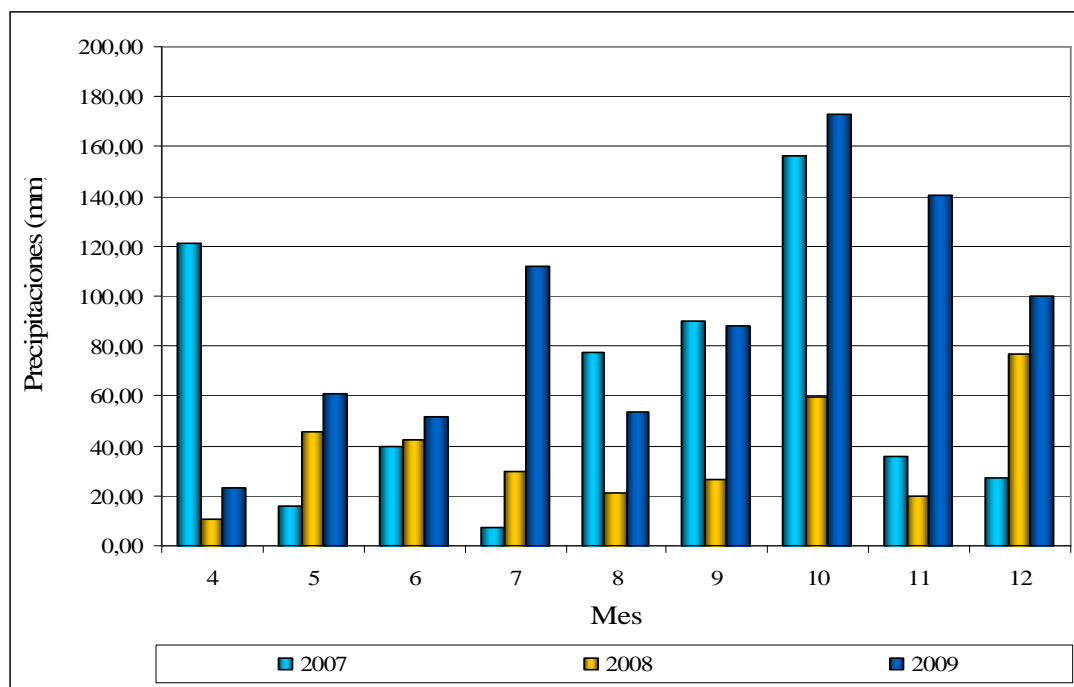


Gráfico 13 – Precipitaciones (mm) por mes en los años 2007 a 2009.
La Estanzuela (01/04/200x-31/12/200x)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

El año 2009 tuvo un otoño más bien seco, pero las lluvias se recuperaron en julio a valores en torno a las medias mensuales de largos períodos –en este caso en pleno invierno-, y si bien volvieron a ser escasas en agosto, entre setiembre y diciembre las lluvias fueron medias a abundantes; en particular en plena primavera entre octubre y noviembre las lluvias fueron muy abundantes –entre 140 mm y 180 mm mensuales-. El gráfico detallado muestra varios días con lluvias por encima de 20 mm entre la segunda mitad de junio y julio y un pico de más de 40 mm a mediados de julio donde las lluvias fueron abundantes, luego salvo un pico de 40 mm en setiembre, las lluvias puntuales volvieron a ser abundantes en octubre y decrecieron en noviembre aunque con varios picos entre 30 mm y 40 mm. En estos datos –sin visualizar los valores de humedad- fue una primavera aparentemente muy húmeda. Las lluvias volvieron a aparecer luego ya en las últimas dos semanas del año.

Justamente cuando se miran los volúmenes de lluvia tanto en los nueve meses como en la primavera (octubre-diciembre), las diferencias descritas se tornan más evidentes. Las lluvias acumuladas en el período abril-diciembre fueron 449 mm (2007), 322 mm (2008) y 780 mm (2009), si se mensualizan los volúmenes, el año más seco

tuvo una media mensual de 36 mm, mientras que en el más lluvioso la media fue de 87 mm, con sus 50 mm de media mensual, el año 2008 fue también un año bastante seco. El año 2009 con casi dos veces y media más agua que el año 2007, siquiera no es en si mismo un año lluvioso, sino con suerte uno normal. En la primavera las diferencias se estiraron pero en volúmenes más altos, las lluvias medias fueron 138 mm mensuales en 2009, contra 52 mm mensuales en 2007; mientras el 2007 siguió con una primavera bastante seca, en el 2009 la primavera tuvo registros abundantes.

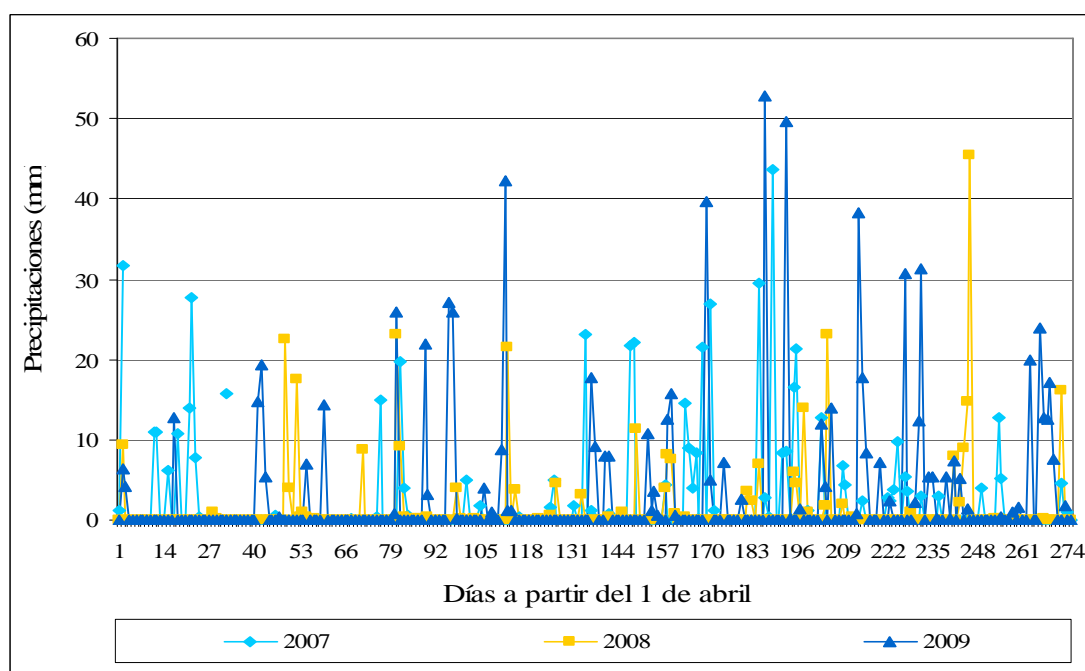


Gráfico 14 – Precipitaciones diarias (mm), según día en los años 2007 a 2009.
La Estanzuela (01/04/200x-31/12/200x)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

2.3.2. Cultivos de verano

A continuación se presenta el comportamiento térmico de cada año, también evaluado a través de las temperaturas máximas, medias y mínimas, en un extenso período entre el 1 de agosto y el 31 de abril de cada año, que incluye sino toda, la mayor parte de la estación de crecimiento de los cultivos de verano en Uruguay; el mes de agosto fue incluido para visualizar como se comportaron las bajas temperaturas. En la zafra 2007/2008 como se observa las temperaturas medias superaron consistentemente los 10°C desde setiembre en adelante y se mantienen por encima el resto del período; sin embargo hasta fines de noviembre y en varias oportunidades las temperaturas mínimas cayeron por debajo de ese nivel. Salvo un pico a principios de setiembre, las temperaturas medias recién superaron consistentemente los 20°C desde mediados de octubre, y los 25°C entre mediados de diciembre y mediados de enero y algunos días en febrero. Las temperaturas máximas superaron los 30°C en varias oportunidades entre mediados de noviembre y fines de febrero y algunos días en marzo.

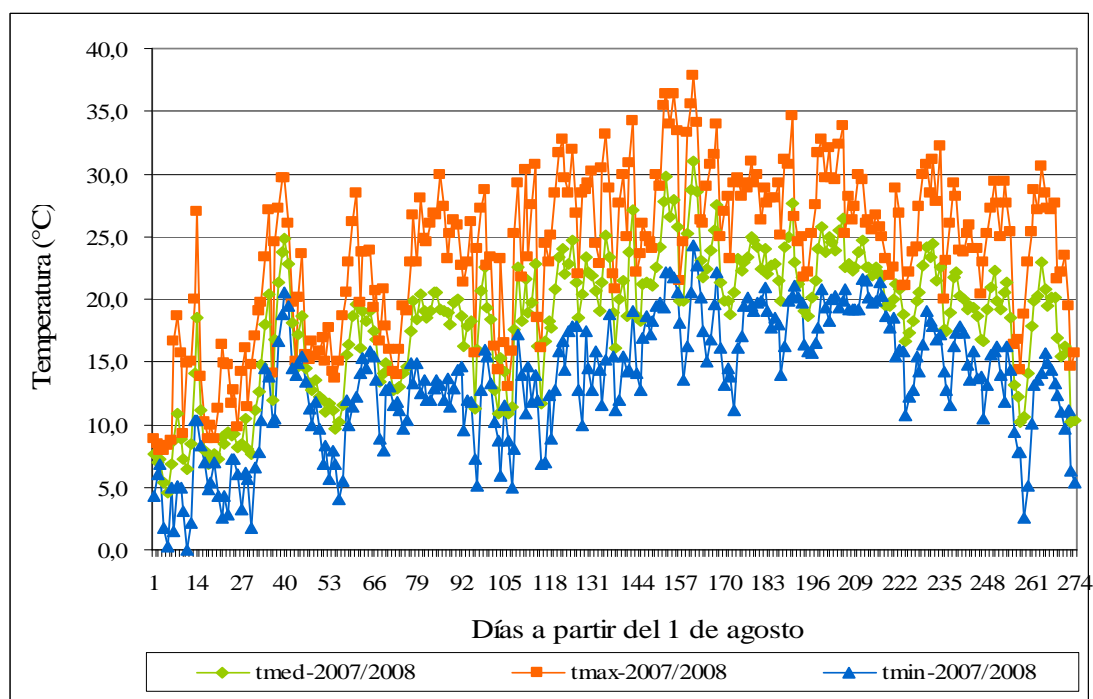


Gráfico 15 – Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según fecha.
La Estanzuela (01/08/2007-30/04/2008)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

En la zafra 2008/2009 las temperaturas medias se sostuvieron definitivamente por encima de 10°C desde mediados de setiembre en adelante; aún cuando hasta mediados de octubre ocurrieron temperaturas mínimas por debajo de 5°C y hasta fines de noviembre se dieron días con temperaturas mínimas por debajo de los 10°C - noviembre fue sin duda un mes más frío que octubre-. Las temperaturas mínimas volvieron a quedar por debajo de ese nivel en marzo-abril de 2009. Las temperaturas medias superaron consistentemente los 20°C en el período noviembre-marzo, y entre noviembre –sobre todo diciembre- y febrero las temperaturas medias superaron los 25°C en varias ocasiones, en esta zafra en ningún momento alcanzaron los 30°C pero el citado período cálido es más extendido que en la zafra anterior. A su vez las temperaturas máximas diarias por encima de 25°C fueron habituales entre octubre y abril, y en repetidas ocasiones superaron los 30°C entre noviembre y marzo, esas temperaturas fueron más frecuentes y el período más extendido que en la zafra 2007/2008.

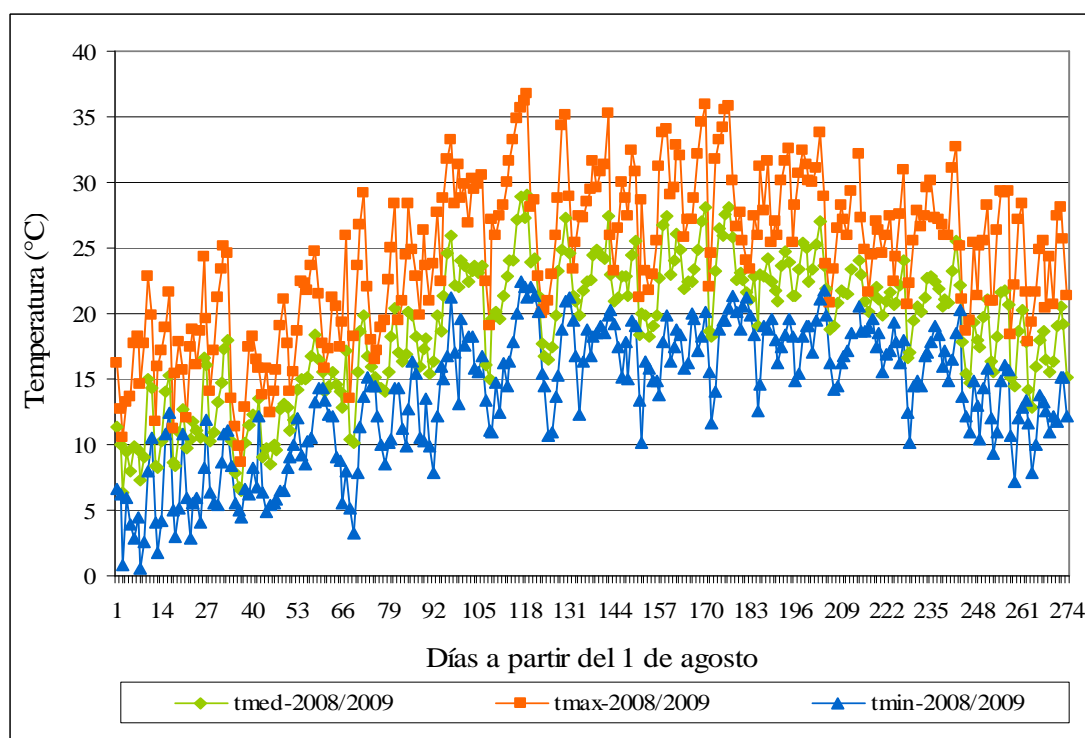


Gráfico 16 – Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según fecha.
La Estanzuela (01/08/2008-30/04/2009)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

En la zafra 2009/2010 si bien ocurrieron picos de temperaturas medias por encima de 20°C entre agosto y setiembre, las temperaturas medias recién superaron consistentemente los 10°C desde octubre en adelante. Hasta mediados de octubre se sucedieron temperaturas mínimas por debajo de 5°C y hasta principios de diciembre se dieron temperaturas mínimas por debajo de 10°C, las mínimas volvieron a bajar con frecuencia de 10°C recién a partir de abril del año siguiente. A partir de noviembre las temperaturas medias comenzaron a superar los 20°C, aunque debido a las fuertes oscilaciones, recién desde mediados de diciembre y hasta fines de febrero se sostuvieron por encima de esa temperatura. Esta zafra las temperaturas medias por encima de 25°C fueron poco frecuentes y ocurrieron en enero y en algunos días de febrero. Salvo un pico de fines de octubre, las temperaturas máximas superaron los 30°C a mediados de diciembre, y frecuentemente solo en enero y febrero. Tanto en las temperaturas medias como en las temperaturas máximas, fue la zafra menos cálida de las tres evaluadas.

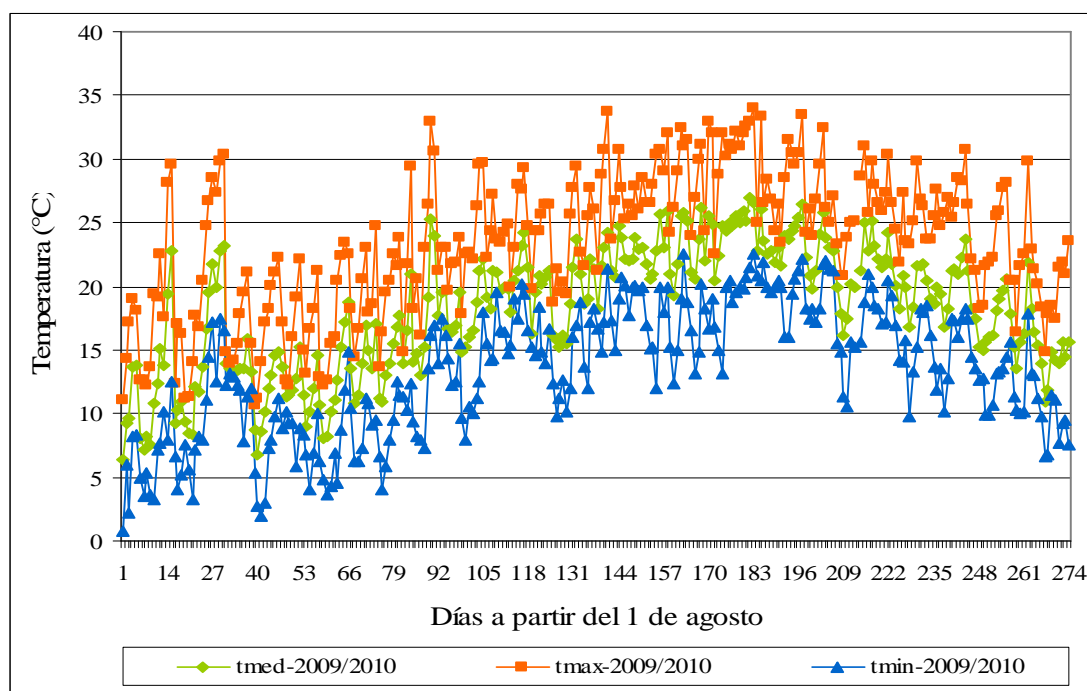


Gráfico 17 – Temperaturas medias (24 hs), máximas y mínimas según fecha.
La Estanzuela (01/08/2009-31/04/2010)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

Los gráficos siguientes muestran las precipitaciones ocurridas para el mismo período en que se evaluaron las temperaturas. La zafra 2007/2008 mostró lluvias medias a abundantes entre agosto y mediados de octubre, lo cual pudo jugar favorablemente

para los cultivos de primera –sobre todo aquellos sembrados en directa-. Las lluvias se desplomaron a valores muy bajos en noviembre-diciembre donde apenas una lluvia superó los 10 mm; sin embargo enero fue un mes de lluvias normales, con lluvias apreciables sobre mediados de ese mes. Las lluvias se volvieron a caer en febrero para recuperarse en marzo y se volvieron a desplomar en abril. En ese largo período de nueve meses llovieron apenas 621 mm, de los cuales 442 se acumularon en los seis meses entre octubre y marzo, en cualquiera de ambos casos aún los promedios mensuales están por debajo de las lluvias medias en largos períodos. El aspecto favorable de la distribución fue quizás la carga de agua antes de las siembras, y las lluvias normales en enero y marzo.

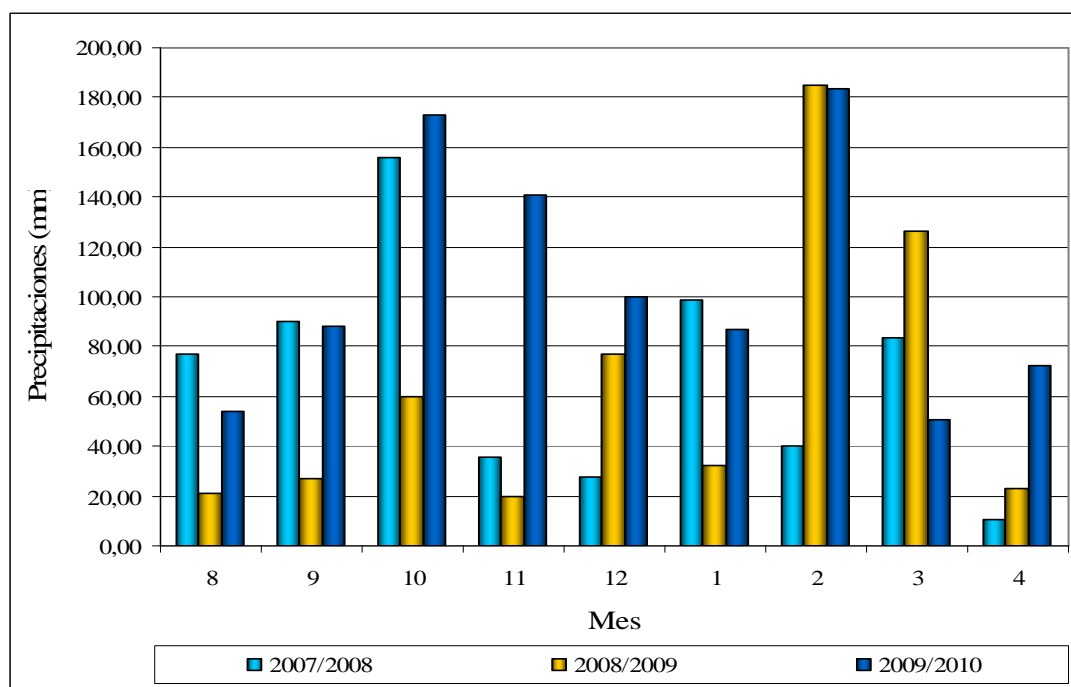


Gráfico 18 – Precipitaciones (mm) por mes en las zafras 2007/2008 a 2009/2010.
La Estanzuela (01/08/200x-30/04/200x)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

La zafra 2008/2009 mostró lluvias escasas y muy escasas entre agosto de 2008 y enero de 2009, las lluvias recién aparecieron en cantidades abundantes en febrero y marzo y volvieron a desaparecer en abril. La distribución es muy irregular, de hecho en los nueve meses analizados se acumularon 571 mm, de los cuales 500 mm se dieron entre octubre y marzo –incluso en esos seis meses la cantidad de lluvias superó a la de la zafra anterior-. Pero la distribución fue tan peculiar que cuando se cuantifican las lluvias

en el período agosto-enero –en un período donde habitualmente el balance hídrico es positivo hasta noviembre –de recarga- y luego un período donde pueden ocurrir las floraciones en siembras tempranas-, la zafra 2008/2009 suma 237 mm en seis meses, o sea menos de la mitad de los 485 mm de la zafra 2007/2008. Además, como muestra el gráfico detallado, más de la mitad de las lluvias registradas en diciembre, se dieron de manera muy concentrada a principios de ese mes.

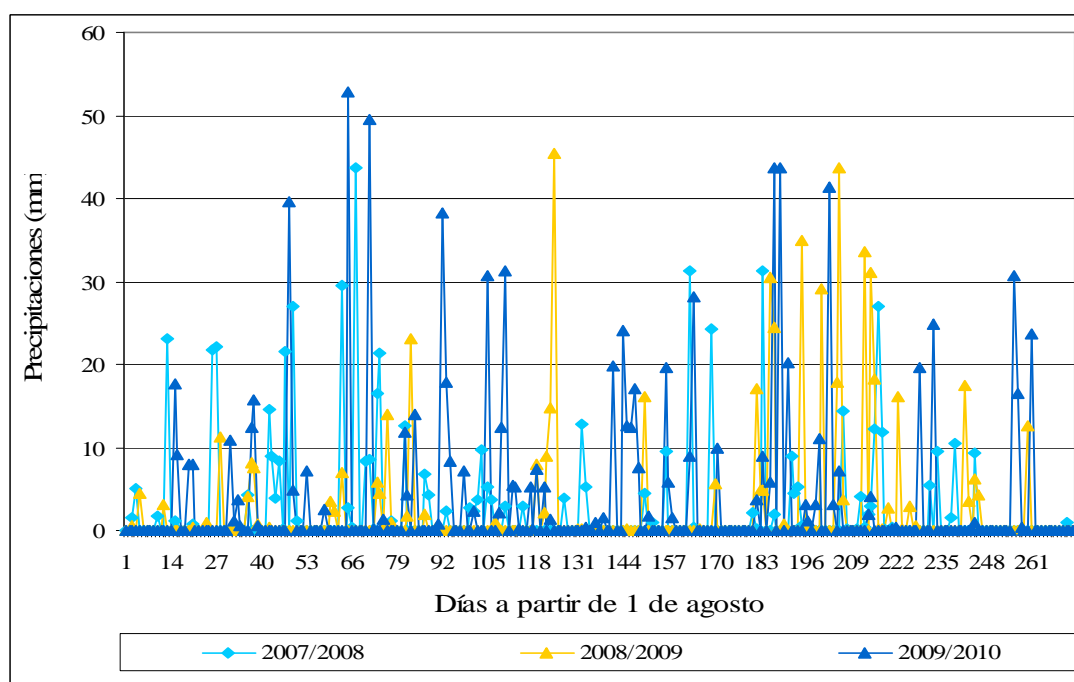


Gráfico 19 – Precipitaciones diarias (mm) en las zafras 2007/2008 a 2009/2010.
La Estanzuela (01/08/200x-01/04/200x)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

La zafra 2009/2010 fue a ojos vista muy distinta a las dos zafras anteriores. Si bien las lluvias fueron escasas en agosto, crecieron más rápidamente que en la zafra 2007/2008 hasta superar los 170 mm en octubre, aún cuando cayeron en el trimestre siguiente entre noviembre y enero, las cantidades tendieron a mantenerse en torno a niveles casi normales. En febrero las lluvias volvieron a ser muy abundantes -180 mm- para caer a cifras por debajo de las normales en marzo-abril. En el largo período de nueve meses agosto-abril, se acumularon 949 mm, una cifra que reporta unos 105 mm mensuales o sea una cantidad normal que parece abundante en la comparación con las zafras anteriores. A su vez en el período octubre-marzo llovieron 735 mm, lo cual eleva la media del período estival a 122 mm, y lo sitúa en una condición media muy favorable,

que se refleja más nitidamente en los 511 mm de lluvias acumuladas en los cuatro meses entre noviembre y febrero -para una media de 128 mm mensuales-. En ese mismo período donde estaría concentrada el grueso de la estación de crecimiento de los cultivos de primera, la zafra 2007/2008 sumó 202 mm y la zafra 2008/2009, 314 mm.

El gráfico siguiente muestra los niveles de radiación en un período de nueve meses entre el 1 de setiembre y el 31 de mayo, incluyendo la estación de crecimiento de la mayor parte de los cultivos de verano de primera y de segunda. En la medida que se calcularon promedios decádicos se incluyó la información disponible para la zafra 2006/2007 y los datos completos para las tres zafras siguientes. Los niveles diarios de radiación son extremadamente variables, y fueron desde el entorno de las $100 \text{ cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ a principios de setiembre y la mayor parte de mayo, hasta niveles máximos en torno a $750 \text{ cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ entre mediados de diciembre y mediados de enero, pero aún en el período de mediados de noviembre a principios de febrero donde los máximos superaron el nivel de $700 \text{ cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$, los niveles mínimos fueron iguales o apenas superiores a $200 \text{ cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$. Las medias decádicas tal como se observa suavizan sustantivamente las variaciones diarias de radiación.

Los niveles de radiación crecieron rápidamente desde principios de setiembre – sobre $200\text{-}300 \text{ cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ - hasta alcanzar valores de $500\text{-}600 \text{ cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$, sobre fines de octubre principios de noviembre, a partir de la tercera década de febrero en adelante, los niveles de radiación ya habían quedado en la mayor parte de las zafras por debajo de $500 \text{ cal cm}^{-2} \text{ día}^{-1}$ –para declinar gradualmente desde la segunda década de mayo hasta los niveles de la primera década de setiembre-. Si bien esa tendencia general –en la lectura de las medias decádicas- fue muy similar entre las cuatro zafras, también se visualizan diferencias de niveles de radiación en períodos más cortos.

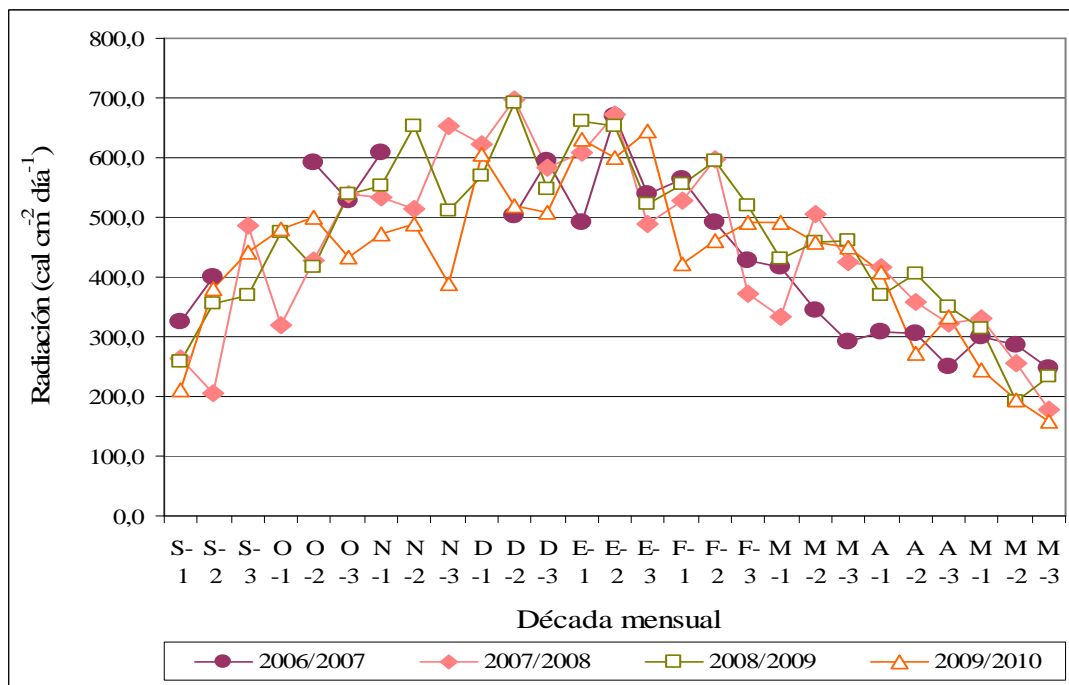


Gráfico 20 – Radiación (cal cm⁻² día⁻¹) por década en las zafras 2006/2007-2009/2010. La Estanzuela (01/09/200x-30/05/200x)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

En el período entre la tercera década de octubre y la tercera década de diciembre –salvo la primera década de ese mes-, los niveles medios de radiación durante la zafra 2009/2010 quedaron por debajo de las dos zafras anteriores, especialmente de la zafra 2008/2009, lo cual constituye en cierta medida una situación espejo de los niveles de lluvia en el mismo período (no obstante las correlaciones entre los niveles decádicos de radiación y los niveles decádicos de lluvias -totales o medios- en los mismos períodos -setiembre-mayo-, son nulas o bajas negativas). Si bien los niveles se emparejan, después vuelve a ocurrir lo mismo en las dos primeras décadas de febrero.

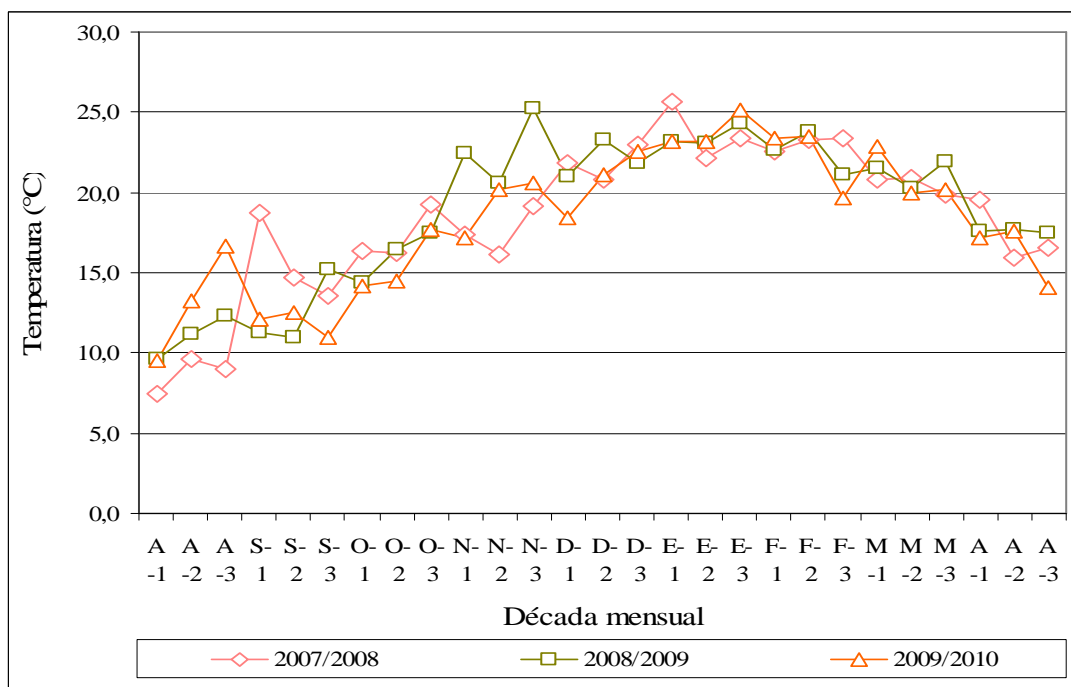


Gráfico 21 – Temperaturas medias (°C) por década en las zafas 2007/2008-2009/2010. La Estanzuela (01/08/200x-30/04/200x)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

El gráfico anterior muestra el comportamiento de una variable que ya fue analizada, las temperaturas medias en el período agosto-abril para cada una de las tres zafas con datos completos (2007/2008-2009/2010). Aunque el lapso en que las gráficas 20-21 coinciden, las curvas de las mismas zafas no son idénticas, el modelo general muestra una buena similitud en el comportamiento de la radiación incidente y de las temperaturas medias. Tal es que si se calculan las correlaciones entre los niveles de radiación decádicos y las temperaturas medias decádicas en el período de nueve meses setiembre-mayo para cada zafra, las correlaciones son medias-altas. En particular los valores obtenidos fueron 0,611 (2007/2008), 0,791 (2008/2009) y 0,625 (2009/2010).

Finalmente los gráficos siguientes presentan la evaporación del tanque A (mm) para el período entre el 1 de setiembre de un año y el 31 de mayo del siguiente en cada una de las tres zafas (2006/2007-2009/2010). El método del tanque A permite medir los efectos de la radiación, la temperatura, la humedad y el viento -las dos primeras variables ya fueron analizadas-. El gráfico de la evaporación diaria permite visualizar las tendencias generales para cada zafra además de la enorme variación diaria, particularmente en el período noviembre-enero para las tres zafas consideradas en el

estudio. La evaporación se situó en la mayor parte de los días entre 0 mm y 10 mm tanto en setiembre-octubre como en febrero-mayo, salvo la primera semana de febrero, en el período central diciembre-enero la evaporación osciló entre 5 mm y 20 mm, aunque también mostró valores más bajos y más altos que los indicados por ese rango. En el gráfico detallado ya se visualiza que en el período octubre-enero la zafra 2009/2010 mostró valores de evaporación muy frecuentemente más bajos que los de la zafra 2008/2009 en el mismo período, la zafra 2007/2008 mostró en grandes líneas valores intermedios pero oscilaciones mayores.

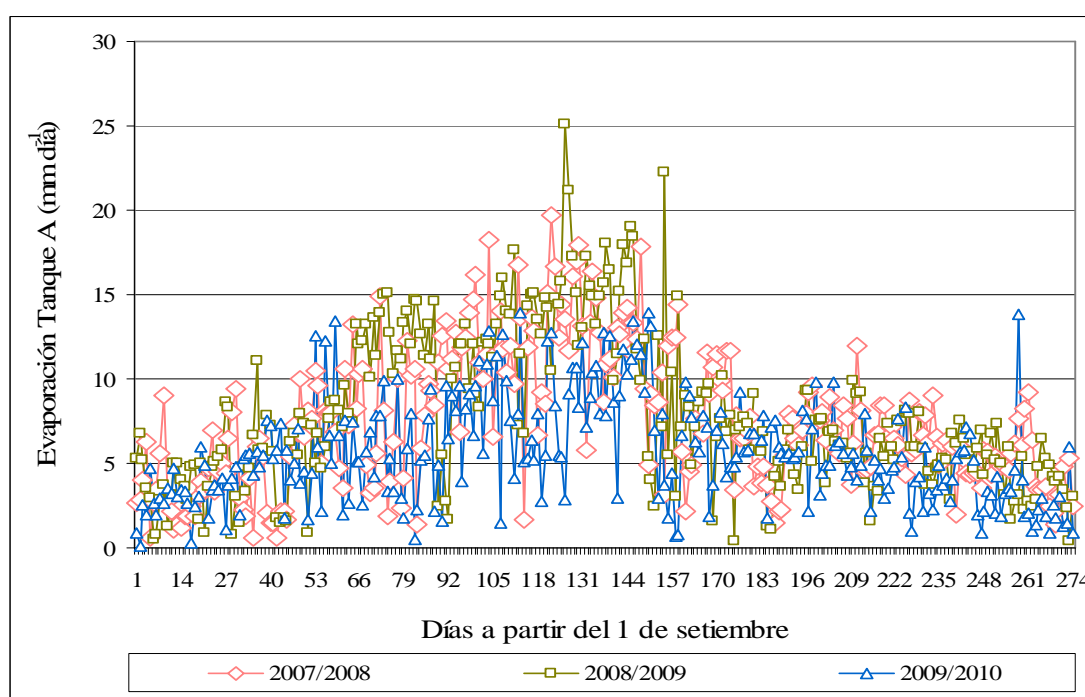


Gráfico 22 – Evaporación del tanque A (mm) por día según zafra.
La Estanzuela (01/09/200x-30/05/200x)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

Si se promedian las evaporaciones diarias en tramos de diez días, se obtiene el gráfico que se muestra debajo, el cual ilustra más claramente los niveles medios y sobretodo las diferencias entre las zafras estudiadas. Tal como se observa, en una tendencia de evaporación creciente en el período setiembre-octubre, no ocurrieron mayores diferencias entre las tres zafras. Más, a partir de la primera década de noviembre y hasta la segunda década de febrero, la evaporación en la zafra 2009/2010 estuvo siempre claramente por debajo de la evaporación de la zafra 2008/2009, y casi siempre por debajo de la evaporación en la zafra 2007/2008. En el período marzo-mayo

los niveles de evaporación tendieron a ser similares en las tres zafras. En la zafra 2009/2010 los niveles de evaporación se situaron en 4 mm día⁻¹-6 mm día⁻¹ durante noviembre para subir a 8 mm día⁻¹-10 mm día⁻¹ en diciembre-enero y volver a situarse en torno a 6 mm día⁻¹ en febrero. En el otro extremo en la zafra 2008/2009 la evaporación alcanzó niveles de 10 mm día⁻¹ a 16 mm día⁻¹ entre noviembre y enero.

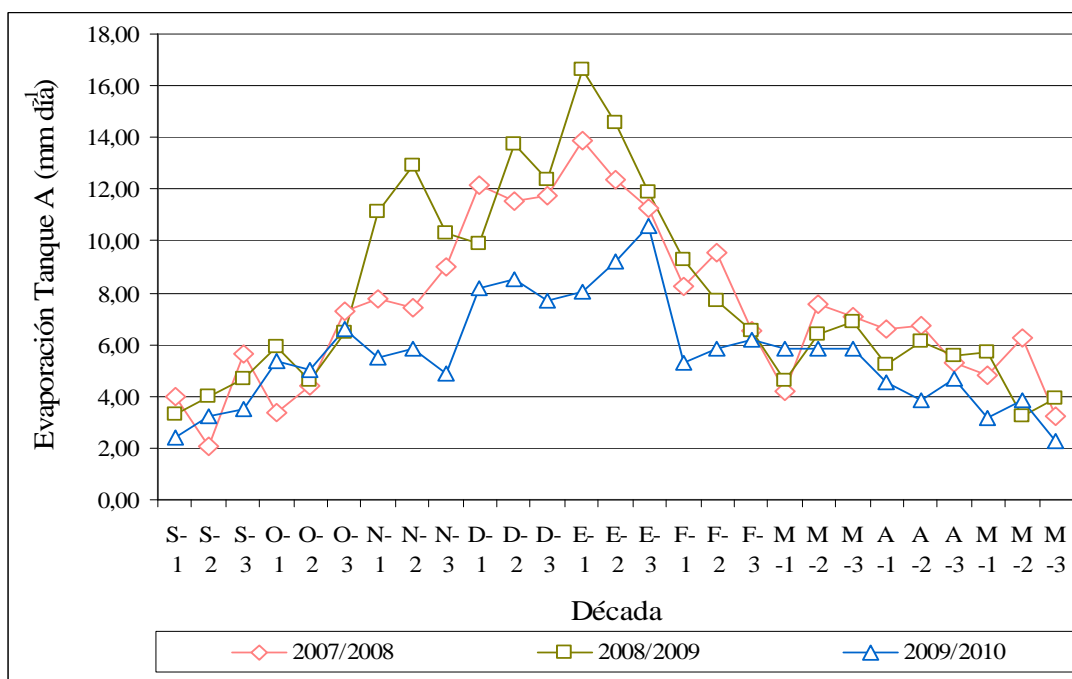


Gráfico 23 – Evaporación del tanque A (mm) por década según zafra.
La Estanzuela (01/08/200x-30/04/200x)

Fuente: elaborado con datos de INIA (s.f.).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Este capítulo se divide en cinco partes, en la primera se presenta una breve introducción a los datos originales utilizados en la investigación, es decir la primera parte del universo de posibilidades -la descripción de los mismos se amplía en la primera parte del capítulo de resultados-. En la segunda parte se introducen las variables disponibles en las bases de datos utilizadas, se ilustra la segunda parte del universo de posibilidades, y por lo tanto se terminan de establecer la mayor parte de las limitantes implícitas en los resultados. En la tercera parte se exponen las variables utilizadas, y quedan entonces fijadas las posibilidades explicativas potenciales. En la cuarta parte se ilustra brevemente el alcance de la información, es decir la cobertura de los datos de cada cultivo medida por la cantidad de chacras, la superficie sembrada, y la estructura de tamaños de las chacras así como la composición según modalidades de siembra en cultivos de verano. Finalmente en la quinta parte se explican los procedimientos estadísticos utilizados, y las lecturas de los resultados.

3.1. LOS DATOS ORIGINALES

La información sistematizada procede de siete bases de datos, que incluyen las chacras de cultivos de verano de las zafras 2006/2007 a 2009/2010, y las de cultivos de invierno de las zafras 2007/2008 a 2009/2010, en todos los casos de agricultores de la Federación Uruguaya de Centros Regionales de Experimentación Agrícola (FUCREA). En el conjunto se dispuso –en el punto de partida- de datos de 2.888 chacras, 1.060 de invierno y 1.828 de verano. La información incluye entonces tres zafras para los cultivos de invierno y cuatro para los cultivos de verano; entre las primeras solo se cuentan chacras de cebada y de trigo; y entre las segundas, chacras de maíz y sorgo entre los granos forrajeros y girasol y soja entre las oleaginosas. Tal como se verá, la cantidad de registros es muy variable entre cultivos.

Las bases de datos originales tal como se dijo disponían de los cultivos de invierno de cada zafra (tres bases de datos) así como los cultivos de verano de cada zafra (cuatro bases de datos). El primer paso fue construir a partir de las mismas bases de datos multizafra para cada cultivo y modalidad dentro de cultivo. Ese procedimiento llevaría potencialmente a disponer de diez bases de datos, dos para los cultivos de invierno presentes (cebada y trigo) y ocho para los cultivos de verano, separados en un principio los cultivos de primera de los cultivos de segunda. El procedimiento de fusionar partes de bases de datos para cada cultivo de invierno y cada cultivo de verano de primera y segunda no fue posible porque las bases de datos de cada zafra -tanto de invierno como de verano- no eran iguales entre sí.

En la medida que las bases de datos no tenían la misma estructura de variables, es decir ni el mismo orden ni la misma cantidad, cada base de datos multizafrada se construyó en una primera instancia a partir de una selección de las variables que estaban presentes en todas las zafras agrícolas y que a su vez tuvieran un medio a alto nivel de completitud de los datos, a los efectos de maximizar en la medida de lo posible la cantidad de chacras disponibles para el análisis posterior. La base de datos 2006/2007 de cultivos de verano disponía de treinta y siete (37) variables originales –no calculadas a partir de variables ya presentes en la misma-, algunas de las cuales no se mantuvieron como tales a lo largo de las siguientes zafras agrícolas (v.g.: estrato) o se fueron modificando a los efectos de incorporar información más precisa (v.g.: antecesor, fungicidas, plaguicidas).

Una vez que estuvieron construidas las bases de datos multizafrada, se pudieron visualizar la cantidad de chacras potencialmente analizables, y tal como muestran los datos se descartaron las bases de datos de girasol de primera y girasol de segunda, por la escasa cantidad de chacras presentes en cada una y para el conjunto del cultivo. En ese momento y cuando todavía los cultivos de verano de primera se mantenían separados de los cultivos de verano de segunda, se disponía de ocho bases de datos multizafrada, dos de cultivos de invierno (cebada y trigo) y seis de cultivos de verano (maíces, sojas y sorgos de primera y de segunda). A lo largo de las siguientes etapas y justo hasta el momento de adaptar las bases de datos para el análisis, las primeras y las segundas en los cultivos de verano se mantuvieron por separado.

3.2. LAS VARIABLES DISPONIBLES

En la tabla siguiente se presentan las proporciones de datos según variable en las bases de datos multizafrada de cada cultivo-actividad, las primeras y las segundas de los cultivos de verano se sumaron a los efectos de los cálculos. Las variables presentadas en la tabla fueron las que se utilizaron directa o indirectamente en el análisis salvo aquellas que para uno o más cultivos mostraron una escasa completitud de los datos. Los contadores de aplicaciones en el caso de fertilizantes, fungicidas, herbicidas y plaguicidas tampoco fueron utilizados merced a la escasa convicción de los técnicos sobre la exactitud de los datos tomados para contabilizar las cantidades en un importante conjunto de chacras.

La tabla también muestra que las variables que permitieron determinar el rendimiento final de grano (económico) no tenían datos completos, por lo cual se debieron descartar para cada cultivo una cantidad dada de chacras. Las chacras descartadas constituyeron entonces una cantidad muy variable entre cultivos dada las diferencias entre la cantidad de chacras disponibles y la distinta proporción de chacras sin datos de rendimiento de chacra y humedad a cosecha o sin datos de rendimiento

sano, seco y limpio. Las chacras descartadas siguieron el siguiente orden absoluto –entre paréntesis se cita la pérdida relativa-: a) trigo = 1 (-0,13%), b) cebada = 8 (-2,72%), c) sorgo = 20 (-10,70%), d) maíz = 24 (-12,97%) y e) soja = 81 (-5.60%). Lamentablemente los dos cultivos con mayor pérdida relativa eran los que contenían menores cantidades de chacras en sus bases de datos multizafras.

Tabla 1 - Proporción de datos (%) en las variables originales por cultivo.
Bases de datos originales de FUCREA. zafras agrícolas 2006/2007*-2009/2010

No.	Variable	Cultivo				
		Cebada	Trigo	Soja	Maíz	Sorgo
1	Zafra	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	Grupo	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
3	Empresa	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4	Paraje	81,3	99,3	97,8	97,8	86,6
5	Departamento	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
6	Cultivo**	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
7	Potrero	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
8	Coneat	33,0	27,7	20,4	33,5	47,6
9	Superficie	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
10	Antecesor invierno	47,3	87,8	94,7	72,4	97,7
11	Antecesor verano	87,4	14,6	55,4	97,3	25,1
12	Laboreo	99,3	99,7	92,1	100,0	100,0
13	Comienzo barbecho	55,4	70,5	58,2
14	Fecha de siembra	79,6	87,1	95,2	93,0	89,8
15	Variedad sembrada	98,0	99,7	97,0	95,7	88,2
16	Densidad sembrada	89,1	63,5	78,2	57,1	49,2
17	Población	22,1	36,8	3,5	13,6	3,2
18	Análisis suelos***	Nd ¹	Nd ¹	75,3	Sd ²	86,5
19	Fertilización1***	Nd ¹	Nd ¹	99,0	100,0	100,0
20	Fertilización2***	Nd ¹	Nd ¹	100,0	100,0	100,0
21	Herbicidas***	Nd ¹	Nd ¹	89,7	80,2	97,8
22	Fungicidas***	Nd ¹	Nd ¹	100,0	100,0	100,0
23	Plaguicidas***	Nd ¹	Nd ¹	100,0	100,0	100,0
24	Rendimiento de Chacra	60,9	75,1	66,4	73,9	51,9
25	Humedad a cosecha	45,9	62,7	63,9	77,2	36,9
	Rendimiento sano, seco y limpio	97,3	99,0	94,4	87,0	89,3

Referencias: * en cultivos de invierno estaban disponibles las zafras 2007/2008-2009/2010. ** modalidad de siembra en cultivos de verano. *** variables calculadas como contadores de aplicaciones en base a las variables originales de las distintas bases de datos. 1: no determinada; 2: sin datos.

3.3. LAS VARIABLES UTILIZADAS

En la etapa siguiente se calcularon a partir de los datos disponibles, cinco variables derivadas: 1) el ambiente agroclimático, 2) la duración del barbecho, 3) la fecha de siembra –el día de siembra en realidad-, y los rendimientos 4) físico y 5) económico. Y a partir de la localización de cada chacra dada en términos generales por el paraje –en algunos casos revisada con los técnicos-, se determinaron seis variables asociadas al ambiente agroecológico específico. Las mismas fueron: Unidad de Suelo 1, Aptitud para cultivos de invierno 1, Aptitud para cultivos de verano 1, Unidad de Suelo 2, Aptitud para cultivos de invierno 2 y Aptitud para cultivos de verano 2 (según Durán 1991, Durán y García-Prechac 2007, URUGUAY. MGAP. DGRNR. DSA 2008).

La localización más probable de la chacra sobre una determinada unidad de suelo se corresponde con el valor que toma la variable Unidad de Suelo 1. Cuando existía una duda razonable, bajo Unidad de Suelo 2 se identificó una segunda unidad de suelo sobre la cual pudo estar localizada la chacra, en caso contrario ambos valores coincidieron. A la variable general se la denomina aptitud agrícola general, en la medida que esa fue la lectura amplia detrás de la unidad de suelo. Una vez identificada la o las unidades de suelo asociadas a cada chacra, se agregaron los valores de las aptitudes para los citados grupos de cultivos, esa variable general se denomina aptitud agrícola específica.

El ambiente agroclimático se determinó en una adaptación de la selección de los ambientes de interés en el estudio de sistemas de producción agrícola –en su acepción amplia de sistemas especializados o mixtos que incluyen cultivos agrícolas de secano- a la información disponible en las bases de datos. Siguiendo ese enfoque se mantuvieron por separado los que se denominaron Centro Sur y Litoral Sur 1. En el primero se incluyeron todas las chacras ubicadas en el departamento de Durazno y algunas localizadas en el sur de Tacuarembó y en el norte de Florida sobre las mismas unidades de suelo presentes en Durazno y geográficamente cercanas. En el Litoral Sur 1 se incluyeron todas las chacras ubicadas en Colonia y Soriano.

Los demás ambientes identificados se adaptaron a las localizaciones de las chacras en cada base de datos y a la información que fue posible derivar de las mismas. En el ambiente Litoral Centro se juntaron todas las chacras ubicadas en los departamentos de Río Negro y Paysandú, en el ambiente Litoral Sur 2 las ubicadas en el departamento de Flores; y en aquellos cultivos donde la dispersión geográfica de las chacras era mayor se identificaron dos ambientes adicionales que se denominaron Sudeste 1 y Sudeste 2. En el ambiente Sudeste 1 se juntaron las chacras localizadas en los departamentos de Florida –salvo las antes señaladas- y Lavalleja –hacia el sudoeste del departamento-, y el ambiente Sudeste 2 incluyó una colección de chacras desparramadas en varios departamentos de la Región Este, en particular Treinta y Tres, Rocha y Maldonado-, donde además se repiten algunas unidades de suelo.

Finalmente cuando ello fue posible, porque se disponía del rendimiento de chacra y la humedad de recibo del grano, se calcularon los rendimientos físico y económico. En el primero si la humedad de chacra era superior a la humedad base, simplemente se ajustaba el rendimiento hasta la misma –lo cual lleva a una disminución del rendimiento de grano sano, seco y limpio, pero si la humedad de chacra era menor, el mismo ajuste llevaba a un aumento del rendimiento de grano sano, seco y limpio. En el rendimiento económico, el rendimiento final se ajustó a la humedad base cuando la humedad de recibo era mayor que esta, pero se mantenía sin cambios si la humedad era igual o menor que la misma. A los efectos de los procedimientos de análisis se utilizó el rendimiento económico como variable dependiente.

En paralelo a las determinaciones anteriores, fue necesario revisar los datos originales, porque aparecían inconsistencias en los resultados (v.g. debidos a errores corregibles en los datos originales de inicio de barbecho o fecha de siembra), o porque faltaba el paraje y por lo tanto era imposible saber cual era la ubicación de la chacra o porque existían dudas razonables sobre la localización y no era posible determinar con una aceptable seguridad la misma. A su vez fue necesario homogeneizar las denominaciones de las demás variables que se utilizarían en los procedimientos estadísticos, en particular los antecesores de invierno, los antecesores de verano, el manejo de suelos y la variedad sembrada.

En el caso de la variedad sembrada –y salvo para cebada cervecera- se construyó una base de datos para cada cultivo (trigo, soja, maíz y sorgo) con los datos básicos de los materiales incluidos en la Evaluación Nacional de Cultivares entre las zafra 2003/2004 y 2009/2010 (Castro et al. s.f., Castro et al. s.f., Ceretta s.f., Vilaró s.f.) para asignar las denominaciones correctas. Las bases de datos de los cultivares no solo se utilizaron para asignar/uniformizar las denominaciones de los mismos cuando ello fue posible, sino que además se asignaron variables asociadas a los cultivares en algunos cultivos. Tales variables asociadas fueron el largo de ciclo de los materiales en trigo y sorgo, el grupo de madurez en las sojas, y la ocurrencia de eventos transgénicos (organismos genéticamente modificados) en maíz.

A los efectos de obtener la localización de aquellas chacras que no disponían del dato del paraje o para validar las que tenían localización dudosa se recurrió a los técnicos agrícolas de FUCREA a través de la comunicación brindada por Sebastián Mazzilli. Los citados técnicos –el orden es alfabético- fueron: Alejandro Bochi (CREA La Maroma), Juan Dumestre (CREA Dos Banderas), Gonzalo Invernizzi (CREA San Martín), Sebastián Mazzilli (CREA La Cuchilla), Cesar Mosca (CREA 59) y Nazar Rodriguez (CREA Cololó). Las consultas permitieron ubicar correctamente un conjunto de chacras sobre las que no se disponía de la localización o la misma era dudosa, pero tal como muestra la tabla sobre las variables utilizadas, no fue posible resolver exitosamente la totalidad de las situaciones.

La ubicación de cada uno de los parajes se intentó verificar utilizando cartas geográficas/topográficas del Servicio Geográfico Militar (URUGUAY. SERVICIO GEOGRÁFICO MILITAR, 1983a, 1983b, 1983c, 1983d, 1983e, 1986a, 1986b, 1986c, 1986d, 1986e, 1986f, 1986g, 1986h, 1986i, 1986j, 1986k, 1986l, 1990a, 1990b, 1990c, 1990d, 1990e, 1990f, 1990g, 1990h, 1990i, 1990j, 1990k, 1990l, 1990m, 1990n, 1990o, 1990p, 1990q, 1990r, 1990s, 1990t, 1990u, 1990v, 1991a, 1991b, 1991c, 1991d, 1993a, 1993b, 1993c, 1993d, 1993e, 1993f, 1993g, 1993h, 1993i, 1993j, 1993k, 1993l, 1994a, 1994b, 1994c, 1994d, 1994e, 1994f, 1994g, 1994h, 1994i, 1994j, 1994k, 1994l, 1994m, 1995, 1998, 1999a, 1999b, 2000, 2001, 2002a, 2002b, 2008a, 2008b).

La tabla siguiente muestra las variables utilizadas en uno o ambos procedimientos de análisis, se aclara cuando en uno o más cultivos ello no es así. Si bien las bases de datos contenían las variables señaladas, el Arbol de Regresión seleccionó solo algunas de las mismas tal como se describe en detalle para cada uno de los cinco cultivos en el capítulo de Resultados. El denominado Rendimiento Físico no se incluyó como variable en ninguno de ambos análisis. La idea primaria y más allá de los procedimientos principales, era determinar si había diferencias entre el Rendimiento Físico y el Rendimiento Económico, en que proporción de las chacras con datos completos de rendimiento aparecían, y cual era la magnitud de las diferencias.

En particular aún cuando estaban disponibles con datos completos, la identificación del grupo CREA y el productor o la empresa a la cual pertenecía la chacra, así como la superficie de la misma, ninguna de esas variables fue incluida en principio en los análisis efectuados. Si bien en estudios equivalentes^{2,3} se han incluido algunas de estas variables, y de hecho pueden estar indirectamente detrás de las diferencias de productividad, se partió del supuesto que las mismas se originarían en las prácticas de manejo realizadas, las posibilidades de elección de chacras y el ajuste de las tareas a las fechas planificadas. La superficie de chacra fue utilizada posteriormente en el contexto del Procedimiento de Conglomerados para visualizar si aparecían tendencias entre el tamaño de las chacras y los niveles de rendimiento identificados en el análisis.

² Cedrés, S. 2011. Com. personal.

³ Roel, A. 2011. Com. personal.

Tabla 2 - Proporción de datos (%) en las variables utilizadas por cultivo.
Bases de datos multizafra 2006/2007*-2009/2010

No.	Variable	Cultivo				
		Cebada	Trigo	Soja	Maíz	Sorgo
1	Zafra agrícola	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	Departamento	Nu ³	Nu ³	100,0	100,0	100,0
3	Ambiente agroclimático	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4	Modalidad Siembra**	Na ¹	Na ¹	100,0	100,0	100,0
5	Antecesor invierno	46,2	Un	98,1	98,1	97,6
6	Antecesor verano	87,1	88,0	58,5	73,8	25,2
7	Sistema laboreo	99,3	99,7	93,4	99,4	98,2
8	Duración barbecho	68,5	61,2	58,9	53,1	79,0
9	Fecha de siembra	79,0	87,1	97,4	93,8	93,4
10	Variedad sembrada	97,9	99,7	98,5	96,9	91,6
11	Ciclo varietal	Nd ²	99,7	Na ¹	Nd ²	65,3
12	Grupo d madurez	Na ¹	Na ¹	95,3	Na ¹	Na ¹
13	OGM	Na ¹	Na ¹	Nd ²	100,0	Na ¹
14	Densidad sembrada	88,8	63,5	73,4	Nu ³	Nu ³
15	Análisis suelos***	Nd ²	Nd ²	76,8	86,9	100,0
16	Fertilización1***	Nd ²	Nd ²	98,9	100,0	100,0
17	Fertilización2***	Nd ²	Nd ²	100,0	100,0	100,0
18	Herbicidas***	Nd ²	Nd ²	89,2	97,5	77,8
19	Fungicida***	Nd ²	Nd ²	100,0	100,0	100,0
20	Plaguicida***	Nd ²	Nd ²	100,0	100,0	100,0
21	Unidad Suelo 1	89,9	95,7	95,5	87,5	87,4
22	Aptitud CdI 1	89,9	95,7	95,5	87,5	87,4
23	Aptitud CdV 1	89,9	95,7	95,5	87,5	87,4
24	Unidad Suelo 2	89,9	95,7	95,5	87,5	87,4
25	Aptitud CdI 2	89,9	91,1	92,7	87,5	87,4
26	Aptitud CdV 2	89,9	91,1	92,7	87,5	87,4
27	Rendimiento físico	100,0	99,1	100,0	100,0	100,0
28	Rendimiento económico	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Referencias: * en cultivos de invierno estaban disponibles las zafras 2007/2008-2009/2010; ** modalidad de siembra: primeras y segundas en cultivos de verano; *** contadores de aplicaciones. 1: no aplicable; 2: no determinada; 3: no utilizada.

3.4. EL ALCANCE DE LA INFORMACIÓN

Si bien el primer subcapítulo sobre resultados “La descripción estadística de la población de chacras” presenta una descripción básica sobre el contexto de los datos analizados, incluyendo la cantidad de chacras, la superficie ocupada, los tamaños medios y la localización subregional para cada cultivo y a lo largo de las zafras agrícolas disponibles en cada caso; en este subcapítulo se describe brevemente el alcance de la información utilizada en los análisis. Como se señaló anteriormente esta es una parte variable de los datos de partida según cultivo, sujeta a la proporción de las chacras que para cada cultivo estaba disponible y/o fue posible determinar el rendimiento de grano sano, seco y limpio (denominado rendimiento económico).

Tabla 3 – Parámetros estadísticos básicos de los registros utilizados por cultivo.
Bases de datos multizafría 2006/2007*-2009/2010

No.	Variable	Cultivo				
		Cebada	Trigo	Soja	Maíz	Sorgo
1	<u>Chacras (n)</u>	286	765	1.366	161	167
	<u>Modalidad</u>					
2	Primeras	Na ¹	Na ¹	590	130	99
3	Segundas	Na ¹	Na ¹	776	31	68
	<u>Zafra agrícola</u>					
4	2006/2007	Sd ²	Sd ²	148	4	37
5	2007/2008	49	62	169	14	34
6	2008/2009	78	201	202	21	47
7	2009/2010	159	502	847	122	49
	<u>Superficie (ha)</u>					
8	<u>Total</u>	15.323,5	40.794,2	78.952,6	9.836,9	6.054,6
9	Primeras	Na ¹	Na ¹	32.632,6	8.294,6	3.887,0
10	Segundas	Na ¹	Na ¹	46.320,0	1542,3	2.350,6
11	<u>Mínima</u>	5,0	1,3	1,0	5,0	7,5
12	Primeras	Na ¹	Na ¹	1,0	7,0	7,5
13	Segundas	Na ¹	Na ¹	1,5	5,0	4,0
14	<u>Máxima</u>	226,0	393,0	654,0	228,0	156,0
15	Primeras	Na ¹	Na ¹	351,0	228,0	156,0
16	Segundas	Na ¹	Na ¹	654,0	129,0	133,0
17	<u>Media</u>	53,6	53,3	57,9	61,1	37,6
18	Primeras	Na ¹	Na ¹	55,2	63,8	39,3
19	Segundas	Na ¹	Na ¹	59,8	49,8	34,6
20	<u>Mediana</u>	44,8	40,0	43,0	50,0	29,0
21	Primeras	Na ¹	Na ¹	40,0	50,0	30,0
22	Segundas	Na ¹	Na ¹	45,0	40,0	26,5

Referencias: * en cultivos de invierno 2007/2008-2009/2010; 1: no aplicable; 2: sin datos.

Aún cuando se presentan en los cultivos de verano tanto las cantidades como las superficies de las siembras de primera y de segunda, en las bases de datos multizafras de cada cultivo se decidió fusionar a los efectos de los análisis realizados las bases de datos de ambas modalidades de siembra. La hipótesis de trabajo implícita fue que si la variable modalidad de siembra era de primera relevancia, así lo reflejarían los resultados de uno o ambos análisis. El costo también implícito en la decisión de fusionar las primeras y las segundas, fue perder -al menos parcialmente- la identificación de las variables determinantes de los rendimientos en cada modalidad de siembra. En cualquier caso los resultados mostrarán en que medida la modalidad de siembra constituyó una variable discriminatoria para cada cultivo de verano, y cual fue su relevancia.

A su vez tal como se observa, las unidades de registro que fueron las chacras, variaron en su tamaño desde solo algunas hectáreas en todos los cultivos hasta cientos de hectáreas también en todos los casos. Las superficies máximas variaron entre las 156,0 ha de sorgo (de primera) y las 654,0 ha de soja (de segunda). Si bien la mitad o más de las chacras de todos los cultivos estudiados tenían tamaños iguales o menores a 50 ha (29,0 ha en sorgo a 50,0 ha en soja), las superficies medias de chacra además de las superficies medianas y no solamente los tamaños máximos antes citados, podrían constituir una limitante adicional en el momento de identificar la unidad de suelo (aptitud agrícola general) sobre la cual se desarrolló cada cultivo. En ese sentido una chacra podría no solo situarse sobre distintos suelos dentro de la misma unidad sino directamente sobre distintas unidades de suelo.

3.5. LOS MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Una vez identificada la población de chacras utilizable en los análisis de cada cultivo, se describieron las mismas a través de las distribuciones globales de rendimientos, las distribuciones de rendimiento por modalidad de siembra, las distribuciones de rendimientos por zafra agrícola, y las distribuciones de rendimientos por ambiente agroclimático. Los estratos de rendimiento fueron determinados a partir de la media aritmética $\pm n$ desvíos estándar, a partir de los mismos se calcularon las frecuencias acumuladas y las frecuencias relativas, y se construyeron las distribuciones de frecuencias. En el caso del cultivo de soja también se construyeron las distribuciones de frecuencias para las sojas de primera y de segunda a partir de la probabilidad dada por la función normal. En todos los casos se utilizaron las rutinas ofrecidas en las planillas electrónicas.

Luego que se realizara una descripción estadística básica para la población de chacras de cada cultivo sujeto a análisis, se siguieron los dos procedimientos estadísticos que permitirían alcanzar una explicación parcial de las eventuales diferencias de rendimiento encontradas en cada cultivo. El primer procedimiento utilizado fue el

Análisis de Conglomerados (Cluster Procedure, SAS). En el mismo se utilizó una variable de conglomeración que fue el rendimiento económico (rendimiento de grano, sano, seco y limpio) y en los cinco cultivos analizados se eligió identificar cinco conglomerados (clusters). Los clusters identificados se asociaron a niveles de rendimiento de grano que se denominaron rendimientos muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos. El primer paso en la descripción de los clusters, fue justamente la descripción estadística de sus parámetros básicos.

Una vez descritos los clusters, se construyeron las tablas de salida para cada una de las variables ambientales y de manejo que se utilizaron en el análisis de los datos. El paso siguiente fue -a través de las tablas dinámicas-, identificar las frecuencias absolutas de cada valor de cada variable dentro de cada conglomerado (cluster). Las tablas de frecuencias absolutas indican entonces las cantidades de chacras que dentro de cada cluster, se corresponden con el valor tal o cual de cada variable. A modo de ejemplo, cuales de las chacras del cluster de muy bajos rendimientos fueron sembradas en la zafra 2007/2008, 2008/2009 o 2009/2010. Siguiendo este mismo ejemplo, no necesariamente en todos los casos existen chacras que fueron sembradas en cada una de las zafas estudiadas que hayan quedado luego dentro de cada uno de los clusters. Un paso más adelante y para facilitar la visualización de los resultados, a partir de cada tabla de frecuencias absolutas, se construyó una tabla de frecuencias relativas y una tabla de desvíos de las proporciones.

Las tablas de frecuencias relativas elaboradas muestran cual fue la distribución de las chacras entre los distintos valores de la variable analizada (v.g. manejo de suelos o variedades) dentro de cada cluster (100,0%) y a su vez se visualiza el reparto de todas las chacras de la población (100,0%) entre los distintos valores de la misma variable. Si el valor de la variable (v.g. el ambiente agroclimático Centro Sur) no generó ningún sesgo en el rendimiento de grano del cultivo sujeto a análisis, sería de esperar que las proporciones de chacras dentro de cada cluster se parecieran a la proporción global -de toda la población de chacras- o ocurrieran desvíos hacia abajo o hacia arriba sin seguir ninguna asociación lógica con los niveles de rendimiento expresados por los cinco clusters construidos para cada cultivo. A los efectos de visualizar más fácilmente esos efectos, se construyeron las tablas de desvíos de las proporciones. En las mismas se cuantifican los desvíos porcentuales de las proporciones, si los mismos son positivos podría existir una asociación positiva del valor de la variable para con el cluster y si son negativos la situación sería la opuesta.

Cualquiera de las tablas elaboradas para cada una de las variables en cada cultivo, sirve también para visualizar si en uno o más valores de la variable dentro de cada cluster no habían chacras. La ausencia de observaciones para un determinado valor de la variable dentro de un cluster específico puede deberse a la escasa cantidad de chacras con ese valor de la variable (v.g. la variedad Guaviyú en cebada cervecera) y/o a una fuerte asociación de ese valor de la variable con uno o más clusters -niveles de

rendimiento del cultivo- entre los restantes. Considerando la enorme cantidad de tablas generadas en el estudio de cada cultivo, se trató de seleccionar valores específicos de cada una de las variables ambientales y de cada variable de manejo, a los efectos de construir visiones de síntesis sobre los efectos aparentemente más importantes. Las tablas de síntesis se construyeron con las frecuencias relativas de ciertos valores, por lo cual se deben leer verticalmente para visualizar la asociación/disociación con los clusters identificados.

El segundo procedimiento general para vincular los valores de las variables utilizadas con los niveles de rendimiento observados fue la construcción de Árboles de Regresión (Infostat) a partir de la misma población de chacras de cada uno de los cultivos estudiados. El procedimiento identifica cual entre las variables disponibles explica una mayor proporción relativa de las variaciones de rendimiento dentro de la población de chacras y simultáneamente cual o cuales son los valores de la variable que permiten separar dos grupos de chacras. La primera variable discriminadora divide entonces a la población en dos subpoblaciones con diferentes niveles de rendimiento en grano, parcialmente explicados por uno o más valores de esa variable. Las subpoblaciones pueden contener similar o distinta cantidad de chacras y a su vez similar o diferente grado de heterogeneidad interna en los rendimientos de las chacras individuales. En el paso siguiente se repite el análisis para cada subpoblación –para cada conjunto de chacras identificado en el paso previo-. En este paso la variable discriminadora puede ser la misma en ambos conjuntos, pero habitualmente se trata de distintas variables. Los siguientes pasos son similares.

El procedimiento genera entonces un árbol de regresión para cada una de las poblaciones de chacra o sea en este caso para cada uno de los cultivos sujetos a estudio. El árbol de regresión contiene un conjunto de ramas de distinto nivel, las dos primeras ramas –ramas de primer nivel- se generan a partir de la primera variable discriminadora, las ramas de segundo nivel se generan a partir de una –si es la misma- o dos –la situación usual- variables que mejor explican la variabilidad dentro de cada uno de los conjuntos de chacras creados por las ramas de primer nivel, las ramas de tercer nivel se generan de la misma manera debajo de las ramas de segundo nivel y así sucesivamente. El procedimiento se detiene cuando no existe ninguna variable que explique una diferencia significativa –el nivel se establece arbitrariamente- de la variabilidad de rendimiento remanente o simplemente la variabilidad remanente es muy escasa. El nivel en el cual el procedimiento no aporta más capacidad explicativa puede ser distinto para cada una de las ramas de primer nivel, para cada una de las ramas de segundo nivel, en cada una de las ramas de tercer nivel y sucesivamente.

A su vez el tamaño de los conjuntos de chacras –a los cuales denominamos grupos finales de rendimiento- donde el procedimiento se detiene por las razones antes explicadas, puede ser muy variable. Tal como se observará en los resultados para los distintos cultivos, esos grupos finales de rendimiento pueden estar integrados por unas

pocas chacras –menos de una decena-, o contener aún varias decenas de chacras. Cada grupo final de rendimiento queda entonces parcialmente determinado por los valores de un pequeño grupo de variables. En la experiencia de las bases de datos analizadas se obtuvieron grupos que quedaron parcialmente explicados desde dos hasta siete variables. Las preguntas metodológicas básicas que pueden hacerse son: a) ¿la cantidad de grupos está determinada o vinculada a la cantidad de registros?; b) ¿la cantidad de grupos puede explicarse por la variabilidad de la variable dependiente?, y c) ¿la cantidad de grupos depende de la cantidad de variables?.

En una rápida síntesis y comenzando por el final, por la tercera pregunta en este caso, la cantidad de variables utilizadas es muy similar entre cultivos, por lo cual no parece esa una vía explicativa. Sin embargo la respuesta solo quedaría completa si se contabilizaran no solo las variables sino los valores de cada variable. La respuesta rápida a la segunda pregunta puede buscarse a través de la relación entre la cantidad de grupos finales de rendimiento y los coeficientes de variación de los rendimientos, en las poblaciones de chacras de cada cultivo. Si bien solo se dispone de cinco pares de datos –una cantidad muy limitada-, el coeficiente de correlación obtenido devuelve un valor medio (+0,475), no existe allí una pista demasiado fuerte aunque tampoco es nula. Finalmente si se intenta contestar la primera pregunta, se puede ver el resultado equivalente; en este caso el coeficiente de correlación obtenido es positivo alto (+0,901). Considerando la limitante señalada, no deja de ser esa una pista más fuerte; la visualización de los pares de datos no devolvían en principio la imagen que muestra el coeficiente de correlación.

Finalmente, los resultados se intentaron leer siguiendo dos lecturas que deberían ser complementarias, las mismas se denominaron: lectura arriba-abajo y lectura abajo-arriba. En la lectura arriba-abajo se interpretaron los diagramas de cada árbol de regresión siguiendo su lógica de construcción, es decir visualizando las variables discriminatorias seleccionadas, las brechas de rendimiento entre grupos, y la cantidades de chacras incluidas en cada una de las ramas –o pares de ramas- desde el primer nivel en adelante. En la lectura abajo-arriba, el punto de partida son los grupos finales de rendimiento, en este caso se intenta visualizar cuales fueron las variables (y los valores) que explicaron una parte de la variación de los rendimientos en cada uno de los mismos. En esta lectura los rendimientos medios de los grupos se vincularon a los niveles de rendimiento devueltos por los cinco clusters definidos para cada cultivo; es decir se definieron supergrupos (constituidos por uno a n grupos) que se denominaron tal como los clusters, o sea grupos (supergrupos) de rendimientos muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El capítulo de resultados está dividido en tres subcapítulos principales. En el primero se describe la población de chacras utilizadas en el estudio, el mismo permite por un lado complementar la breves descripción introductoria presentada en el capítulo anterior, y por otra parte visualizar las eventuales similitudes y diferencias entre cultivos a través de las principales variables que definen la información original. Los dos subcapítulos siguientes presentan los resultados para los cultivos de invierno y para los cultivos de verano analizados, se intentó seguir en cada cultivo la misma secuencia de estudio. Se debe recordar que la unidad de análisis –el nivel jerárquico de interés- es en todos los casos la chacra, la cual debería considerarse una unidad homogénea de manejo. Aún cuando en las bases de datos originales se disponía del dato del agricultor, esa variable no fue utilizada como unidad de estudio directamente o indirectamente.

4.1. LA DESCRIPCIÓN ESTADÍSTICA DE LA POBLACIÓN DE CHACRAS

La información sistematizada procede -como ya se adelantó- de siete bases de datos originales, que incluyen las de chacras de cultivos de verano de las zafras 2006/2007 a 2009/2010, y las de cultivos de invierno de las zafras 2007/2008 a 2009/2010, o sea los cultivos de invierno sembrados entre 2007 y 2009. En el conjunto se dispuso de datos de 2.888 chacras, 1.060 de invierno y 1.828 de verano. La información incluye entonces tres zafras para los cultivos de invierno y cuatro para los cultivos de verano; en las bases de datos de cultivos de invierno solo se cuentan chacras de cebada y de trigo; y en las bases de datos de cultivos de verano se incluían chacras de maíz y sorgo entre los granos forrajeros y girasol y soja entre las oleaginosas.

4.1.1. La estructura de cultivos

La composición de la cantidad de chacras, así como la superficie representada por las mismas se muestra en los cuadros siguientes. Como puede observarse si bien aparecen chacras de todos los cultivos y entre los de verano, cultivos de primera y de segunda, la cantidad de chacras de girasol es extremadamente escasa y hace imposible extraer conclusiones válidas sobre el manejo del cultivo. En el resto de los cultivos la cantidad de chacras oscila entre un mínimo de cuarenta y un (41) chacras de maíz de segunda y un máximo de ochocientos dieciocho (818) chacras de soja de segunda; aunque vale recordar que los cultivos de verano agrupan cuatro zafras mientras los de invierno suman tres zafras agrícolas.

Los datos del cuadro muestran a su vez un crecimiento sostenido en la cantidad de chacras de cultivos de invierno, la cual se multiplica por 2,5 entre las campañas 2007 y 2008 y luego por 2,4 entre las campañas 2008 y 2009, con un crecimiento global de 503,6% (x 6,0) en el trienio. Si bien la cantidad de chacras de ambos cultivos aumenta, es el trigo el que empuja el conjunto de los cultivos de invierno, el cual pasa de representar el 55,9% de las chacras en la zafra 2007/2008 al 74,9% en la zafra 2009/2010, más de 500 de las 670 chacras.

Mientras tanto la cantidad de chacras de cultivos de verano muestra un crecimiento leve en las tres primeras zafras con datos disponibles, y un salto entre las últimas dos zafras (2008/2009 a 2009/2010), donde la superficie se multiplica por 3,6 (+255,7%). El crecimiento global es de 455,7% entre la primera y la última zafra, apenas menor al de los cultivos de invierno. En el grupo de las chacras de verano, si bien la proporción de chacras de soja se mantiene relativamente estable a lo largo de las cuatro zafras (77,4% media del período, o sea que casi cuatro de cada cinco chacras de verano son de soja), son justamente las chacras de soja junto a las chacras de maíz las que empujan fuertemente el incremento del conjunto. En la medida –que como ya se dijo– casi no se encuentran chacras de girasol y la cantidad de chacras de sorgo se incrementa levemente en el período (+48,5%) en el contexto del crecimiento del conjunto, la cantidad de chacras de soja aumenta 484,6% y las de maíz crecen 33.750% (debido a que solo había cuatro chacras en la zafra 2006/2007).

Si se pone la lupa en la composición interna de las sojas y los maíces, e incluso los sorgos, se nota claramente que en el caso de los maíces, las chacras de primera dominan sobre los maíces de segunda –en todo el período-. Las diferencias absolutas y relativas son enormes. En tanto que los sorgos de primera –que son más del doble (x2,4) que los de segunda al comienzo del período- se mantienen –en términos absolutos– mientras crece la cantidad de chacras con sorgos de segunda, de tal forma que sobre el final las cifras son muy similares. Mientras que en los sojas el comportamiento se invierte a lo largo del período, con mayor peso de las sojas de primera al principio y mayor peso de las de segunda al final –la situación como se ve es simétrica e inversa-.

En este conjunto de datos –y sin considerar la identidad de las chacras-, la cantidad de chacras con cultivos de segunda –salvo la zafra 2007/2008– es una proporción muy alta de las chacras de cultivos de invierno, desde 86/100 chacras según las zafras (65/100 en la zafra 2007/2008). Sin embargo y como consecuencia del crecimiento sostenido en la cantidad de chacras a lo largo del período, la cantidad de chacras de cultivos de verano de primera se multiplica más de tres veces (x3,1); casi tres cuartas partes (72,8%) son chacras de soja. Si se mira la composición interna de los datos del conjunto de las bases de datos de FUCREA, la principal explicación del incremento tanto para cultivos de invierno como para cultivos de verano –en particular en la última zafra- es la inclusión de las chacras del grupo La Cuchilla. Las chacras del citado grupo representan el 58,8% de las chacras de invierno y el 62,4% de las chacras

de verano en la zafra 2009/2010 –la primera en la cual aparecen-, y el 36,7% de todas las chacras –todos los grupos- en las cuatro zafras de verano y las tres zafras de invierno consideradas.

Cuadro 26 - Cantidad de chacras y proporción (%) según cultivo por zafra agrícola. Agricultores de FUCREA (2006/2007-2009/2010)

Cultivo	2006/2007		2007/2008		2008/2009		2009/2010		Total	
	cantidad	%	cantidad	%	cantidad	%	cantidad	%	cantidad	%
Cebada			49	44,1	78	27,9	167	25,0	294	27,7
Trigo			62	55,9	202	72,1	502	75,0	766	72,3
Subtotal			111	29,2	280	48,3	669	38,5	1060	36,7
Maiz 1	3	1,6	16	5,9	18	6,0	107	10,0	144	7,9
Maiz 2	1	0,5	2	0,7	6	2,0	32	3,0	41	2,2
Sorgo 1	26	13,5	28	10,4	27	9,0	26	2,4	107	5,9
Sorgo 2	11	5,7	15	5,6	25	8,3	29	2,7	80	4,4
Girasol 1	2	1,0	0	0,0	5	1,7	1	0,1	8	0,4
Girasol 2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	1	0,1	1	0,1
Soja 1	88	45,8	114	42,4	68	22,7	359	33,6	629	34,4
Soja 2	61	31,8	94	34,9	151	50,3	512	48,0	818	44,7
Subtotal	192	100,0	269	70,8	300	51,7	1067	61,5	1828	63,3
Total	192	100,0	380	100,0	580	100,0	1736	100,0	2888	100,0

Si bien desde el punto de vista del análisis importa sobremanera la cantidad de chacras, en la medida que las mismas constituyen las unidades básicas de análisis independientemente de la pertenencia a un determinado grupo CREA o incluso de la superficie representada; en el cuadro siguiente se muestra la evolución de la superficie por zafra según cultivo (separando primeras y segundas). El comportamiento general es muy similar al observado para la cantidad de chacras, aunque más acelerado. La superficie de invierno crece 688,5% (x 7,88) en el período 2007/2008-2009/2010; en tanto que la superficie de verano se incrementa 504,1% (x 6,04) en el mismo periodo, y 743,3% (x 8,43) si se toma la diferencia entre la zafra 2006/2007 y la zafra 2009/2010 (cuatro zafras).

El peso relativo de la superficie de invierno en el conjunto de la superficie agrícola, que es al igual que en el caso de la cantidad de chacras, menor que la correspondiente a los cultivos de verano; es una proporción menor aún debido a la composición de los tamaños de chacra dentro de cada grupo de cultivos (37,3% de la

superficie acumulada en tres zafas). La superficies de ambos cultivos de invierno, crece a lo largo de las tres zafas, pero partiendo ambos de unas similares 2.500 ha, (la superficie sembrada con trigo supera a la de cebada cervecera en 81,9 ha). La diferencia dos zafas después es enorme, siendo la superficie de trigo 3,11 veces mayor a la de cebada (+ 20.232,7 ha de trigo). La superficie de cebada se multiplica por 3,9 cuando la de trigo se multiplica por 11,7.

Salvo las superficies con girasol que son bajas y oscilantes (girasoles de primera) o nulas-mínimas (girasoles de segunda), y los sorgos de primera que mantienen la superficie con leve crecimiento en torno a las 1.000 ha, los demás cultivos crecen a lo largo del período, pero nuevamente a tasas distintas. Los sorgos de segunda que ocupan apenas 300 ha al principio del período -en la zafra 2006/2007-, ven multiplicada su superficie por 3,6 veces y terminan con superficies similares a los sorgos de primera. Las sojas de primera que parten de casi 3.600 ha, ven multiplicada su superficie 6,1 veces y las de segunda que parten de casi 2.900 ha, la multiplican 12,0 veces. Los maíces de primera que apenas superan las 100 ha al comienzo del período, ven multiplicada su superficie 54,7 veces hasta las 7.319 ha, y los de segunda crecen desde las 16,5 ha hasta las 1.430,4 ha, multiplican su superficie por 86,7 veces.

En resumen, mientras que las sojas explican (en conjunto) encima de 4/5 partes de la superficie total de verano, -con la sojas de segunda creciendo más rápido que las de primera hasta superarlas por más de 12.000 ha-, son las maíces (de primera y de segunda) los que muestran los mayores crecimientos relativos, pero partiendo de superficies iniciales muy bajas. Finalmente, las superficies medias de chacra son las que explican las diferencias entre las dos variables antes analizadas tanto dentro de grupos como entre grupos de cultivos. Si bien los tamaños medios de las chacras de girasol fueron calculados, los datos no son indicativos merced a la pequeña cantidad de chacras. En el gráfico (24) se muestra la evolución de las superficies medias de chacra de los cultivos de invierno en primer lugar (cebada y trigo en ese orden), y los cultivos de verano de primera y de segunda (girasol, soja, maíz y sorgo, en ese orden) a continuación. Se excluyeron las medias que fueron calculadas con menos de diez datos.

Cuadro 27 - Superficie sembrada (ha) según cultivo por zafra agrícola.
Agricultores de FUCREA (2006/2007-2009/2010)

Cultivo	Superficie por zafra agrícola								Superficie Total	
	2006/2007		2007/2008		2008/2009		2009/2010		ha	%
	Ha	%	ha	%	ha	%	ha	%		
Cebada			2.458,2	49,2	3.667,9	30,2	9.588,2	24,3	15.714,3	27,8
Trigo			2.540,1	50,8	8.462,2	69,8	29.820,9	75,7	40.823,2	72,2
Subtotal			4.998,3	30,9	12.130,1	43,1	39.409,1	36,8	56.537,5	35,5
Maíz 1	134,0	1,7	541,8	4,8	1.202,0	7,5	7.319,0	10,8	9.196,8	8,9
Maíz 2	16,5	0,2	134,0	1,2	553,0	3,4	1.430,4	2,1	2.133,9	2,1
Sorgo 1	933,1	11,6	904,0	8,1	1.207,4	7,5	1.110,5	1,6	4.155,0	4,0
Sorgo 2	306,0	3,8	457,7	4,1	992,6	6,2	1.101,8	1,6	2.858,1	2,8
Girasol 1	163,0	2,0	-	-	347,0	2,2	94,0	0,1	604,0	0,6
Girasol 2	-	-	-	-	-	-	34,0	0,1	34,0	0,0
Soja 1	3.595,7	44,8	4.608,1	41,1	4.124,5	25,7	22.066,6	32,6	34.394,9	33,4
Soja 2	2.876,0	35,8	4.555,6	40,7	7.604,5	47,4	34.509,9	51,0	49.546,0	48,1
Subtotal	8.024,3	100,0	11.201,2	69,1	16.031,0	56,9	67.666,0	63,2	102.922,5	64,5
Total	8.024,3	100,0	16.199,5	100,0	28.161,1	100,0	107.075,2	100,0	159.460,1	100,0

Las superficies medias de los cultivos de invierno son similares –en torno a las 40-50 ha en la zafra 2007/2008, con la cebada levemente por encima del trigo, y crecen hasta cerca de las 60 ha en la última zafra analizada (2009/2010), y las diferencias entre cultivos se reducen hasta anularse. Las superficies medias en los cultivos de verano tienden a crecer en la segunda mitad (2008/2009-2009/2010) del período respecto a la primera (2006/2007-2007/2008), pero son heterogéneas entre cultivos y homogéneas dentro de cultivos -salvo el maíz en la última zafra, la única con datos comparables entre maíces de primera y maíces de segunda-. Los sorgos con tamaños de chacra en torno a las 30 ha. al principio y sobre 40 ha al final, muestran superficies siempre menores a las sojas que comienzan con tamaños de chacra de 40-50 ha y llegan a las 60-70 ha en la zafra 2009/2010. El maíz de primera muestra tamaños de chacra como los de los sorgos al principio, y se asimila a las sojas en la segunda mitad del período.

A diferencia de la evolución de largo plazo de la agricultura en el pasado, donde desaparecían los agricultores más pequeños, y por tanto los aumentos de superficie media se explicaban en una buena medida porque justamente las chacras de menor superficie dejaban de contar, aumentado desde ya la superficie media, las bases de datos “cuentan” una situación diferente. Salvo los sorgos de primera, donde la cantidad de

chacras se mantiene, y la superficie aumenta levemente –la que explica el incremento de la superficie media-; en todos los demás casos los incrementos de superficie media se dan con incrementos destacados de la cantidad de chacras y muy significativos de las superficies sembradas. Es la escala agrícola la que aumenta en todas partes en un muy corto período.

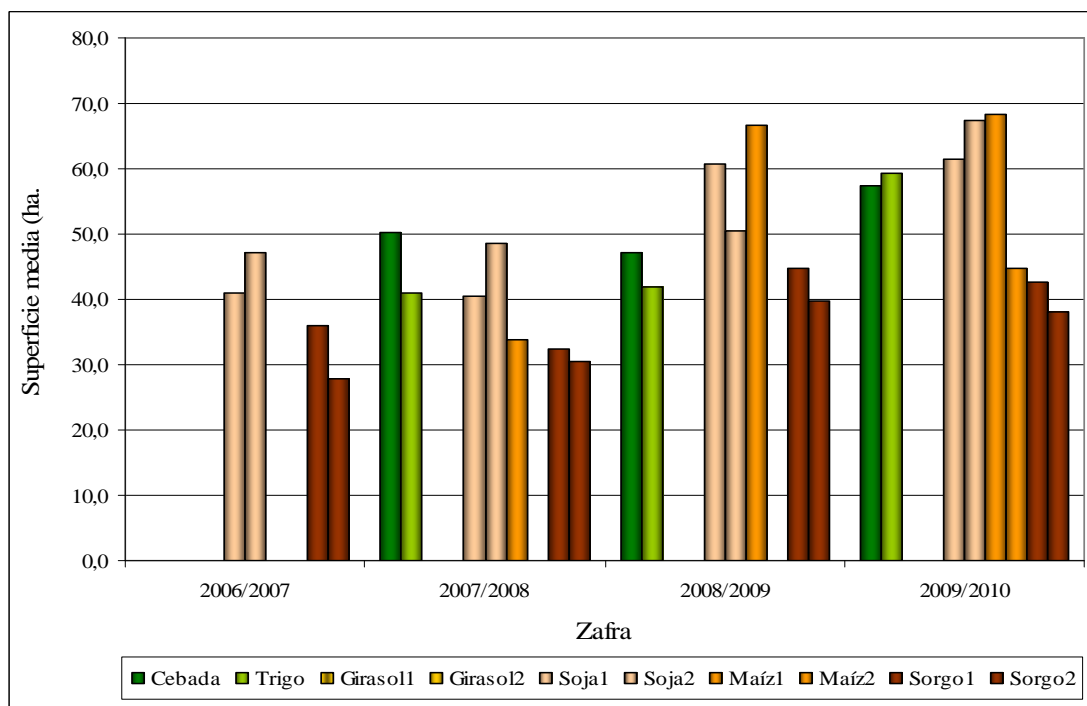


Gráfico 24 - Superficie media (ha) por zafra según actividad agrícola
Agricultores de FUCREA (2006/2007-2009/2010)

4.1.2. La localización espacial

Antes de pasar al análisis del comportamiento de cada cultivo, e investigar cual o cuales son las variables explicativas -primero en el interior de cada cultivo-actividad y luego de ser posible desde una visión integral-; es importante analizar la distribución geográfica de las chacras de cada cultivo y en el conjunto de las mismas. A los efectos del análisis posterior (el análisis de comportamiento por cultivo-actividad), a partir del conjunto de los datos visualizados en las bases de datos de FUCREA se identificaron seis ambientes agroecológicos -cruzando variables climáticas y edáficas-, llevados a la ubicación departamental para facilitar la clasificación de los datos.

Si se recuerda los ambientes definidos fueron: 1) Litoral Sur 1 (LS1): incluye las chacras ubicadas en Colonia y Soriano, 2) Litoral Sur 2 (LS2): se incluyen las chacras ubicadas en Flores, 3) Litoral Centro (LC): Paysandú-Río Negro, 4) Centro Sur (CS): Durazno, aunque se incluyeron algunas chacras en el nordeste de Florida y el sur de Tacuarembó, 5) Sur Este 1 (SE1): Florida-Lavalleja y 6) Sur Este 2 (SE2): Maldonado, Rocha y Treinta y Tres. Como puede observarse, algunos ambientes son bastante homogéneos tanto en la localización geográfica como en la composición de las unidades de suelo -v.g, el Litoral Sur-, en tanto que en el otro extremo algunos son bastante diversos por las unidades de suelo incluidas -v.g. Centro Sur-, o por la dispersión geográfica del grupo -v.g. Sur Este 2-.

En los cuadros siguientes se presenta la cantidad de chacras por ambiente según cultivo -no están consideradas las nueve chacras de girasol-. Como se observa en los datos absolutos -en el conjunto de las zafras-, el 60,0% de las chacras se localizaron en el Litoral Sur 1; la proporción llega al 85,0% si se incluyen además el Litoral Centro y el Litoral Sur 2; o sea que entre ocho y nueve de cada diez chacras estaban en los ambientes tradicionales. La primera aproximación -por cultivo-actividad- consiste en determinar si todos los cultivos se distribuyen como el conjunto de los datos o existen diferencias-sesgos en la distribución de uno o más cultivos. Para responder esas preguntas se elaboró el cuadro con las proporciones. Como se observa -así como pasa en el conjunto- el Litoral Sur es el ambiente líder para todos los cultivos-actividades por separado, y salvo para el maíz de primera, contiene más de la mitad de las chacras del resto de los cultivos, en particular la amplia mayoría de las chacras de los sorgos de primera y segunda.

Los cultivos-actividades que en números gruesos se asemejan más al perfil general parecen ser las sojas de primera y de segunda, -en cierta medida porque son una parte importante de los subtotales-, pero en realidad más allá de ese sesgo gravitatorio. Los desvíos -que fueron calculados tomando la participación de cada cultivo en un ambiente sobre su subtotal en todos los ambientes en relación a la participación de la suma de cultivos en un ambiente- más importantes (siempre menores a 50%) se encuentran en el Litoral Sur 2 y en el Sudeste 2. Los sorgos de primera y de segunda (aunque no se comportan exactamente igual), muestran desvíos negativos en los ambientes LS2, LC, CS y SE 1 -de hecho no aparecen en el Centro Sur o en el Sudeste 1 (sorgos de primera)-, y desvíos positivos en el ambiente Litoral Sur y Sudeste 2. En todo caso la lectura principal es que casi el 90% de las chacras están en el litoral sur (LS1).

Cuadro 28 - Cantidad de chacras según cultivo por ambiente
(2006/2007-2009/2010)

Cultivo	Ambiente						Total
	LS1	LS2	LC	CS	SE1	SE2	
Cebada	210	9	45	30	0	0	294
Trigo	398	54	184	55	45	30	766
Soja1	389	20	116	67	29	8	629
Soja2	473	64	154	77	42	8	818
Maíz1	65	4	43	32	0	0	144
Maíz2	29	1	11	0	0	0	41
Sorgo1	92	5	6	0	0	4	107
Sorgo2	69	1	5	0	3	2	80
Total	1.725	158	564	261	119	52	2.879

Cuadro 29 - Proporción de chacras (%) según cultivo por ambiente
(2006/2007-2009/2010)

Cultivo	Ambiente						Total
	LS1	LS2	LC	CS	SE1	SE2	
Cebada	71,4	3,1	15,3	10,2	0,0	0,0	100,0
Trigo	52,0	7,0	24,0	7,2	5,9	3,9	100,0
Soja1	61,8	3,2	18,4	10,7	4,6	1,3	100,0
Soja2	57,8	7,8	18,8	9,4	5,1	1,0	100,0
Maíz1	45,1	2,8	29,9	22,2	0,0	0,0	100,0
Maíz2	70,7	2,4	26,8	0,0	0,0	0,0	100,0
Sorgo1	86,0	4,7	5,6	0,0	0,0	3,7	100,0
Sorgo2	86,3	1,3	6,3	0,0	3,8	2,5	100,0
Total	59,9	5,5	19,6	9,1	4,1	1,8	100,0

Los maíces de primera muestran desvíos positivos en el Litoral Centro y Centro Sur –los ambientes relativamente más ”norteños” en el conjunto-, desvíos negativos en ambos ambientes Litoral Sur, y no aparecen en ninguno de ambos ambientes Sudeste. Los maíces de segunda muestran desvíos con una lógica agroecológicamente menos clara. Como consecuencia casi todas las chacras (97,6%) de maíces de segunda están localizadas en el litoral oeste (LS1+LC), esa es la proporción más alta entre los ocho cultivos-actividades; mientras que los maíces de primera aparecen más repartidos entre tres ambientes (LS1, LC y CS), para llegar así a la misma proporción sobre el total.

Los cultivos de invierno muestran un comportamiento muy distinto entre ellos; la cebada directamente no aparece en los ambientes “Sudeste”, tiene desvíos negativos en los ambientes LS2 y LC y desvíos positivos en los ambientes LS1 y CS –aunque este último desvío es muy pequeño-. No obstante como se observa casi nueve de cada diez chacras (86,7%) se localizan en el litoral oeste. El trigo por su parte –al igual que las sojas- aparece en todos los ambientes; muestra desvíos negativos en el ambiente LS1 –aunque también muy pequeño- y en el ambiente CS; y desvíos positivos en todos los demás, sobretodo en los ambientes sudeste. También vale la pena recalcar que tres de cada cuatro chacras (76,0%) están en el litoral oeste (LS1+LC).

El segundo análisis que complementa al anterior es visualizar cual es la composición de cultivos-actividades en cada ambiente, para ello y a pesar de que disponemos de los mismos datos anteriores analizados por ambiente, se seleccionaron entre los datos originales, los de la última zafra (2009/2010), para reducir las limitantes que luego se señalarán. Los datos siguientes permiten entre otras preguntas, responder las siguientes: a) ¿cuáles cultivos aparecen (actualmente) en cada ambiente definido?, b) ¿cuál es la composición de cultivos de cada ambiente? (medida a través de la cantidad de chacras en este caso) y, en un aproximación subregional grosera c) ¿cuál puede ser la estructura de las rotaciones agrícolas?.

Cuadro 30 - Cantidad de chacras según cultivo por ambiente.
Zafra agrícola 2009/2010

Cultivo	Ambiente						Total
	LS1	LS2	LC	CS	SE1	SE2	
Cebada	97	9	31	30	0	0	167
Trigo	185	54	133	55	45	30	502
Girasol1	0	0	1	0	0	0	1
Girasol2	1	0	0	0	0	0	1
Soja1	131	15	109	67	29	8	359
Soja2	186	63	136	77	42	8	512
Maíz1	36	0	39	32	0	0	107
Maíz2	23	0	9	0	0	0	32
Sorgo1	17	1	4	0	0	4	26
Sorgo2	21	0	3	0	3	2	29
Total	696	142	464	261	119	52	1.736

Antes vale recordar que estamos analizando una sola zafra –aunque es la más numerosa en chacras (60,0%) y la más importante según la superficie sembrada (67,1%)- y que volvemos a incluir en el análisis los girasoles que están representados en la zafra 2009/2010 por las dos chacras que se muestran en el cuadro. Solo en los

ambientes LS1 y LC aparecen todos los cultivos (seis cultivos) y nueve de las diez actividades posibles (separando los cultivos de verano de primera y segunda tal como se ve en la tabla). Aun sin considerar el girasol, en los demás ambientes no se sembraron todos los cultivos, sino 4/5 en LS2, 4/5 en CS, 3/5 en SE1 y 3/5 en SE2.

La primera respuesta es que los ambientes más tradicionales (desde la segunda mitad del siglo pasado) son los más diversos tanto en cultivos como en actividades, y esa diversidad disminuye en la medida que nos alejamos del litoral oeste; una lectura que coincide –en términos gruesos- con la cantidad de chacras, la cual sería una muy sencilla variable indicativa. En el conjunto de los ambientes, ocho de cada diez chacras son de trigo o sojas, esos cultivos representan 7/10 de las chacras en el ambiente LS1, alrededor de 8/10 de las chacras en los ambientes CS y LC, en torno a 9/10 en los ambientes SE2 y LS2 y casi 10/10 en el ambiente SE1.

Cuadro 31 – Superficie sembrada (ha) según cultivo por ambiente.
Zafra agrícola 2009/2010

Cultivo	Ambiente						Total
	LS1	LS2	LC	CS	SE1	SE2	
Cebada	4.569	487	2.651	1.882	0	0	9.588
Trigo	7.326	2.807	10.527	4.311	1.949	2.901	29.821
Soja1	5.976	890	7.733	5.826	913	728	22.067
Soja2	9.496	3.106	12.296	6.110	2.752	750	34.510
Maíz1	1.830	0	2.957	2.532	0	0	7.319
Maíz2	847	0	584	0	0	0	1.430
Sorgo1	564	109	261	0	0	177	1.111
Sorgo2	513	0	167	0	180	242	1.102
Total	31.119	7.399	37.176	20.661	5.794	4.798	106.947

Las sojas solas –lideradas por las de segunda a mayor o menor distancia de las de primera-, representan más de la mitad de las chacras (52,8%-59,7%) en todos los ambientes salvo en el Litoral Sur 1 (45,5%) y en el Sud Este 2 (30,8%), en el primero de estos los cultivos de invierno pesan tanto como las sojas y en el segundo el trigo por si solo explica casi seis de cada diez chacras. Los cultivos de invierno representan entonces desde 3/10 de las chacras (CS) a 6/10 de las chacras (SE2) -el único ambiente donde son dominantes-, y los ambientes más balanceados –en cultivos y actividades- según la cantidad de chacras son el Litoral Sur 1 y el Centro Sur. Si tomamos como modelo un establecimiento ficticio de diez chacras de similar superficie, podemos visualizar como estarían sembradas las mismas en los distintos ambientes, tendríamos algunas pistas

iniciales sobre las eventuales rotaciones. A continuación se presenta como sería ese establecimiento “medio” -que puede no existir- en tres de los seis ambientes definidos.

En el Litoral Sur tendría por lo menos una chacra de cebada, dos de trigo, cuatro de soja y casi una de maíz, el sorgo apenas ocuparía media chacra –que se completaría casi toda con cebada- y la décima chacra tendría trigo y soja. Tres de las cuatro chacras con cultivos de invierno tendrían cultivos de verano de segunda, casi toda la superficie sería de soja de segunda. En el Centro Sur el establecimiento tendría una chacra de cebada, dos de trigo, cinco de soja y una de maíz, la décima chacra tendría la mitad sembrada de soja y el resto repartido entre los tres cultivos restantes. Las tres chacras de cultivos de invierno serían sembradas en su mayor parte por soja de segunda. En el Sudeste 2 el establecimiento tendría seis chacras con trigo –la sexta no en su totalidad-, tres chacras de soja y una de sorgo. En este caso solo dos de las seis chacras de cultivos de invierno –solo trigo en este caso-, se sembrarían con cultivos de verano de segunda, tres cuartas partes serían de soja de segunda y el resto de sorgo de segunda.

Cuadro 32 - Superficie sembrada (%) según cultivo por ambiente.
Zafra agrícola 2009/2010

Cultivo	Ambiente						Total
	LS1	LS2	LC	CS	SE1	SE2	
Cebada	47.7	5.1	27.6	19.6	0.0	0.0	100.0
Trigo	24.6	9.4	35.3	14.5	6.5	9.7	100.0
Soja1	27.1	4.0	35.0	26.4	4.1	3.3	100.0
Soja2	27.5	9.0	35.6	17.7	8.0	2.2	100.0
Maíz1	25.0	0.0	40.4	34.6	0.0	0.0	100.0
Maíz2	59.2	0.0	40.8	0.0	0.0	0.0	100.1
Sorgo1	50.8	9.8	23.5	0.0	0.0	15.9	100.0
Sorgo2	46.6	0.0	15.2	0.0	16.3	22.0	100.0
Total	29.1	6.9	34.8	19.3	5.4	4.5	100.0

La zafra 2009/2010 no es solo importante porque –como ya se explicó- representa el 60,0% de las chacras, sino en particular porque de las 432 chacras –en el conjunto de las bases de datos multizafra- localizadas en los ambientes no tradicionales (CS, SE1 y SE2), todas ellas (100,0%) fueron sembradas en esa zafra. La dispersión espacial en los datos de FUCREA –sobretudo vía inclusión grupal- es muy reciente. A lo largo de los análisis realizados –sobretudo en los desvíos por ambiente según cultivo en relación al comportamiento del conjunto-, la cantidad de chacras de algunos cultivos es una limitante relevante; a su vez –incluso en el último análisis- la dinámica de los

datos que refleja una estructura de cultivos y espacial cambiante, limita la validez de las conclusiones.

4.2. CULTIVOS DE INVIERNO

Como se ha mostrado en las secciones anteriores, los cultivos de invierno (para grano) representados en las bases de datos multizafras de FUCREA (2007-2009) son cebada y trigo, mientras que no aparecen avena o canola. El trigo más que duplica (x 2,6) tanto la cantidad de chacras como la superficie sembrada con cebada. En la medida que la superficie de trigo crece más rápido que la de cebada, al final del trienio analizado (o sea en la zafra 2009/2010) tanto la cantidad de chacras como la superficie sembrada con trigo triplica a las correspondientes de cebada. Las superficies medias de chacra son muy similares, lo que hace que las relaciones anteriores sean prácticamente las mismas.

Pero además de las cantidad de chacras y la superficie sembrada, la segunda diferencia relevante ya analizada en el conjunto de los datos, es la distribución espacial de las chacras, mientras el trigo aparece en todos los ambientes -en el conjunto de las zafras agrícolas y por lo tanto también en la última-, la cebada aparece en dos tercios de los ambientes (4/6). Y además en el conjunto de las zafras agrícolas analizadas, el 86,7% de las chacras de cebada se sitúan en el litoral oeste (LS1+LC), esa proporción es 76,0% en el caso de trigo. Cuando se pone la lupa en la última zafra analizada (2009/2010), la proporción baja a 76,6% en cebada y a 63,3% en trigo. Los dos cultivos disminuyen su concentración espacial, con el trigo a la cabeza.

Finalmente, si tomamos el ambiente principal, -también en el conjunto de las zafras agrícolas- el 71,4% de las chacras de cebada se situaron en el Litoral Sur 1 (Colonia+Soriano) y el 52,0% de las chacras de trigo; en la última zafra las mismas proporciones son 58,1% -cebada- y 36,9% -trigo-. Solo poco más de un tercio de las chacras de trigo (en FUCREA) se localizaron en el Litoral Sur 1. Pero es en la superficie donde la dispersión actual (2009/2010) se nota más claramente; en el Litoral Sur se sembró entonces menos de la mitad (47,6%) de la superficie de cebada y una cuarta parte (24,6%) de la de trigo; una quinta parte (19,6%) de la superficie de cebada estaba fuera de los ambientes tradicionales (toda en el Centro Sur) y cerca de un tercio (30,6%) de la de trigo, más de la mitad de esta en los ambientes Sudeste (SE1+SE2).

4.2.1. Cebada cervecera

Los objetivos de este capítulo son presentar el conjunto de análisis realizados sobre la base de datos multizafrada de cebada, e intentar explicar el comportamiento productivo del cultivo de acuerdo a la información elaborada. Los procedimientos son equivalentes a los utilizados en trigo, con las diferencias en la cantidad de registros, localización y disponibilidad de variables. La base de datos multizafrada (2007/2008-2009/2010) de cebada contiene 294 registros (el 38,4% si tomamos trigo como 100,0%), de los cuales 286 tienen datos de productividad; que como fue establecido ha sido considerada en estos análisis como la variable dependiente, y cuyo comportamiento se intenta explicar con las variables y las herramientas disponibles.

El cuadro siguiente resume los indicadores estadísticos más conocidos para cada zafra y para el conjunto de los registros. Si bien el N indica 294 datos, esa es la cantidad de chacras, los registros con rendimiento –por lo tanto incluidos en los cálculos son 159 en la zafra 2009/2010, y entonces 286 en el conjunto. Como se observa y a diferencia de lo que sucedió con el cultivo de trigo, donde los rendimientos medios entre zafras apenas se separaron por media tonelada, en el caso de cebada quedaron separados por más de una tonelada. La mejor zafra para cebada (2008/2009) fue la peor zafra para trigo, aunque no ocurrió lo contrario, la peor zafra de cebada (2007/2008) fue una zafra intermedia en trigo.

En el caso de cebada entonces, los mínimos variaron en torno a $1,25 \text{ tm ha}^{-1}$ ($1.281,5 \text{ kg ha}^{-1}$) mientras que los máximos variaron en torno a $4,75 \text{ tm ha}^{-1}$ ($4.808,3 \text{ kg ha}^{-1}$). Los mínimos quedan separados por media tonelada entre zafras extremas, o sea por 48,6%, mientras que los máximos se separan por $1,75 \text{ tm ha}^{-1}$ (44,5%). Aún considerando las mayores diferencias de rendimientos medios entre zafras en cebada respecto a lo que ocurrió en trigo, las diferencias absolutas y relativas entre los rendimientos mínimos y máximos entre zafras fueron menores, particularmente la variación relativa de rendimientos mínimos fue casi la mitad de la de trigo. La mayor concentración del cultivo de cebada desde el punto de vista de los ambientes geográficos representados en la base de datos analizada, puede ser parte de las explicaciones externas al comportamiento señalado. Aunque en trigo tanto el rendimiento más alto como el más bajo se dieron en la misma zafra dentro del mismo ambiente, mientras que en cebada los extremos absolutos ocurrieron en distintas zafras y ambientes.

Cuadro 33 - Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra agrícola			Análisis Conjunto 2007-2009
	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
N	49	78	167	294
Mínimo*	1.250,0	1.551,0	1.043,5	1.043,5
Máximo*	3.999,1	5.761,0	4.664,7	5.761,0
Rango*	2.749,1	4.210,0	3.621,2	4.717,5
Media*	2.389,5	3.401,0	3.183,9	3.107,0
Mediana*	2.438,0	3.395,0	3.212,6	3.122,0
Desvío*	615,1	803,8	726,4	803,9
CV%	25,7	23,6	22,8	25,9

Referencias: * kg ha⁻¹

Los tres gráficos siguientes muestran la distribución de rendimientos de cebada en cada una de las tres zafas disponibles, así como el conjunto y en todos los ambientes. El procedimiento seguido fue similar al de trigo, los gráficos se presentan por separado para visualizar correctamente el centro de gravedad de la distribución, que es muy variable entre zafas tal como se verá. También al igual que en el análisis de rendimientos en trigo, los gráficos fueron construidos a partir de las frecuencias relativas simples y considerando en el eje x los valores específicos de la zafra representada o del conjunto según el caso, fueron “suavizados” siguiendo la rutina disponible en la planilla electrónica utilizada.

Como muestra el gráfico, -anticipado por el rendimiento medio general, la zafra 2007/2008 fue dentro de la terna una zafra de bajos rendimientos de cebada cervecera, centrada en esa media de menos de 2,4 tm ha⁻¹ -sea 6,44% por encima de la media nacional en la misma zafra (2007/2008)- con una asimetría negativa para una distribución levemente escorada a la derecha y suavemente aplanada, de variabilidad media (moderada). Según las estimaciones de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2008c), en la misma zafra los rendimientos medios nacionales se situaron en 2.245 kg ha⁻¹ (sobre 138.200 ha. sembradas), los cuales fueron superiores solo a los pésimos rendimientos de los comienzos de la misma década (2001/2002-2002/2003).

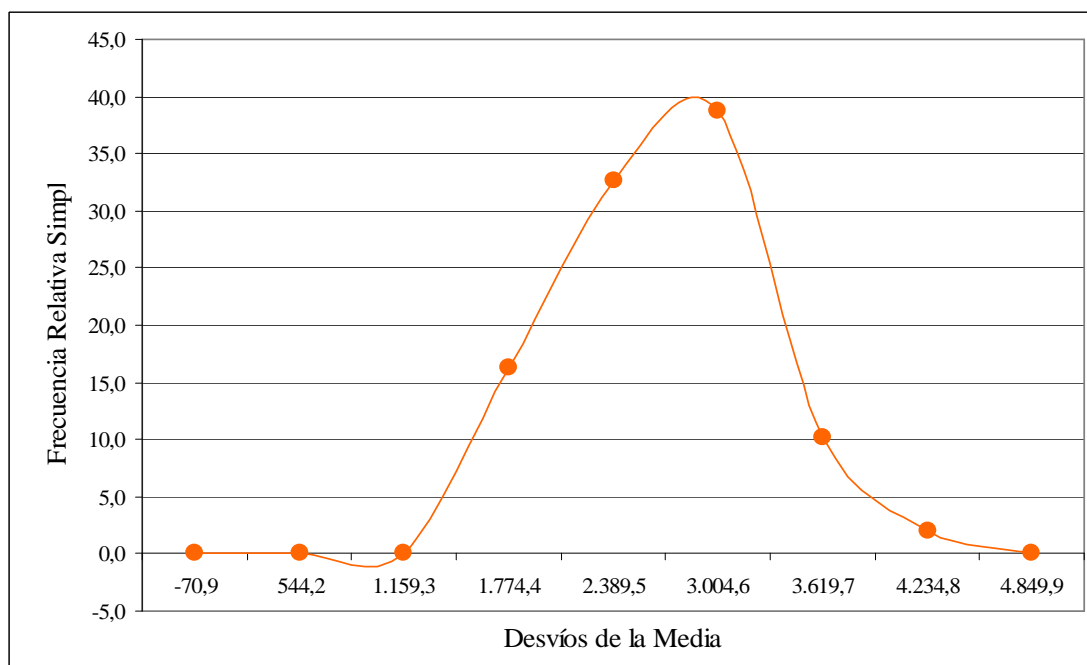


Gráfico 25 - Frecuencias relativas simples de rendimientos según media±desvíos.
Cebada cervecera (2007/2008)

Un año después, la zafra 2008/2009 (ver el gráfico siguiente), con más chacras (+59,2%) sobre una superficie sembrada de 3.667,9 ha -una vez y media mayor-; la media general de rendimiento de la zafra fue 42,3% superior. La distribución casi simétrica en torno a esas 3,4 tm ha⁻¹ aunque levemente más acentuada, aparece 1,0 tm ha⁻¹ completamente corrida hacia la derecha. En esta zafra a nivel nacional según la misma fuente (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2009c), los rendimientos medios nacionales se situaron en 3.154 kg ha⁻¹ sobre 119.900 ha. sembradas, el cual fue finalmente el tercer mejor rendimiento de la década (solo superado por los de las zafras 2009/2010 -2do- y 2006/2007 -1ro.-, URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c).

Como puede verse en los datos, si bien la diferencia entre los rendimientos extremos es casi 1,50 tm ha⁻¹ mayor en la zafra 2008/2009 respecto a la zafra inmediata anterior -1,25 tm ha⁻¹ o sea la mayor parte dada por la diferencia en los rendimientos máximos-, como ya se indicó, la variabilidad es muy similar, siendo moderada en ambos casos. Si tratáramos ambas distribuciones como si fueran perfectamente simétricas (la segunda casi lo es), podríamos decir que en la zafra 2007/2008 dos tercios de las chacras tuvieron rendimientos entre 1,75 tm ha⁻¹ y 3,00 tm ha⁻¹ (1.774,4 kg ha⁻¹ y 3.004,6 kg ha⁻¹), mientras que en la zafra 2008/2009 los extremos para los dos tercios de las chacras fueron 2,60 tm ha⁻¹ y 4,20 tm ha⁻¹ (2.597,2 kg ha⁻¹ y 4.204,8 kg ha⁻¹). Esos dos tercios de las distribuciones se solapan parcialmente entre 2,60 tm ha⁻¹ y 3,00 tm ha⁻¹ entre la

mitad superior de los rendimientos de la zafra 2007/2008 y la mitad inferior de los rendimientos de la zafra 2008/2009. En el mismo sentido, son escasos los rendimientos de la zafra 2007/2008 que superan el rendimiento medio/mediano de la zafra 2008/2009.

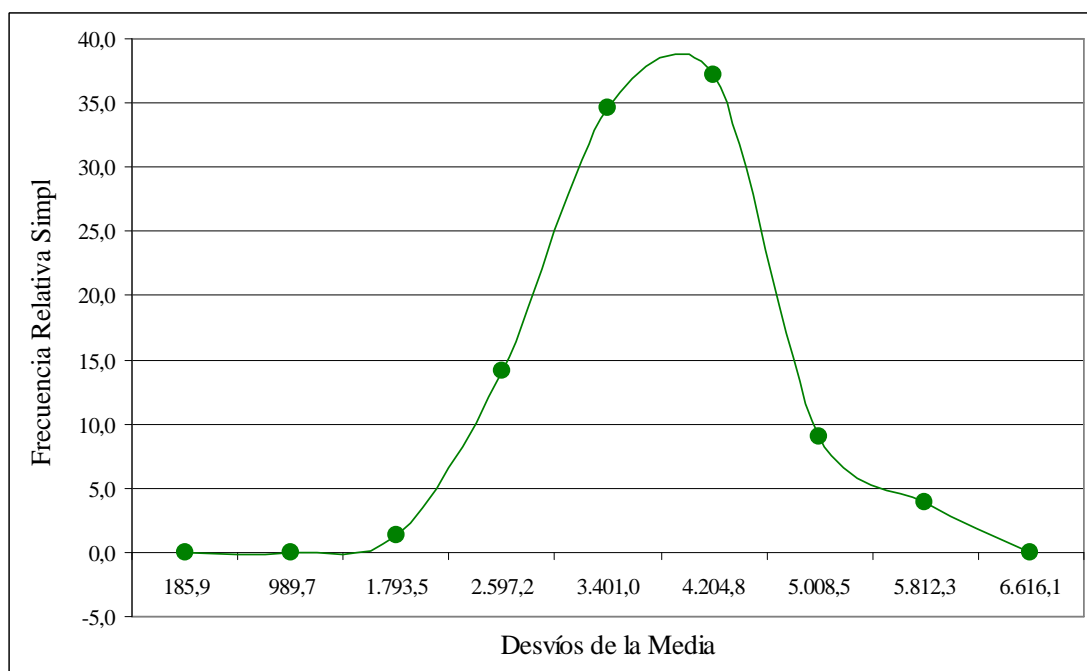


Gráfico 26 - Frecuencias relativas simples de rendimientos según media±desvíos.
Cebada cervecera (2008/2009)

Para la zafra siguiente (2009/2010), la cantidad de chacras volvió a aumentar significativamente, multiplicándose más de dos veces (+114,10%), mientras que la superficie sembrada se multiplicó más de dos veces y media (+161,43), o sea que a diferencia de la zafra anterior, las chacras no fueron levemente más pequeñas en promedio, sino claramente más grandes (+22,10%). En esta zafra la media se situó en las 3,18 tm ha^{-1} -a diferencia de las dos zafras previas, este rendimiento fue apenas inferior (-3,35%) al rendimiento medio nacional-, dentro de una distribución prácticamente "normal" desde el punto de vista del apuntamiento/aplastamiento de la curva, con un muy pequeño sesgo negativo que indica una distribución levemente escorada a la derecha, prácticamente no visible en la representación gráfica suavizada.

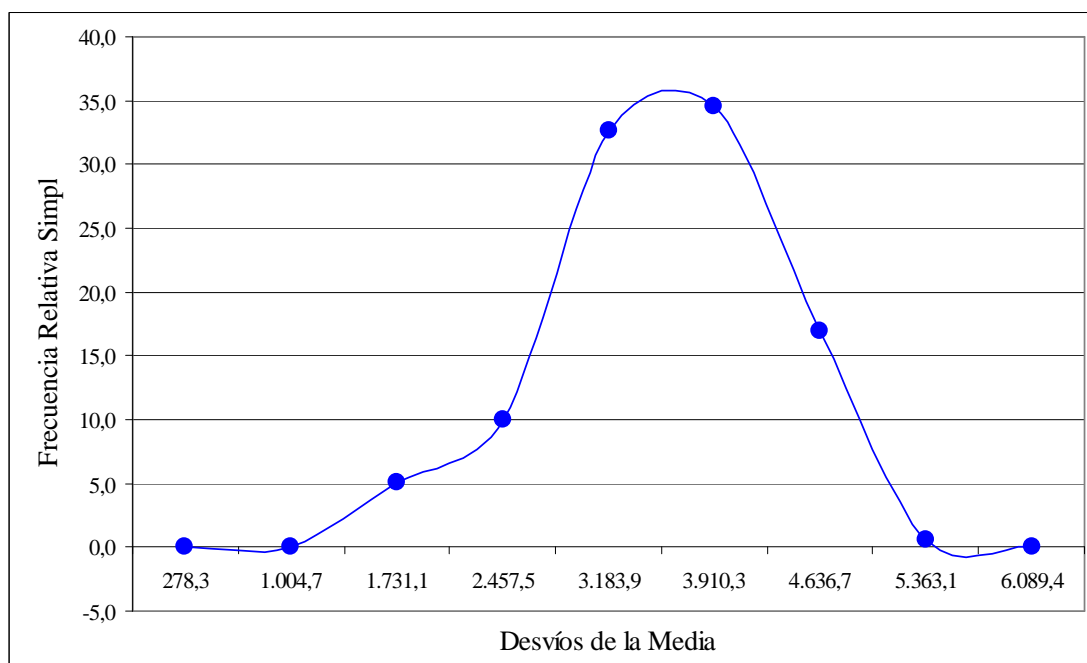


Gráfico 27 - Frecuencias relativas simples de rendimientos según media±desvíos.
Cebada cervecera (2009/2010)

La zafra 2009/2010 a nivel nacional según la misma fuente (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2011c), ofreció rendimientos medios de 3.294 kg ha^{-1} sobre 140.900 ha sembradas, como ya dijimos el segundo mejor rendimiento de la década. Si bien la superficie sembrada aumentó, lo hizo en un $8,23\%$, una diferencia ínfima comparada con los datos de las chacras de FUCREA -sabemos que el incremento en los datos de FUCREA no se debe a un enorme salto en las siembras de cebada por los mismos agricultores, pero si reflejan una fuerte incorporación de chacras que modifican el patrón original-.

Tal como lo indica la curva, más de la mitad de las chacras tuvieron rendimientos medios superiores a 3.200 kg ha^{-1} y casi las tres cuartas partes superaron los 2.800 kg ha^{-1} , rendimientos que fueron superiores a la media nacional durante la década 2001/2002-2010/2011 de tan solo 2.655 kg ha^{-1} , condicionadas como ya fue establecido por las dos zafras iniciales. El aumento en la cantidad de chacras y en la superficie sembrada –la cual llegó a representar en torno a $6,80\%$ de la superficie nacional de cebada cervecera esa zafra-, estuvo asociado a una variabilidad moderada de los rendimientos –aún menor que la zafra anterior-, pero de todas formas con una diferencia de más de tres toneladas y media entre los rendimientos extremos.

En la figura siguiente, se presenta la curva agregada –las tres zafras de cebada-, que como se visualiza y de acuerdo a los estadígrafos calculados, es una distribución casi normal, y donde se reflejan las más de $4,5 \text{ tm ha}^{-1}$ de diferencia entre los rendimientos más bajos y los más altos considerando las tres zafras.

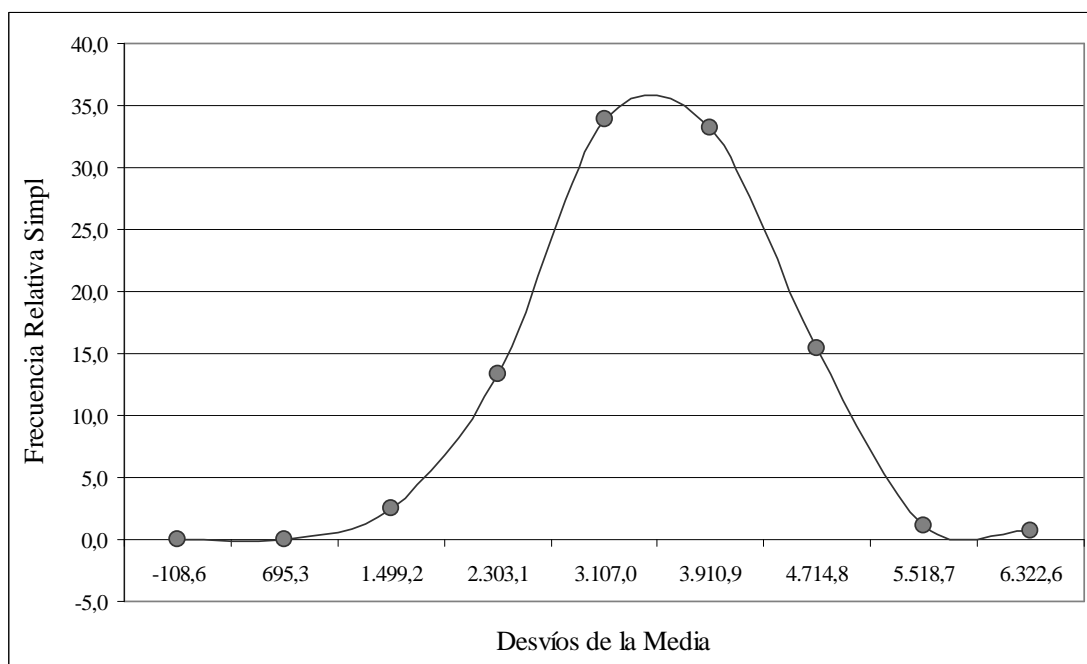


Gráfico 28 - Frecuencias relativas simples de rendimientos según $\text{media} \pm \text{desvíos}$.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

El diagrama siguiente constituye un gran resumen de la información analizada, donde se muestra claramente que la zafra 2007/2008 fue una zafra muy distinta a las dos siguientes, tanto es así que la mitad central de las chacras (ordenadas por rendimiento) en esa zafra tuvieron rendimientos inferiores a la mitad central de las chacras de las dos zafras siguientes. Y aunque no se puede demostrar –en base a la información de tres zafras-, si es posible visualizar –justamente gracias a disponer de esas tres zafras-, algunas tendencias que pueden ser relevantes en la explicación de la productividad del cultivo.

- Los rendimientos mínimos fueron “muy bajos” ($< 1.500 \text{ kg ha}^{-1}$), cualquiera sea el comportamiento medio de la zafra.
- Los rendimientos máximos llegaron a ser suficientemente “altos” ($> 4.000 \text{ kg ha}^{-1}$) en las mismas condiciones.

- c) Las zafras con muy buen comportamiento medio mostraron que los máximos se “dispararon” a rendimientos “muy altos” ($+6.000 \text{ kg ha}^{-1}$) -ese comportamiento fue más claro aún en trigo-.
- d) Como consecuencia el rango de rendimientos –no necesariamente la variabilidad- fue menor en las zafras de mal comportamiento medio y mayor en las zafras “normales” o de mejor comportamiento.
- e) Cuando las zafras fueron “buenas” –ejemplificadas en este caso por la 2008/2009-, solo la décima parte de las chacras mostraron rendimientos inferiores a 2.500 kg ha^{-1} mientras que si fueron “malas” –ejemplificadas por la zafra 2007/2008-, más de la mitad quedaron por debajo de ese nivel de rendimiento.
- f) Mientras que en las zafras “malas” tan solo la décima parte de las chacras mostraron (muestran) rendimientos aceptables ($>3.200 \text{ kg ha}^{-1}$), en las zafras “buenas”, más de la mitad superaron esa línea de rendimiento.

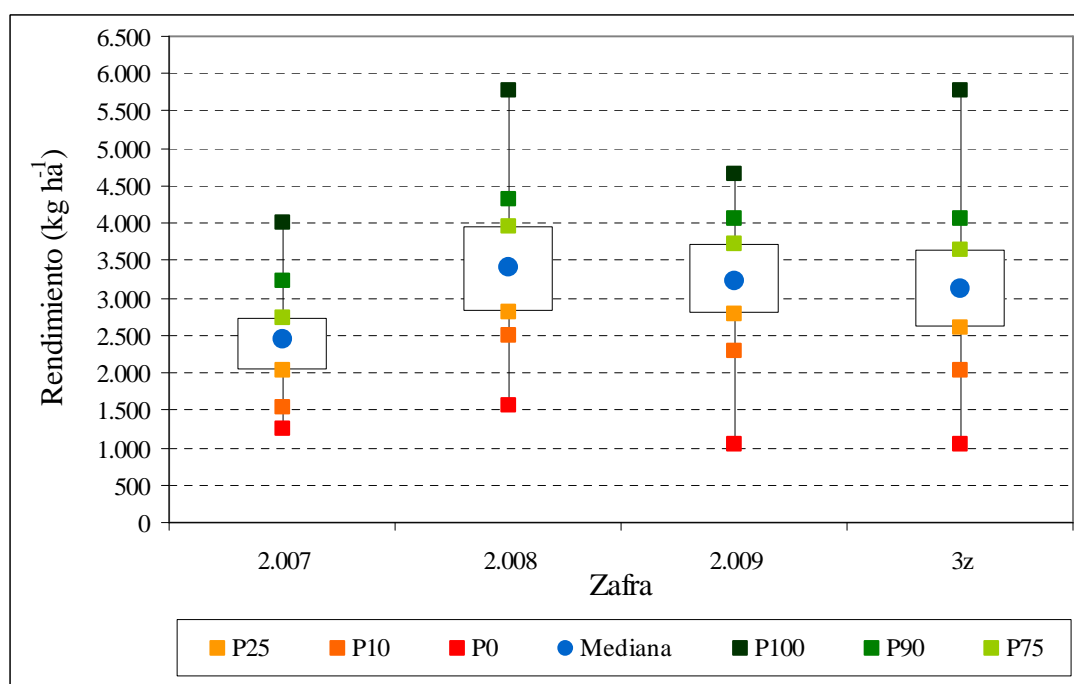


Grafico 29 – Rendimientos (kg ha^{-1}) por zafra y total en chacras CREA Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Referencias: las pequeñas cajitas en los extremos inferior y superior para cada zafra, indican los rendimientos mínimos y máximos, la caja central –perímetro negro-incluye la mitad de las chacras.

4.2.1.1. El procedimiento de clusters

El primer análisis para identificar las variables explicativas del comportamiento productivo de cebada (medido por una sola variable cuantitativa, el rendimiento físico), fue el análisis de agrupamientos (clusters procedure) utilizando el método de enlace promedio (average linkage). El diagrama siguiente presenta los clusters armados por el procedimiento señalado así como la distancia euclídea. Aún cuando es imposible visualizar los registros (las chacras) en el eje que sería el eje de ordenadas (en este diagrama), allí se encuentran la totalidad de los mismos. La línea vertical que une cinco ramas (cinco dedos) del diagrama pretende indicar los –cinco- grupos seleccionados para el análisis de los datos; los mismos son –como se pretende demostrar en adelante- bastante distintos entre sí, pero como puede observarse conservan a su vez cierta variabilidad interna.

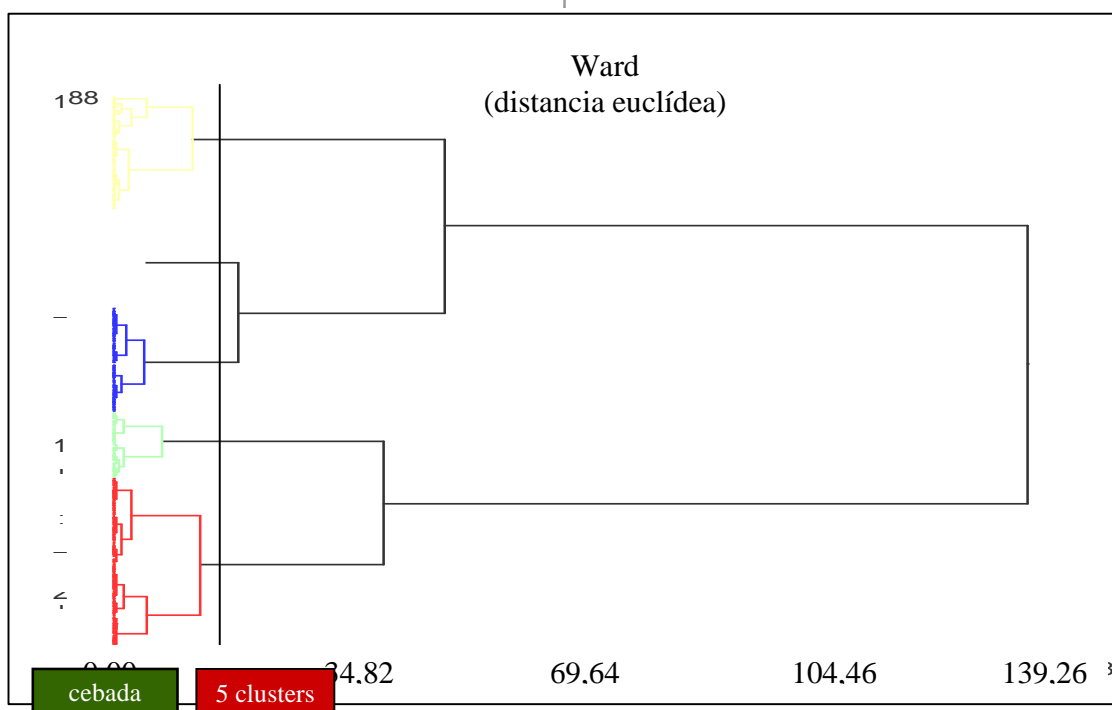


Gráfico 30 - Dendograma para cebada cervecera de 286 chacras CREA.
(2007/2008-2009/2010)

El gráfico siguiente presenta las medidas de tendencia central (media y mediana) de los rendimientos y las variabilidad dentro de cada grupo (cluster). Los cinco grupos son claramente distintos entre y sí se identifican de aquí en más como los clusters de rendimiento bajo (B), muy bajo (MB), alto (A), muy alto (MA), y medio (M) –en ese

orden en el gráfico-. Como se observa en el propio gráfico, el grupo de chacras de “muy bajos” rendimientos (34 chacras, 11,9%) no superó los 2.000 kg ha⁻¹; en el grupo de bajos rendimientos (88 chacras, 30,8%) todas las chacras están por encima del nivel anterior, pero ninguna superó los 3.000 kg ha⁻¹, el centro de gravedad del grupo se ubicó en torno a los 2.630 kg ha⁻¹.

El grupo de rendimientos medios, contiene 51 chacras (17,8%) cuyo rendimiento medio fue de 3.150 kg ha⁻¹ y donde los rendimientos se encuentran muy apretados en torno a la media, de hecho no hubo chacras con productividades por debajo de 2.960 kg ha⁻¹ ni por encima de 3.310 kg ha⁻¹. Ese grupo representa justamente el rendimiento medio general. El grupo de rendimientos “altos” es de similar tamaño y tan compacto como el grupo de rendimientos medios, contiene 54 chacras (18,9%) que promediaron poco más de 3.5 tm ha⁻¹, en este grupo no hay chacras con productividades por debajo de 3.350 kg ha⁻¹ ni por encima de 3.800 kg ha⁻¹; y por lo tanto no se solapa ni con el grupo anterior ni con el siguiente.

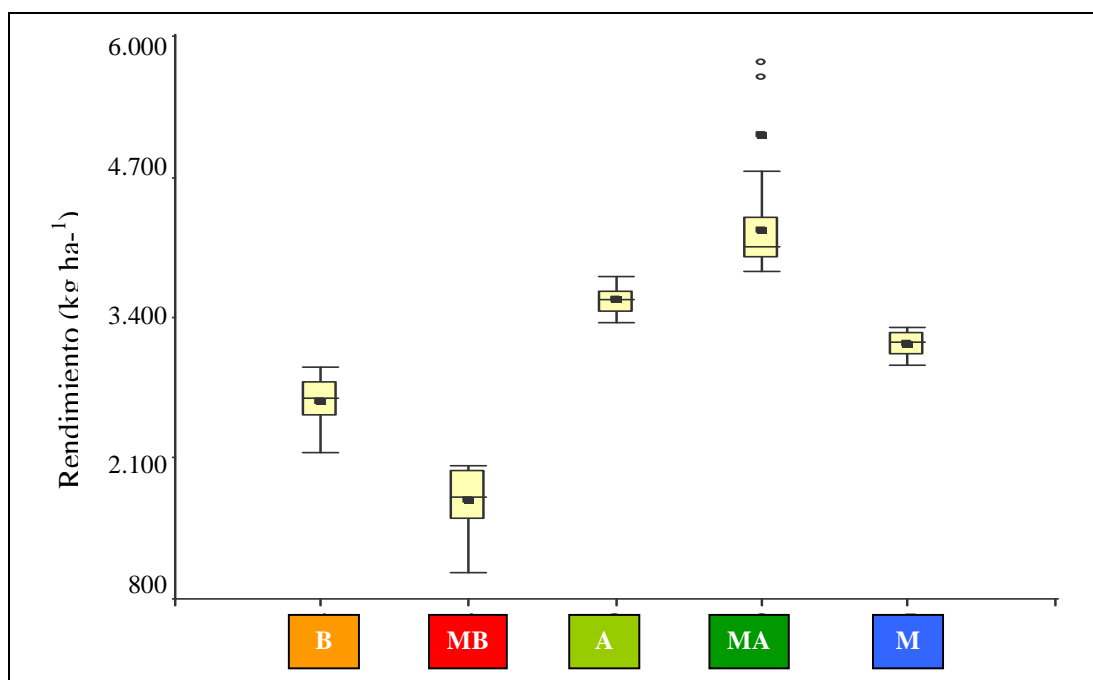


Gráfico 31 - Rendimientos (kg ha⁻¹) de cebada cervecera por cluster (2007/2008-2009/2010)

Referencias: MB = muy bajo, B = bajo, M = medio, A = alto, y MA = muy alto.

Finalmente, el grupo de muy altos rendimientos contiene 59 chacras -una de cada cinco chacras del análisis (20,6%)-, su rendimiento medio alcanzó los 4.200 kg ha⁻¹ y es

como los grupos inferiores más disperso internamente, y aunque contiene la chacra de más alto rendimiento del conjunto -la cual superó las 5,7 tm ha⁻¹-, el grueso de las chacras quedan por debajo de las 5,0 tm ha⁻¹, pero aún así los rendimientos quedan “desparramados” a lo largo de más de 1,1 tm ha⁻¹. De hecho el propio diagrama muestra esas escasas chacras de rendimientos hacia las 6,0 tm ha⁻¹ como atípicos (outliers).

Cuadro 34 - Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Grupo	Chacras		Rendimiento (kg ha ⁻¹)				
	(Cantidad)	(%)	Mínimo	Máximo	Media	Desvío	CV%
MB	34	11,9	1043,5	2033,0	1715,4	270,2	15,8
B	88	30,8	2150,0	2938,0	2627,6	210,3	8,0
M	51	17,8	2959,5	3310,0	3154,1	114,4	3,6
A	54	18,9	3348,1	3779,2	3564,7	123,4	3,5
MA	59	20,6	3832,3	5761,0	4199,2	387,9	9,2
Total	286	100,0	1043,5	5761,0	3114,2	804,2	25,8

Al igual que en trigo, luego de la definición de los cinco clusters, la pregunta clave que se pretende responder es: ¿cuáles son los valores (o las tendencias) de las variables (disponibles) que pueden explicar las diferencias de rendimiento observadas?. La única diferencia con trigo es que en cebada no hay una preclasificación de las variedades según ciclo, y por tanto no aparece esa variable. A su vez las diferencias en las localizaciones espaciales ya fueron señaladas.

Las variables ambientales

Si bien más adelante se resumirá la información global atendiendo a la clasificación utilizada para trigo, en la medida que se presentó con detalle el comportamiento (medido a través de la productividad) del cultivo en cada zafra, se presentan los resultados del procedimiento de clusters para la variable zafra. Como puede observarse solo el 16,7% de todas las chacras fueron sembradas en la zafra 2007/2008 –una zafra de muy bajos rendimientos- mientras que más de la mitad (56,8%) son chacras sembradas en la zafra 2009/2010 -que resultó ser una zafra media-; sin embargo más de la mitad de las chacras del grupo muy bajo y la cuarta parte del grupo bajo son de esa zafra (2007/2008) de bajos rendimientos.

Cuadro 35 - Proporción de chacras (%) por zafra agrícola según cluster.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Zafra agrícola			Total
	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
B	26,1	25,0	48,9	100,0
A	5,6	33,3	61,1	100,0
MA	1,7	39,0	59,3	100,0
MB	55,9	8,8	35,3	100,0
M	5,9	23,5	70,6	100,0
Total	16,7	26,5	56,8	100,0

Queda claro que “el efecto año” –mientras no se puedan identificar mejor los componentes explicativos-, constituye un determinante de peso para “llevar” las chacras a las zonas de rendimientos inferiores. Son muy escasas las chacras de los grupos medio, alto y muy alto sembradas en la zafra 2007/2008. Más allá de lo anterior existen dos lecturas adicionales a partir de los mismos datos –quizás repetidas pero importantes-. Casi una décima parte de las chacras de muy bajos rendimientos, y la cuarta parte de las chacras de bajos rendimientos, fueron sembradas en la zafra 2008/2009, que si se recuerda, constituyó una zafra de buenos rendimientos medios ($>3.400 \text{ kg ha}^{-1}$).

A su vez y como contraparte, aunque escasas –tal como se observa- se identificaron chacras sembradas en la misma zafra 2007/2008, que quedaron en los grupos de rendimiento medio, alto y muy alto. Es decir que algunas chacras –de hecho una de cada siete- “escaparon” al comportamiento general observado para una “mala” zafra de cebada cervecera. En síntesis el efecto año (global) que contribuyó a llevar las chacras a rendimientos inferiores, medios o superiores según sea el comportamiento de una o más variables climáticas, no determinó por sí solo que los resultados productivos no pudieran salirse de la tendencia general; para alcanzar resultados mucho peores que el grueso de las chacras o mucho mejores que los mismos.

Cuadro 36 - Desvíos de la proporciones globales por zafra agrícola según cluster.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Zafra agrícola			Total
	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
B	56,8	-5,8	-14,0	0,0
A	-66,7	25,6	7,6	0,0
MA	-89,8	46,9	4,4	0,0
MB	235,3	-66,7	-37,9	0,0
M	-64,7	-11,3	24,3	0,0
Total	0,0	0,0	0,0	0,0

Las restantes variables –dentro del conjunto de aquellas disponibles- que constituyen el ambiente agroecológico del cultivo, son el ambiente agroclimático y la aptitud de los suelos -la aptitud de los suelos fue medida a través de dos variables, una su aptitud agrícola general (para desarrollar agricultura), y la otra su aptitud agrícola específica (para la siembra de cultivos de invierno/verano)-. Debe recordarse que en ambos “cortes” existe un cierto “grado de error”, en el primer caso porque la clasificación es departamental –subregional-, y en el segundo porque no se dispone de información exacta sobre la localización de las chacras.

Antes de visualizar cual fue el efecto del ambiente agroclimático en el comportamiento productivo, parece necesario realizar dos puntualizaciones. La primera es que todas las chacras de cebada cervecera de los ambientes Centro Sur (CS) y Litoral Sur2 (LS2) son de la misma zafra, que en ambos casos es la zafra 2009/2010, la cual fue descripta oportunamente. La segunda apunta a describir el comportamiento productivo por ambientes -lo cual en cierta medida puede anticipar el efecto del ambiente en los clusters elaborados-. Para ello se presenta un diagrama de cajas que describe sintéticamente la situación. Si bien se mantuvo la separación del ambiente LS2, el mismo incluye –en el caso de la base de datos multizafra de cebada- tan solo nueve chacras, por lo cual se dejará parcialmente de lado.

Como puede verse, en primer lugar todas las “poblaciones” de rendimientos aparecen solapadas, por lo cual en principio el ambiente no separa grupos de chacras según sus rendimientos. Sin embargo, en segundo lugar, en el ambiente Centro Sur tres cuartas partes de las chacras tuvieron rendimientos inferiores a las $3,0 \text{ tm ha}^{-1}$, mientras que en los demás ambientes más de la mitad de las chacras tuvieron rendimientos superiores a esas $3,0 \text{ tm ha}^{-1}$.

En tercer lugar, en el ambiente Centro Sur son excepcionales los rendimientos superiores a las 4,0 tm ha^{-1} , mientras que en los ambientes restantes esos rendimientos se alcanzan en más del 10% de las chacras. En cuarto lugar, aún cuando la cantidad de chacras es escasa, los rendimientos de la “peor” décima parte de las chacras quedan igual o por debajo de las 1,5 tm ha^{-1} en el Centro Sur, por debajo de las 2,0 tm ha^{-1} en el “Litoral Sur” y por debajo de las 2,5 tm ha^{-1} en el Litoral Centro.

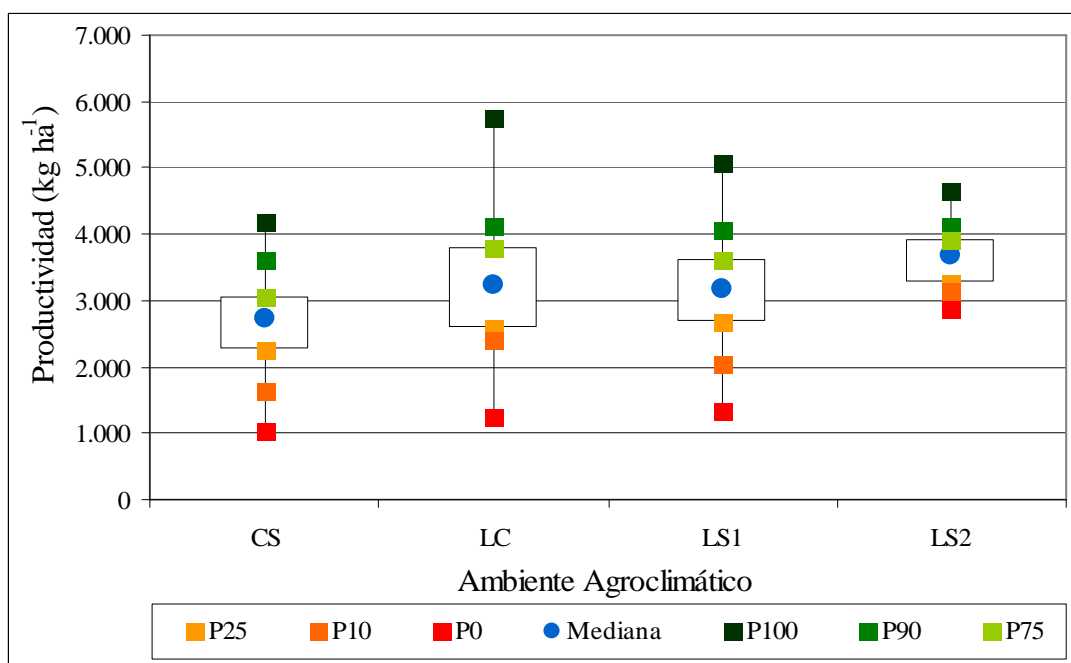


Gráfico 32 - Rendimientos de cebada cervecera por ambiente agroclimático (2007/2008-2009/2010)

Entonces, ¿este denominado “ambiente agroclimático” tuvo efectos sobre el comportamiento productivo cuando es leído desde los grupos de rendimiento identificados por el procedimiento de clusters?. La respuesta es, sí es posible, el “peor” ambiente relativo –identificado por la subregión Centro Sur en los datos analizados– contribuyó a llevar las chacras a los rendimientos inferiores y el “mejor” ambiente –más relativo aún e identificado por el Litoral Centro–, a llevarlas a rendimientos superiores.

Cuadro 37 - Proporción de chacras (%) por ambiente agroclimático según cluster.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Ambiente				Total
	CS	LC	LS1	LS2	
B	12,5	23,9	62,5	1,1	100,0
A	3,7	25,9	66,7	3,7	100,0
MA	3,4	28,8	61,0	6,8	100,0
MB	20,6	17,6	61,8	0,0	100,0
M	15,7	19,6	60,8	3,9	100,0
Total	10,2	25,9	60,9	3,1	100,0

Aún cuando en el ambiente Centro Sur fueron sembradas solo el 10,0% de todas las chacras analizadas, la quinta parte (el doble de esa cifra) de las chacras del grupo de muy bajos rendimientos estuvieron localizadas allí, mientras que menos de cuatro de cada cien chacras de los grupos de altos y muy altos rendimientos, proceden de ese ambiente. Aunque como se dijo el ambiente Litoral Sur2 cuenta con pocas chacras, su comportamiento productivo en la zafra 2009 resultó muy bueno, y por ende allí no hubieron chacras que quedasen en el grupo de muy bajos rendimientos, mientras que se sembraron varias chacras del grupo de muy altos rendimientos, que representaron la mitad de las de dicho ambiente.

En la medida que se identificaron hasta dieciocho unidades de suelo que pudieron ubicarse bajo las casi trescientas chacras de cebada cervecera, el análisis se realizó siguiendo dos enfoques, por un lado a través de la aptitud agrícola general y por otro a través de la aptitud agrícola específica (en este caso para la siembra de cultivos de invierno). En el cuadro siguiente a los valores seleccionados de las variables analizadas (zafra, ambiente), se agregaron una selección de valores de las variables derivadas del análisis de las unidades de suelo. Ellos son las unidades definidas como tierras agrícolas por su capacidad de uso, y las aptitudes muy alta y muy alta+alta para el desarrollo de cultivos de invierno.

Si bien los valores parecen ajustarse a las expectativas, en el caso de cebada la mayor limitante es la cantidad de chacras para las cuales no fue posible identificar siquiera el paraje y por lo tanto por esa vía tampoco la unidad de suelo sobre la cual se situaba la chacra. La proporción sin datos es cercana a 10,0% en el conjunto, pero por su variabilidad se acerca al 30,0% en el grupo de muy bajos rendimientos.

Cuadro 38 - Proporción (%) por valor específico en variables ambientales según cluster Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Variables ambientales							
	2007	2008	CS	TA ₁	TA ₂	MA ₁	(MA+A) ₁	(MA+A) ₂
B	26,1	25,0	12,5	78,4	71,6	83,0	85,2	83,0
A	5,6	33,3	3,7	87,0	79,6	85,2	88,9	90,7
MA	1,7	39,0	3,4	91,5	89,8	88,1	91,5	91,5
MB	55,9	8,8	20,6	47,1	44,1	50,0	64,7	70,6
M	5,9	23,5	15,7	74,5	74,5	76,5	82,4	82,4
Total	16,7	26,5	10,2	76,2	74,8	77,2	82,0	82,3

Referencias: 1: tierras agrícolas según la unidad de suelo más probable, 2: tierras agrícolas según la unidad de suelo alternativa –solo aplicada en las situaciones dudosas-.

El nivel de error es “muy alto” en el grupo de rendimientos muy bajos –valga el juego de palabras-, pero antes de la discriminación de grupos, vale la pena reparar en el valor general de la información generada. Tanto considerando la unidad de suelo más probable (el subíndice 1) como la siguiente en probabilidad (el subíndice 2), tres cuartas partes de las chacras de cebada –en el conjunto de las zafras- se sembraron sobre tierras agrícolas –de diversa aptitud-.

A su vez, si independientemente de la capacidad de las tierras, se pone el asiento en la aptitud para cultivos de invierno, más de cuatro de cada cinco chacras, habrían sido sembradas en tierras de alta y muy alta aptitud para el desarrollo de ese grupo de cultivos. En este caso se tomaron los datos derivados de la localización más probable asignada a cada chacra. Si estuvieran disponibles todos los datos, ambas proporciones podrían ser más elevadas incluso.

El grupo (cluster) de rendimientos con menor proporción de chacras sin datos es el de muy altos rendimientos, y es justamente allí donde se puede estimar que alrededor del 90,0% de las chacras fueron sembradas sobre tierras agrícolas de alta y muy alta aptitud para el desarrollo de cultivos de invierno. En el grupo de rendimientos muy bajos, la proporción de chacras que quedan sobre tierras agrícolas o sobre tierras de las mejores aptitudes para el desarrollo de cultivos de invierno, se encuentra en el extremo más bajo entre todos los grupos, pero como se mencionó al principio, el nivel de error posible es a su vez muy alto.

Las variables de manejo

Si las aquí denominadas variables ambientales -contribuyen parcialmente a explicar las diferencias de rendimiento encontradas entre los grupos identificados, ¿qué pueden aportar las variables de manejo utilizadas en el análisis?. Las variables exploradas en cebada fueron: el cultivo antecesor, el manejo de suelos, el largo de barbecho, la variedad sembrada, la fecha de siembra y la densidad.

La primera variable analizada fue el antecesor de verano, para esta variable la proporción de chacras sin datos alcanzó el 12,6% o sea una de cada ocho chacras (y ese nivel es relativamente similar entre grupos de rendimiento), ese es el nivel de error potencial contra el cual se deben visualizar los resultados. Se identificaron quince antecesores distintos, que se reducen a diez si se juntan las diferentes praderas sembradas, así como las primeras y segundas en las sojas y los sorgos.

En ese marco la primera gran cifra relevante, es que el 70,0% de las chacras de cebada cervecera fueron sembradas sobre chacras de soja, dentro de la cuales seis de cada diez eran sojas de segunda. Luego de las sojas y los “antecesores desconocidos”, el cuarto grupo en importancia fueron los sorgos, que antecedieron al 6,1% de las cebadas, y en los siguientes lugares (quinto-sexto) aparecen los maíces y las praderas sembradas (distintas edades), con 3,1% en cada caso.

Cuadro 39 - Proporción de chacras por antecesores¹ de verano según cluster.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Antecesor de verano						Total
	Praderas	Maíces	Sorgos	Soja1	Soja2	Girasol1	
B	3,4	1,1	10,2	19,3	43,2	1,1	78,4
A	3,7	3,7	1,9	37,0	37,0	0,0	83,3
MA	0,0	6,8	1,7	35,6	42,4	1,7	88,1
MB	8,8	2,9	14,7	29,4	29,4	0,0	85,3
M	2,0	2,0	3,9	39,2	41,2	0,0	88,2
Total	3,1	3,1	6,1	29,9	41,2	0,7	84,0

Referencias: ¹ seleccionados

Son los dos primeros grupos –las sojas- sobre los cuales se pueden establecer conclusiones más fiables. Si bien los desvíos sobre las proporciones serían más claros en este caso, el cuadro presenta las proporciones. Como se observa las sojas de primera

tienden a estar asociadas a los rendimientos medios a muy altos, y aparecen en menor proporción sobre las chacras del grupo de bajos rendimientos de cebada cervecera.

La eventual asociación de los grupos de rendimientos con la soja de segunda como antecesor no es clara, pero aparece en una baja proporción relativa como antecesor de las chacras del grupo de rendimientos muy bajos. Si se juntan las sojas, entonces aparece una brecha (del 16,9%) que separa los grupos de rendimiento medio a muy alto, de los grupos bajo y muy bajo.

Lamentablemente la proporciones de chacras sobre los demás antecesores son muy bajas, y en todos los casos menores que el “nivel de error”. Es allí donde las tendencias relativas aparecen con más claridad en los datos analizados. Son los sorgos los que separan más nítidamente las chacras de rendimientos altos y muy altos, de las de rendimientos bajos y muy bajos.

Las praderas sembradas aparecen sobretodo como antecesores de las chacras del grupo de muy bajos rendimientos (y no aparecen antes de las chacras del grupo “muy alto”), luego las tendencias se diluyen; y los maíces sobretodo como antecesores en el grupo de muy altos rendimientos, en este caso quedan en el otro extremo las chacras de rendimientos bajos. No obstante la cantidad de chacras es muy escasa.

Si bien se analizó también el antecesor de invierno, la proporción de chacras sin datos alcanza para esta variable más de la mitad de las mismas (52,7%), por lo cual el nivel de error asociado es extremadamente alto. Solo vale decir que más de la mitad de los antecesores conocidos son trigos, los cuales son por lo tanto por lo menos más de la cuarta (27,2%) parte del total de antecesores de invierno.

En la variable manejo de suelos la proporción de chacras sin datos es muy baja – menos de una entre cada cien chacras-, y se identificaron solo dos manejos de suelo: laboreo convencional y siembra directa. La casi totalidad de las chacras (97,6%) se realizaron utilizando la siembra directa como manejo de suelos. Evidentemente esta variable no contribuye a discriminar grupos de rendimiento.

Las variables longitud de barbecho y fecha de siembra presentan proporciones de chacras sin datos en niveles medios-altos (33,3%) y medios (20,4%) respectivamente, por lo cual las eventuales tendencias se presentarán en el análisis general de las variables de manejo. Para ambas variables, la proporción de chacras sin datos difiere entre grupos de rendimiento, llegando al orden de 30,0% en el grupo de bajos rendimientos en época de siembra, y a 38,9% en el grupo de altos rendimientos para longitud de barbecho.

Antes de entrar en un análisis más detenido de las variedades, el cuadro siguiente presenta una síntesis parcial de las variables de manejo, incluyendo valores específicos de cada una de las mismas, ya sea para confirmar ciertas tendencias como para llamar la

atención sobre lo que puede aportar la información generada sobre el comportamiento de otras variables. Lamentablemente como ya se ha establecido, la proporción de chacras sin datos constituye una limitante adicional para establecer conclusiones más confiables.

Cuadro 40 - Proporción (%) por valor específico para variables de manejo según cluster. Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Variables de manejo							
	antecesor Sorgos	antecesor Soja1	barbecho 0 días	barbecho >60 días	siembras jn	siembras jl-ag	variedad Arrayán	densidad <100
B	10,2	19,3	29,5	8,0	46,6	18,2	18,2	30,7
A	1,9	37,0	13,0	1,9	59,3	18,5	18,5	44,4
MA	1,7	35,6	15,3	15,3	62,7	13,6	32,2	59,3
MB	14,7	29,4	14,7	17,6	44,1	17,6	5,9	20,6
M	3,9	39,2	25,5	9,8	49,0	25,5	25,5	35,3
					100,0			100,0
Total	6,1	29,9	20,4	9,5	53,7	18,0	23,1	40,5

Como ya fue establecido al analizar los antecesores de verano, la proporción de chacras sin datos en esta variable es media (12,6%) y muy estable entre grupos de rendimiento. Son entre los antecesores los sorgos (están agrupados todos los sorgos para grano), los que mejor separan grupos de rendimiento, dado que aparecen sobretodo antes de las chacras de los grupos de rendimiento muy bajo y bajo, y son extremadamente escasos antes de las chacras de los grupos de rendimiento alto y muy alto, pero ocurren al menos una vez.

Las sojas de primera que constituyen el segundo antecesor en orden de importancia, se asocian positivamente a las chacras de los grupos de rendimiento medio a muy alto, y negativamente a las chacras del grupo de bajos rendimientos; pero el comportamiento no es tan claro como parece serlo para el cultivo de trigo. En cualquier caso si se recuerda, las tendencias para la soja de segunda son más confusas aún. En ambos casos –sorgos y sojas-, una distribución desigual (entre antecesores) de las chacras sin datos podía oscurecer aún más estas tendencias.

La longitud de barbecho tiene como se dijo la gran limitante del nivel de chacras sin datos que es alto (33,3%). Más allá de esta limitante o quizás debido a la misma, tanto cuando se toman los barbechos más cortos –que serían ningún día- como cuando se toman los más largos –tres a cuatro meses-, no aparecen tendencias claras asociadas a los grupos de rendimiento.

Cuando se considera la fecha de siembra, como ya se mencionó el nivel medio de chacras sin datos es medio-alto (20,4%) pero en este caso más heterogéneo entre grupos de rendimiento (8,5%-30,7%). Salvo que las siembras de julio-agosto está subrepresentadas en el grupo de chacras de muy altos rendimientos, luego las tendencias se vuelven inconsistentes.

Cuando se toman las siembras de junio, las tendencias parecen más claras, allí aparecen sobrerrepresentadas (desvíos positivos) las chacras de altos y muy altos rendimientos, y subrepresentadas las de los demás grupos. Lamentablemente, los niveles de chacras sin datos son altos (>20,0%) en los grupos de rendimientos medios a muy bajos, si se cargaran fuertemente en los grupos señalados, pueden también oscurecer e incluso anular esas tendencias.

En la variable densidad de siembra el nivel de chacras sin datos es medio (10,9%) pero también muy variable entre los grupos de rendimiento (3,4%-26,5%). En los datos originales las densidades varían entre 50 kg ha⁻¹ y 152 kg ha⁻¹; utilizamos rangos de 25 kg ha⁻¹ para el análisis y tomamos también la cantidad de datos en una densidad exacta, 100 kg ha⁻¹.

Cuando se miran las proporciones de chacras con menores densidades (<100 kg ha⁻¹), las tendencias parecen muy claras, pero si se agrega la densidad media del rango de variación (=100 kg ha⁻¹) las diferencias se reducen sustancialmente. No sabemos las densidades de las chacras sin datos, pero en la medida que la ausencia de datos es muy baja en el grupo de chacras de muy altos rendimientos y alta en el grupo de muy bajos rendimientos, las tendencias observadas podrían anularse.

La última variable de manejo es la variedad. En el conjunto de las chacras de cebada cervecera se identificaron trece variedades sembradas -o sea muy por debajo de la mitad de la cantidad de variedades en trigo-. Y en el caso de cebada cervecera, solo dos variedades: Ceibo y Arrayán, representaron el 60,1% de la superficie sembrada -para alcanzar una proporción similar en trigo, se deben sumar cinco variedades-.

En el cuadro siguiente se muestran los datos para las siete variedades más sembradas en el conjunto de las chacras de cebada cervecera en FUCREA para las zafra 2007/2008-2009/2010. Las mismas fueron sembradas en entre diez y ciento diez chacras tomando las de menor y mayor frecuencia del grupo. Si bien la proporción de chacras sin datos es muy baja (2,0%), alcanza el 14,7% en el grupo de chacras de muy bajos rendimientos. La pregunta habitual es, ¿existen posibles vínculos entre las variedades y los grupos de rendimiento identificados?.

Cuadro 41 – Proporción (%) de chacras por variedades seleccionadas según cluster.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Variedad sembrada							Total
	Arrayán	Carumbé	Ceibo	Danuta	Daymán	Madi	Musa936	
B	18,2	8,0	31,8	2,3	5,7	5,7	20,5	71,6
A	18,5	0,0	51,9	1,9	9,3	3,7	7,4	85,2
MA	32,2	1,7	39,0	10,2	6,8	3,4	5,1	93,2
MB	5,9	14,7	20,6	2,9	5,9	17,6	0,0	67,6
M	25,5	2,0	47,1	0,0	2,0	11,8	7,8	88,2
Total	23,1	4,8	37,4	3,4	5,8	7,1	9,9	81,6

Las siete variedades más sembradas representan más del ochenta por ciento de las chacras de la población de cebada cervecera en las base de datos multizafrada de FUCREA. En la primera lectura todas las variedades aparecen en chacras de la mayor parte de los grupos de rendimiento (entre cuatro a cinco grupos), y entre aquellas variedades que aparecen en cuatro grupos, solo Musa 936 queda excluida de un grupo de rendimientos extremos (muy bajo) pero está fuertemente asociada al grupo de bajos rendimientos, donde representa una de cada cinco chacras.

La información elaborada muestra en una segunda lectura que las variedades Carumbé y Madi aparecen vinculadas más que proporcionalmente al grupo de rendimientos muy bajos y la variedad Musa 936 al grupo de rendimientos bajos; mientras las variedades Arrayán y Danutá al grupo de rendimientos muy altos. Por su parte la variedad Ceibo se asocia a las chacras de los grupos de rendimientos altos y medios; y por último la variedad Daymán a los rendimientos altos, pero en este caso las diferencias aparentes son menores.

Antes de ir a los desvíos, ¿cuáles-cuántas variedades explican más de la mitad de las chacras de cada grupo de rendimientos?. En el grupo de muy bajos rendimientos tres variedades: Ceibo, Madi y Carumbé; dos variedades en el grupo de bajos rendimientos Ceibo y Musa 936; dos en el grupo de rendimientos medios, Ceibo y Arrayán; una en el grupo de altos rendimientos, que es Ceibo, y dos en el grupo de muy altos rendimientos; Ceibo y Arrayán.

La variedad Ceibo representa por sí sola más de un tercio (37,4%) de las chacras de cebada en esta población, y es la única variedad que aparece siempre entre las variedades más sembradas en cada grupo; de hecho es la primera variedad más sembrada en cada uno de los mismos. Entonces, y bajo este enfoque de análisis, ¿es posible visualizar un efecto de las variedades en el rendimiento de cebada cervecera?.

A los efectos de intentar esclarecer situaciones como la de Daymán, en este caso se agrega debajo el cuadro de desvíos de las proporciones para el mismo subconjunto de chacras. Los desvíos se construyen a partir de las proporciones pero muestran nítidamente las tendencias, si son claramente positivos el grupo está sobre representado y si son claramente negativas el grupo está subrepresentado. El tamaño de los desvíos solo es comparable entre grupos dentro de cada variedad.

Cuadro 42 - Desvíos de las proporciones de chacras por variedades según cluster.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Variedad sembrada						
	Arrayán	Carumbé	Ceibo	Danuta	Daymán	Madi	Musa936
B	-21,4	67,0	-15,0	-33,2	-1,7	-20,5	107,4
A	-19,9	0,0	38,6	-45,6	60,1	-48,1	-24,9
MA	39,2	-64,4	4,2	199,0	17,2	-52,5	-48,5
MB	-74,6	208,8	-45,0	-13,5	1,7	147,1	0,0
M	10,2	-58,8	25,8	0,0	-66,1	64,7	-20,5
Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Como puede observarse Arrayán está sobre representada en el grupo de chacras de muy altos rendimientos y aparece sobretodo subrepresentada en el grupo de muy bajos rendimientos; Carumbé tiene un comportamiento opuesto, apareciendo sobre representada en los grupos de bajo y sobretodo muy baja rendimiento y subrepresentada en el de muy altos rendimientos. Ceibo en este análisis aparece más asociada al grupo de altos rendimientos y subrepresentada sobretodo en el de muy bajos rendimientos.

¿Qué sucede con las restantes?, ¿cuál es el patrón de comportamiento?, todas tienen su propio patrón como se observa. Danuta sola se asocia positivamente a las chacras de rendimientos muy altos, Daymán se asocia sobretodo a las chacras de altos rendimientos (pero aparece subrepresentada en las chacras de rendimientos medios). Madi se asocia sobretodo a las chacras de rendimientos muy bajos, pero también aparece sobre representada en las chacas de rendimientos medios; finalmente Musa 936 aparece sobretodo asociada a las chacras de bajos rendimientos.

Una visión de conjunto

Cuando se observa el conjunto de la información generada –la cual ha sido parcialmente presentada antes-, y anotando la escasez de datos para los valores de algunas variables -v.g. las praderas sembradas como antecesores, las fechas de agosto entre las siembras o Danuta entre las variedades-, es posible encontrar chacras en todos los grupos de rendimiento en la más amplia gama de situaciones ambientales (agroecológicas) y de manejo.

El procedimiento de clusters tal como ha sido utilizado no permite cuantificar interacciones ni descubrir con facilidad las causas por las cuales ciertas chacras sembradas o desarrolladas bajo condiciones desfavorables muestran rendimientos altos o aún muy altos –se deberían rastrear las chacras una por una-. Lo que se observa para ciertos valores de algunas variables, son tendencias que indicarían las causas que llevan a ciertas chacras hacia rendimientos bajos o muy bajos y otras hacia rendimientos altos y muy altos.

Entre las variables ambientales estudiadas –aquellas sobre las que se disponía o fue posible generar información-, el efecto año (identificado por la zafra) y el ambiente general (identificado por la localización subregional-departamental) empujan los rendimientos del cultivo hacia abajo o hacia arriba de la media general Y aunque la proporción de chacras sin datos es media a alta según variables y grupos, la capacidad agrícola general y la aptitud agrícola específica, son variables que muestran tendencias en el mismo sentido.

En el conjunto de situaciones analizadas, el efecto año dado por la zafra 2007/2008, el ambiente Centro-Sur, las tierras no 100% agrícolas (según su capacidad de uso), y aquellas de menor aptitud para cultivos de invierno, aumentaron la probabilidad de las chacras de situarse en el grupo de bajos y sobretodo de muy bajos rendimientos. Lo contrario sucede con zafras como la 2008/2009, ambiente como el Litoral Centro o el Litoral Sur, y para las tierras agrícolas y/o de muy alta aptitud para cultivos de invierno, las chacras fueron “empujadas” hacia los grupos de rendimiento alto y muy alto.

Entre las variables de manejo, los antecesores de verano como los sorgos, y eventualmente las praderas, posiblemente las siembras de julio-agosto, y la utilización de ciertas variedades –Carumbé, Madi y MUSA936-, empujaron las chacras hacia los grupos de muy bajo y bajo rendimiento; la longitud del barbecho o la densidad de siembra –eventualmente por la completitud de los datos-, no muestran comportamientos claramente indicativos. Los posibles efectos anidados de esas variables no se pueden esclarecer en este procedimiento de análisis.

4.2.1.2. El árbol de regresión

El punto de partida del análisis fue para cebada cervecera el conjunto de las 286 chacras con rendimientos disponibles en la base de datos multizafras. El rendimiento medio general fue 3.114 kg ha^{-1} , $-4,99\%$ <trigo, (CV=25,8%, $-13,13\%$ <trigo). En el primer nivel –las dos ramas principales-, se generaron dos subgrupos separados por una diferencia de rendimiento medio de 876 kg ha^{-1} , las 49 chacras (17,0%) de la rama baja promediaron 2.388 kg ha^{-1} (CV=25,7%) y las 237 chacras (83,0%) de la rama alta promediaron 3.264 kg ha^{-1} (CV=23,2%).

La lectura arriba-abajo

La partición de las dos ramas principales en cebada cervecera, ocurre de modo opuesto a lo que sucede en trigo. Mientras en cebada la rama baja es pequeña (un tamaño medido a través de la cantidad de chacras) y tiene un rendimiento medio $\frac{3}{4}$ tonelada menor que el rendimiento medio general; en trigo la rama baja es grande, y su rendimiento medio es apenas $\frac{1}{4}$ tonelada menor que el rendimiento medio de toda la población –existe una interacción allí-. Prácticamente el comportamiento opuesto se observa en la rama alta de los árboles en ambos cultivos.

La enorme rama superior de rendimientos (S) en cebada –4,8 veces más grande que su hermana- aparece asociada a una variable ambiental que es la zafra, y dentro del subgrupo quedan dos de las tres zafras que en este caso son las zafras 2008/2009 y 2009/2010. La rama inferior de rendimientos (I) responde a la misma variable de manejo y en ella queda la zafra restante (2007/2008) en este análisis. Si se recuerda, en cebada las diferencias de rendimientos medios entre ambos subgrupos de zafras (2008/2009-2009/2010 vs 2007/2008) fueron enormes, lo cual no sucedió en el cultivo de trigo.

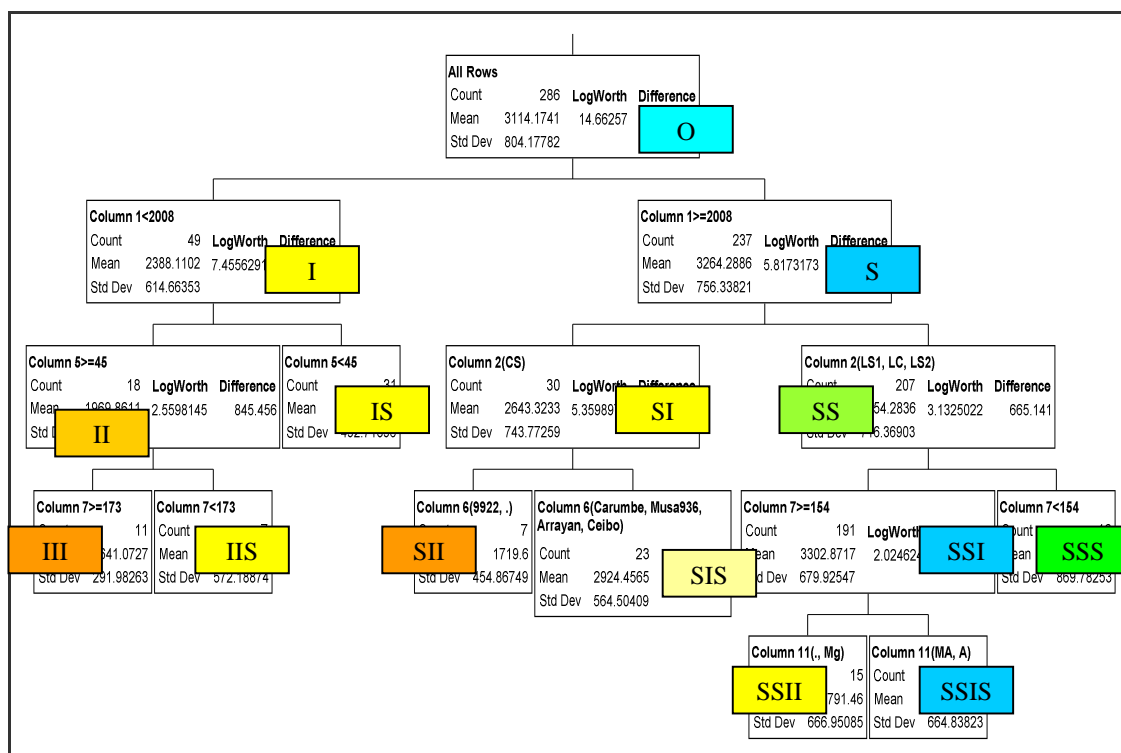


Figura 2 - Árbol de regresión de 286 chacras CREA de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

La rama superior de primer nivel

Tal como muestra el diagrama, en cebada cervecera –al igual que en trigo en este caso- la rama superior de rendimientos presenta hasta tres subniveles entre las ramas secundarias. La rama superior se divide en el nivel siguiente en dos subramas, la variable clasificatoria es nuevamente ambiental, específicamente el ambiente agroclimático dado por la ubicación de las chacras en un nivel subregional. Las dos ramas quedan separadas por cerca de $\frac{3}{4}$ de tonelada ($711,0 \text{ kg ha}^{-1}$).

La rama inferior (SI) incluye 30 chacras (tan solo una de cada ocho chacras de la rama madre) que tuvieron un rendimiento medio de $2643,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=28,1\%$), todas ubicadas en al ambiente Centro Sur -que abarca las chacras localizadas exclusivamente en Durazno para el caso de cebada cervecera-. La rama superior (SS) incluye las restantes 207 chacras con un rendimiento medio de $3.354,3 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=21,4\%$), localizadas a lo largo del litoral, entre el Litoral Centro y el Litoral Sur.

Nuevamente la rama superior (SS) se separa apenas (+2,8%) del rendimiento de su rama madre (y no mucho más de su abuela), mientras que la rama inferior cae largamente más de media tonelada ($621,0 \text{ kg ha}^{-1}$) por debajo de la rama madre. En otros términos, las buenas zafras empujaron levemente los rendimientos hacia arriba un pequeño escalón (+4,8%), y los buenos ambientes un pequeño escalón más; los malos ambientes y sobretodo las malas zafras, jugaron más fuerte.

La pequeña rama inferior (SI) se vuelve a dividir –por última vez- en dos nuevas ramas de tercer nivel, las cuales se separan ahora por una enorme diferencia de rendimiento medio ($1.204,8 \text{ kg ha}^{-1}$). La variable clasificatoria es ahora de manejo y está dada por la variedad utilizada. En la rama inferior (SII) queda incluida la variedad 9922 –parte de sus chacras- y alguna no identificada, esa rama de 7 chacras muestra un rendimiento medio de $1.719,6 \text{ kg ha}^{-1}$, (CV=26,5%).

La rama superior (SIS) de tercer nivel incluyó 23 chacras de las variedades Arrayán, Carumbé, Ceibo y Musa936, las cuales alcanzaron un rendimiento medio de $2.924,5 \text{ kg ha}^{-1}$, (CV=19,3%). Se debe llamar la atención sobre tres particularidades: a) esas chacras son una pequeña parte del conjunto de chacras donde esas variedades fueron sembradas, b) el rendimiento medio sigue siendo menor que el de la población general, y c) están mezcladas chacras que aparecían relativamente separadas de acuerdo al procedimiento de clusters.

Como quedará claramente demostrado sobre el final del análisis, las buenas zafras de cebada cervecera no pudieron levantar las restricciones dadas por ambientes que aparentaron ser inadecuados (por las condiciones locales y/o regionales) sumadas a la elección de variedades que se comportaron pobremente en tales ambientes. Esa combinatoria de factores generó rendimientos medios realmente muy bajos de cebada cervecera, muy similares al grupo de muy bajos rendimientos identificado en el procedimiento de clusters.

La gran rama superior (SS) también se vuelve a dividir en dos nuevas ramas de tercer nivel, las cuales quedan separadas por la mitad de la diferencia entre las ramas equivalentes de la rama inferior (SI) analizada recientemente, o sea en este caso $665,1 \text{ kg ha}^{-1}$. La variable clasificatoria también fue de manejo, pero ya no las variedades sino la época de siembra, y la fecha de quiebre quedó establecido a principios de junio - específicamente el 2 de junio-.

La rama inferior (SSI) de tercer nivel incluye largamente la mayoría de las chacras de la rama madre, 191 chacras (más de nueve de cada diez) que dieron un rendimiento medio de $3.302,9 \text{ kg ha}^{-1}$ (CV=20,6%), e incluyó a todas las chacras sembradas luego del 2 de junio (en nuestro análisis para las zafras 2008/2009-2009/2010). Ese rendimiento medio es muy similar al de la rama madre, por lo cual las siembras luego de esa fecha apenas tuvieron efecto en el rendimiento comparado.

La pequeña rama superior (SSS) de tercer nivel incluye tan solo 16 chacras que muestran un rendimiento medio de $3.968,0 \text{ kg ha}^{-1}$, ($CV=21,9\%$), todas sembradas antes del 2 de junio. Esta pequeña rama de tercer nivel que cuenta sola una de cada veinte chacras de la población original, contiene el grupo de chacras de la población analizada de mayor rendimiento medio identificado en este análisis, el cual es muy similar al grupo de muy altos rendimientos identificado por el procedimiento de clusters, que contiene casi cuatro veces más chacras.

En cebada cervecera entonces, la rama de más altos rendimientos es de tercer nivel (es de tan solo dos niveles en trigo), los dos primeros niveles responden a variables ambientales –las buenas zafras y los ambientes adecuados-, mientras el tercero es una variable de manejo –las siembras tempranas-. Sin embargo los dos primeros niveles generan pequeños escalones, mientras que el tercero hace la mayor parte de la diferencia (71,9% de la brecha total).

Finalmente la rama original de rendimientos superiores de primer nivel, termina en dos ramas de cuarto nivel que se generan en la mayor rama de tercer nivel (SSI). La variable clasificatoria es nuevamente agroecológica, y se origina en lo que llamamos la aptitud agrícola específica, en este caso la aptitud para el desarrollo de cultivos de invierno (en su acepción original). Las dos nuevas ramas de cuarto nivel quedan separadas por media tonelada ($565,0 \text{ kg ha}^{-1}$).

La rama inferior de cuarto nivel (SSII) tiene un rendimiento medio de $2.791,5 \text{ kg ha}^{-1}$, ($CV=23,9\%$) e incluye tan solo 15 chacras (una de cada doce chacras de la rama madre, una de cada veinte en la población original) que fueron sembradas en unidades de suelo con aptitud marginal para cultivos de invierno o sin aptitud determinada. Es esa aptitud agrícola específica desfavorable o posiblemente desfavorable la que determinaría una caída de media tonelada.

La rama superior de cuarto nivel (SSIS) presenta un rendimiento medio de $3.346,4 \text{ kg ha}^{-1}$, ($CV=19,9\%$) e incluye el grueso de las chacras de la rama madre, este grupo de 176 chacras son más de seis de cada diez chacras (61,5%) de la población de partida. Las mismas fueron sembradas en suelos de alta y muy alta aptitud agrícola para el desarrollo de cultivos de invierno, sin embargo están apenas 200 kg por encima del nivel de la población general; lo cual obedece a que largamente la mayor parte de las chacras fueron sembradas en zafras de buenos rendimientos medios, en los ambientes del corredor litoral, y claro, en suelos de alta o muy alta aptitud agrícola específica.

La rama inferior de primer nivel

Si se recuerda, la rama de primer nivel de bajos rendimientos (I) incluía tan solo 49 chacras, cuyo rendimiento medio ya se había desplomado (casi $\frac{3}{4}$ de tonelada por debajo de la media general de la población) merced a una sola variable ambiental, una mala zafra para cebada cervecera. Esa rama de primer nivel se divide en dos ramas de segundo nivel separadas entre sí por $661,1 \text{ kg ha}^{-1}$, mediante una variable de manejo que es la duración de barbecho; el punto de quiebre está en 45 días de barbecho.

La rama inferior de segundo nivel (II) muestra un rendimiento medio de $1.969,9 \text{ kg ha}^{-1}$, ($CV=29,8\%$) y contiene 18 chacras que tienen como factor común una duración de barbecho mayor a 44 días. No es factible explicar con la información presentada porqué los barbechos más largos afectaron negativamente los rendimientos medios, salvo señalar que esas chacras enfrentaron la que fue una mala zafra para cebada cervecera, aunque tampoco se puede determinar la eventual interacción.

La rama superior de cuarto nivel (IS) contiene las restantes 31 chacras (dos tercios de la rama madre y una cada diez de la población de partida) que tuvieron un rendimiento medio de $2.631,0 \text{ kg ha}^{-1}$, ($CV=18,7\%$), debido entonces a una duración de barbecho de hasta 44 días. Véase que ese grupo de chacras sembradas en una mala zafra para cebada pero con barbechos cortos, tuvo un rendimiento medio igual al de las chacras sembradas en buenas zafras para cebada cervecera, pero en ambientes que resultaron desfavorables.

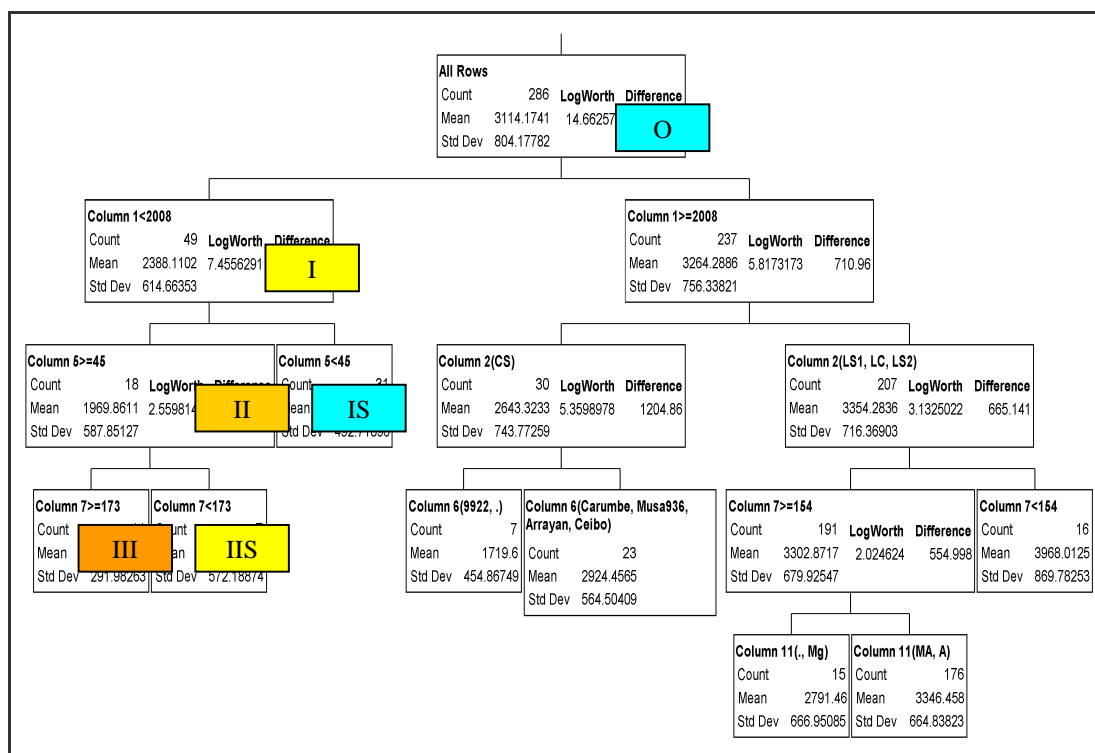


Figura 3 - Descendencia de la rama inferior del árbol de regresión de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

La rama superior de segundo nivel (dentro de la rama inferior de primer nivel) ya no vuelve a dividirse, es la pequeña rama inferior de segundo nivel (II) -la menor de las hermanas-, la que vuelve a dividirse en dos ramas de tercer nivel separadas por unos distantes $845,4 \text{ kg ha}^{-1}$, a través de una variable clasificatoria que es por segunda vez la época de siembra, aunque el punto de corte ya no es el 2 de junio (de los años 2008-2009) sino el 21 de junio (del año 2007).

La rama superior de tercer nivel (IIS) incluye tan solo 7 chacras (menos de una de cada cuarenta chacras de la población estudiada) sembradas antes del 21 de junio, que alcanzaron un rendimiento medio de $2.486,5 \text{ kg ha}^{-1}$, ($CV=23,0\%$). Mientras que la rama inferior de tercer nivel (III) apenas mayor, incluye 11 chacras sembradas después del 21 de junio, con un rendimiento medio de $1.641,1 \text{ kg ha}^{-1}$, ($CV=17,8\%$), apenas por encima de la mitad del rendimiento medio general.

Una síntesis parcial

La población general de chacras de cebada cervecera de los agricultores de FUCREA tuvo una media de rendimientos similar a la media nacional de la mitad de las zafras de la última década, y en particular a las medias de las zafras 2008/2009-2009/2010 (de acuerdo a URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010c, 2011c), o sea levemente por encima de las 3,0 tm ha⁻¹. ¿Cuáles fueron las vías para alcanzar esos rendimientos de acuerdo a este enfoque de análisis?.

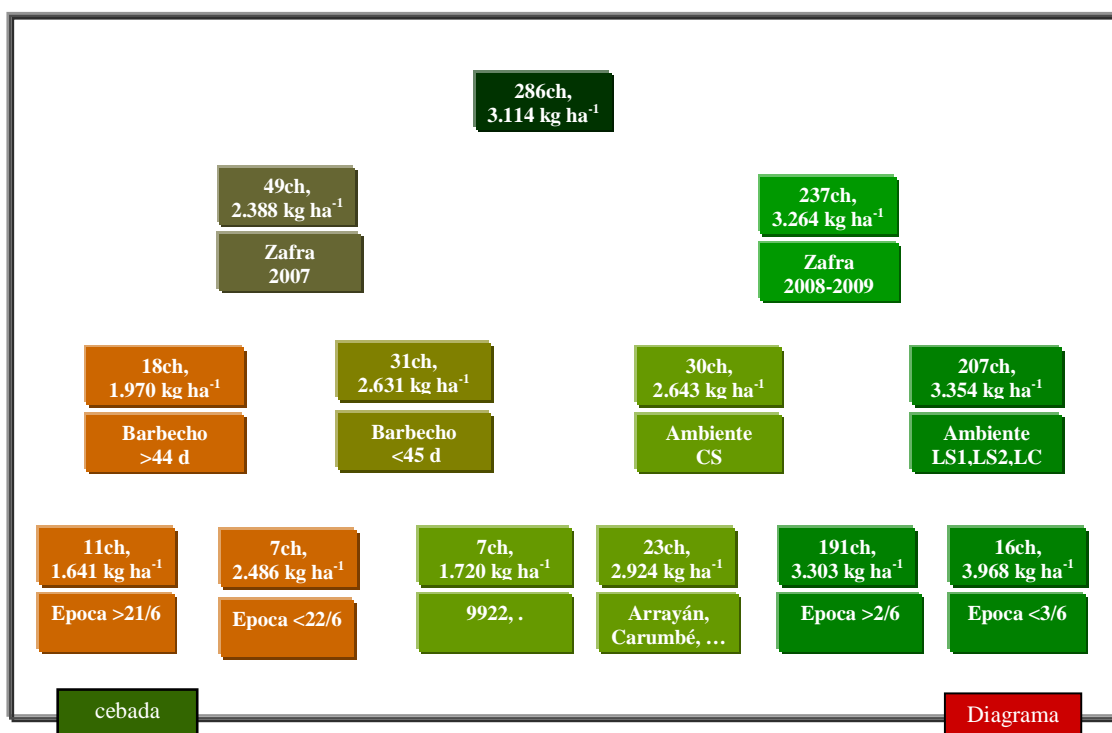


Figura 4 - Árbol de regresión (parcial) de 286 chacras CREA de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Se alcanzaron rendimientos medios del orden de 3,3 tm ha⁻¹, en chacras de alta a muy alta aptitud agrícola específica en siembras de época normal (junio) –aunque no sabemos sin un análisis más detallado si en ese grupo de 191 chacras aparecen siembras de julio, entre otras razones porque en la población general hay 60 chacras sin datos de fecha de siembra-, en todos los ambientes agroecológicos del litoral sur y el litoral medio en zafras agroclimáticas no limitantes.

Y también se lograron rendimientos medios del orden de $3,0 \text{ tm ha}^{-1}$ en ambientes agroecológicos que resultan limitantes para alcanzar rendimientos medios altos o muy altos, siempre que las variedades fueren las adecuadas (la diversidad de materiales dentro de ese grupo es importante ya que en el procedimiento de clusters están asociados a grupos de rendimientos altos y muy altos algunas, y a grupos de rendimientos bajos y muy bajos las otras), siempre que nuevamente las zafras no resultaren ambientalmente perjudiciales.

La lectura abajo-arriba

El árbol de regresión permitió identificar ocho (8) diferentes grupos partiendo de la población general de 286 chacras. Los ocho grupos generados contienen entre 7 (1/41) y 176 (3/5) chacras, y van desde rendimientos medios de $1.641,1 \text{ kg ha}^{-1}$ (CV=17,8%) –por debajo del nivel medio del cluster de muy bajos rendimientos- hasta rendimientos medios de $3.968,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (CV=21,9%) –por debajo del nivel medio del cluster de los rendimientos muy altos-. En este caso los caminos de construcción de esos grupos permiten identificar los factores que contribuyeron a generar una variación de más de dos toneladas ($2.326,9 \text{ kg ha}^{-1}$) en los rendimientos medios.

La tabla siguiente contiene los datos básicos de los ocho grupos identificados en el procedimiento, ordenados de acuerdo a su rendimiento medio creciente. Como se observa tanto en el diagrama general como en la tabla derivada del mismo, hay grupos de chacras (grupos de rendimiento) potencialmente explicados por dos variables hasta grupos explicados por cuatro variables. Los grupos finales de rendimientos están sombreados de acuerdo a su vinculación con los clusters determinados a través de ese procedimiento; la mayor parte de los grupos –encima del sesenta por ciento- quedarían incluidos dentro de los clusters de rendimientos muy bajos y bajos.

El análisis de las correlaciones entre las variables (incluyendo aquellas no mostradas en la tabla) permitió visualizar las relaciones en el caso de cebada cervecera. Como es lógico, existió una alta correlación positiva (+0,947) entre la proporción de ramas superiores sobre ramas totales (Rs/Rt) en los caminos de construcción del rendimiento y los rendimientos medios de los grupos. La correlación entre la misma variable (Rs/Rt) y el coeficiente de variación de los rendimientos fue prácticamente nula (+0,035), de hecho la correlación entre los rendimientos medios y el coeficiente de variación de los mismos fue muy baja (-0,116).

La cantidad de pasos que construyeron los rendimientos de los grupos mostraron una correlación positiva media (+0,484) con la cantidad de chacras. Pero la misma variable -cantidad de pasos- mostró una correlación positiva baja (+0,235) con los rendimientos medios, la cantidad de variables incluidas en la determinación parcial del

rendimiento medio no determinaría rendimientos medios más bajos o más altos. Finalmente la cantidad de chacras mostró una correlación negativa baja (-0,286) con el coeficiente de variación de los rendimientos, y el coeficiente de variación mostró una correlación positiva baja (+0,275) con la cantidad de pasos.

Tabla 4 - Parámetros y variables de construcción de rendimientos según grupo.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

Número	Cluster vinculado	Camino	Pasos (cantidad)	Chacras (cantidad)	Chacras (%)	Rendimiento absoluto (kg ha ⁻¹)	Rendimiento relativo (%)	CV (%)
1	MB	III	3	11	3,8	1641,1	41,4	17,8
2	MB	SII	3	7	2,4	1719,6	43,3	26,5
3	B	IIS	3	7	2,4	2486,5	62,7	23,0
4	B	IS	2	31	10,8	2631,0	66,3	18,7
5	B	SSII	4	15	5,2	2791,5	70,3	23,9
6	M	SIS	3	23	8,0	2924,5	73,7	19,3
7	A	SSIS	4	176	61,5	3346,5	84,3	19,9
8	MA	SSS	3	16	5,6	3968,0	100,0	21,9

Sujetos al supuesto de que los grupos identificados constituyen muestras extraídas de una enorme población de chacras de rendimientos medios similares a los visualizados en la tabla por caminos similares, y que los rendimientos dentro de los grupos se distribuyen normalmente, se realizaron los cálculos de los intervalos de confianza (con alfa=0,01). Los datos indican que en este caso los cinco primeros grupos se ajustan en buena medida a los dos primeros clusters, pero luego el solapamiento entre las distribuciones de los grupos y/o con las fronteras de los clusters identificados por ese procedimiento, implica que el intento de asociación entre grupos y clusters se vuelve más difícil. Las dificultades se recordarán en la lectura de los grupos.

Tal como se visualizó en la lectura arriba-abajo, en el árbol de variables de construcción del rendimiento en cebada cervecera, la rama superior de primer nivel (S) fue casi cinco veces más grande que la rama inferior de primer nivel (I), la variable discriminatoria fue el efecto año dado por las zafas agrícolas. El diagrama general y los datos de la tabla –leídos a través de las fronteras de los clusters-, indican sin embargo que la rama superior de primer nivel generó cinco grupos finales de rendimiento, menos del doble que los tres grupos generados a partir de la rama inferior de primer nivel. El único grupo de muy altos rendimientos se generó a partir de la rama superior y siempre a través de ramas superiores.

Si bien la observación de los resultados del actual procedimiento a través de los cultivos, indican que se generarían más grupos de rendimiento en la medida que la población de chacras analizadas es mayor, aún cuando la cantidad de variables ofrecidas es muy similar en todos los casos. Los resultados –y el caso de cebada cervecera es un ejemplo muy indicativo-, muestran que la cantidad de chacras por grupo es enormemente variable mientras las demás variables tabuladas muestran variabilidades medias. El coeficiente de variación de la cantidad de chacras por grupo en cebada cervecera llega a 160,1%, lo cual era esperable mirando los datos, y en particular un solo grupo como se indicó, representó más del sesenta por ciento de las chacras.

Finalmente y antes de entrar en la lectura grupo a grupo, los datos presentados también anticipan que la rama inferior de primer nivel –la peor zafra agrícola en el conjunto-, lleva a grupos finales de muy bajos y bajos rendimientos –en la lectura de clusters-, mientras que no sin cierto esfuerzo podríamos asociar los grupos finales de la rama superior a niveles de rendimientos entre muy bajos y muy altos, pasando por todos los clusters intermedios; lo cual también indicaría que aún en las mejores zafas agrícolas –en el contexto del estudio- se alcanzaron rendimientos medios muy variables, donde la brecha entre los extremos siguió siendo de más de 2,0 tm ha⁻¹; que es bastante menor a la brecha entre la peor y la mejor chacra incluidas en los grupos.

Los grupos de muy bajos rendimientos

Los rendimientos medios de los dos grupos incluidos en este supergrupo, son bastante similares al rendimiento medio (1.715,4 kg ha⁻¹) del cluster de muy bajos rendimientos; y en ambos casos superaron el cuarenta por ciento del rendimiento medio del grupo de muy altos rendimientos, a la vez quedaron levemente por encima de la mitad del rendimiento medio (3.114,2 kg ha⁻¹) de la población general de chacras analizada. Los dos grupos sumados representan 18 chacras –una de cada dieciseis-. En el diagrama general siguiente se identifica la ubicación de cada grupo, y se visualizan los caminos que llevaron a los rendimientos medios señalados.

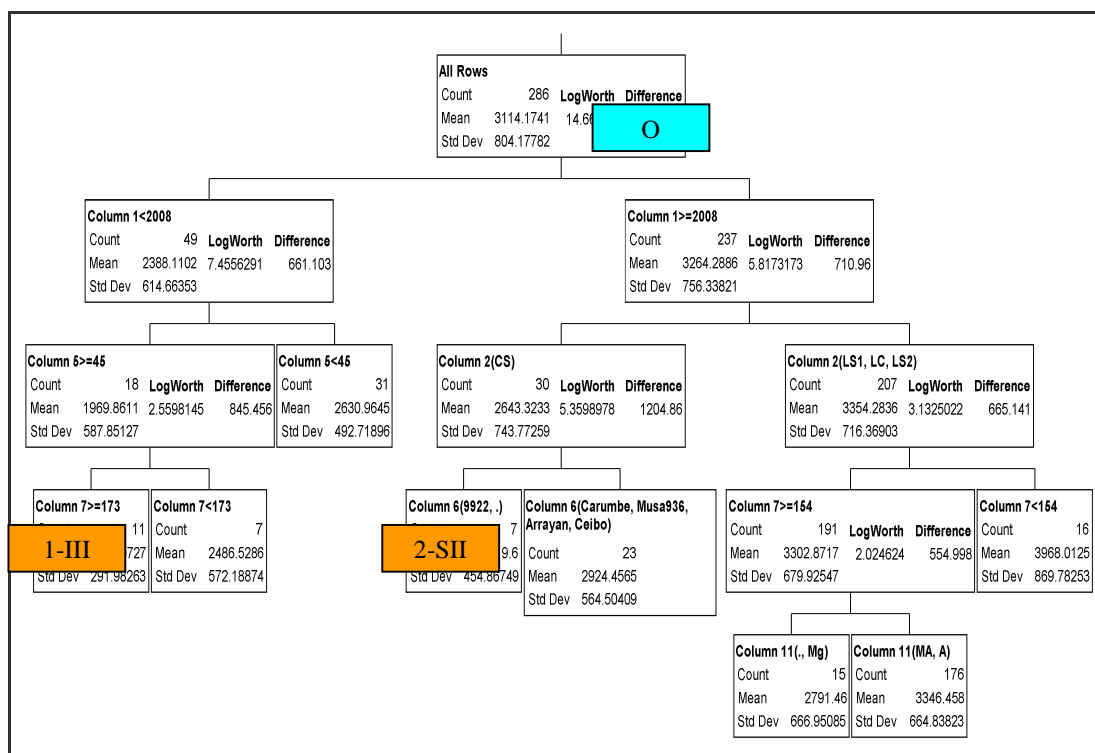


Figura 5 - Grupos de muy bajos rendimientos de chacras CREA de cebada cervecera. (2007/2008-2009/2010)

El primer grupo (III) con 11 chacras –una de cada veintiséis chacras en la población analizada-, llegó a un rendimiento medio de $1.641,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=17,8\%$). El mismo se generó parcialmente en la interacción de tres variables: a) la zafra agrícola 2007/2008 que fue la de peor comportamiento medio entre las tres analizadas; b) el período de barbecho, las chacras de este grupo habrían tenido barbechos iguales o mayores a 45 días; y c) las fechas de siembra desde el 22 de junio en adelante. Sin duda la variable más llamativa dada la longitud de corte, es la duración del barbecho, sobre ella se volverá en el análisis general.

El segundo grupo (SII) de 7 chacras –una de cada cuarenta chacras de la población analizada-, alcanzó rendimientos medios de $1.719,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=26,5\%$). A diferencia del anterior este grupo se generó a partir de la rama superior de primer nivel pero también en la interacción de tres variables: a) las zafra agrícola 2008/2009 y 2009/2010 que fueron las de mejor comportamiento medio; b) el ambiente agroclimático dado por la subregión Centro Sur, de peor comportamiento entre las cuatro identificadas en la población; y c) la variedad sembrada, en este grupo quedaron incluidas 9922 y eventualmente otras variedades no identificadas -quedaron seis chacras en la población general donde la misma no estaba disponible-.

Los datos de este pequeño supergrupo son ilustrativos de dos vías bien distintas que llevaron a rendimientos medios muy similares, y tan bajos como la mitad del rendimiento medio general de la población. El primer grupo estuvo claramente condicionado por la zafra agrícola, dado que la zafra 2007/2008 estableció para todas las chacras incluidas, una plataforma de 2.388 kg ha^{-1} -una tonelada por debajo de la productividad media de las dos zafras siguientes-, vale recordar además que el rendimiento medio nacional de esa zafra fue $2.245,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2008c). Sin embargo las dos siguientes limitantes restaron casi 800 kg ha^{-1} adicionales, la primera identificada con el período de barbecho y la segunda dada por las fechas de siembra tardías.

El segundo grupo es mucho más llamativo dado que parte de una plataforma de $3.264,3 \text{ kg ha}^{-1}$ dada por las dos mejores zafras. Los datos indican que un tercio de los más de $1,500 \text{ kg ha}^{-1}$ perdidos se deberían en parte al ambiente agroclimático y los dos tercios restantes a las variedades sembradas en esa situación. En síntesis tanto a través de siembras tardías –asociadas eventualmente a problemas en la duración del barbecho- en malas zafras agrícolas como por la selección de variedades de mal comportamiento en la subregión Centro Sur aún en buenas zafras agrícolas, se terminó en rendimientos medios muy bajos, una a dos toneladas por debajo de aquellos alcanzados en las mismas zafras por otras vías ambientales/técnicas.

Los grupos de bajos rendimientos

Los tres grupos de este supergrupo incluyen 53 chacras –una quinta parte de las chacras analizadas- y alcanzaron rendimientos medios entre $2.486,5 \text{ kg ha}^{-1}$ y $2.791,5 \text{ kg ha}^{-1}$ justamente por debajo y por encima del rendimiento medio del cluster de bajos rendimientos, ambos estarían completamente incluidos dentro del mismo. Aún cuando fueron identificados con el cluster de bajos rendimientos, los grupos alcanzaron rendimientos relativos de 0,63 hasta 0,66 en relación al grupo de más altos rendimientos identificado. En el diagrama general siguiente se identifica la ubicación de cada grupo, que como se observa nuevamente surgieron de ambas ramas de primer nivel.

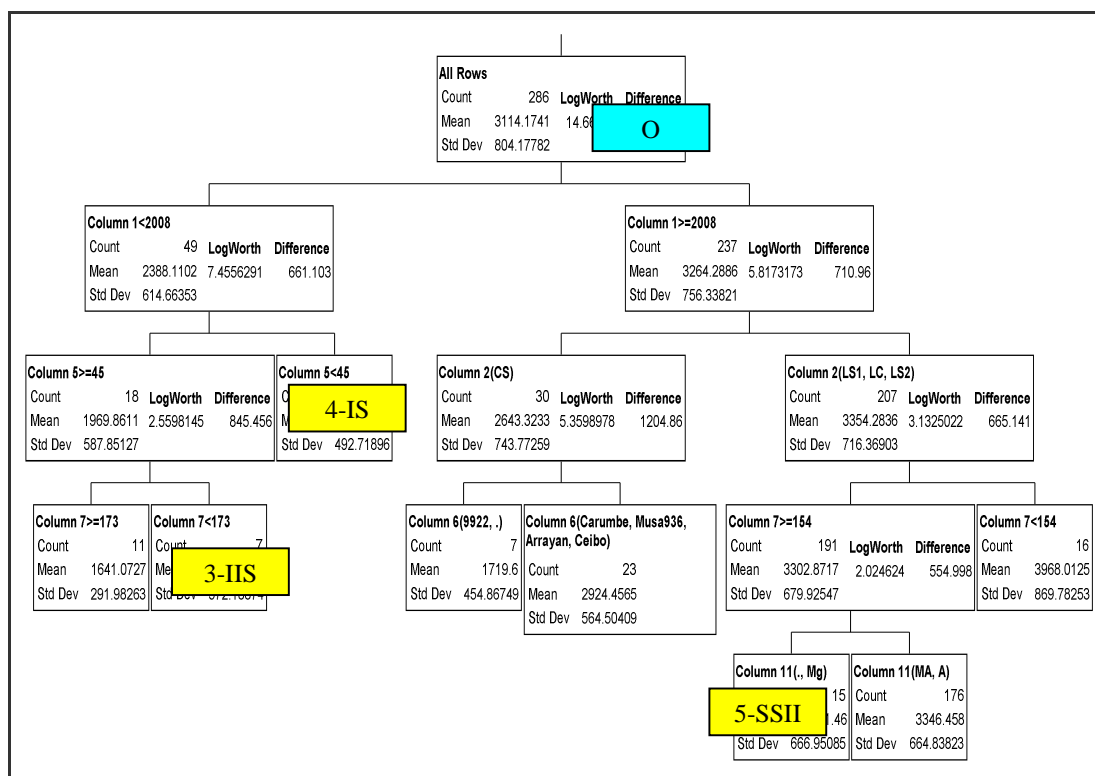


Figura 6 - Grupos de bajos rendimientos en chacras CREA de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

El tercer grupo (IIS) con 7 chacras –una de cada cuarenta chacras de la población analizada-, llegó a un rendimiento medio de $2.486,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=23,0\%$). El tercer grupo es hermano del primer grupo, aún cuando lo superó por más de $800,5 \text{ kg ha}^{-1}$. Su rendimiento medio estuvo entonces parcialmente determinado por las mismas tres variables: a) la zafra agrícola 2007/2008 que fue como se dijo y por una enorme diferencia la peor comportamiento medio del período; b) el período de barbecho, las chacras de este grupo también tuvieron barbechos iguales o mayores a 45 días; y c) las fechas de siembra anteriores al 22 de junio de 2007.

El cuarto grupo (IS) con 31 chacras –más de una décima parte de la población analizada-, llegó a un rendimiento medio de $2.631,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=18,7\%$). El cuarto grupo es familiar cercano del primero y el tercero, y su rendimiento medio estuvo parcialmente determinado por tan solo dos variables –el único grupo con esa condición entre los ocho identificados-, las mismas fueron: a) la zafra agrícola 2007/2008 de muy pobre comportamiento en el cultivo de cebada cervecera; y b) el período de barbecho, las chacras de este grupo habrían tenido barbechos menores a 45 días. Esa sola condición les habría permitida a las chacras del grupo alcanzar los mayores rendimientos

medios en la zafra, incluso mayor al de las sembradas temprano sobre barbechos más largos.

El quinto grupo (SSII) de 15 chacras –una de cada veinte chacras de la población analizada-, obtuvo rendimientos medios de 2.791,5 kg ha⁻¹ (CV=23,9%). Como ya se anticipó, a diferencia del tercer grupo, se generó a partir de la rama superior de primer nivel a través de un camino de cuatro variables: a) las zafras agrícolas 2008/2009 y 2009/2010 donde el cultivo de cebada cervecera mostró un buen comportamiento; b) el ambiente agroclimático dado por las tres subregiones restantes: Litoral Centro, Litoral Sur 1 y Litoral Sur 2; c) las fechas de siembra desde el 3 de junio en adelante y d) la aptitud agrícola específica dada por las chacras con condiciones marginales (aunque algunas también desconocidas) para cultivos de invierno.

¿Cuáles conclusiones pueden extraerse a partir del análisis global del supergrupo?. Primero, las fechas de siembra tempranas permitieron compensar condiciones desfavorables de barbecho –identificadas como períodos largos-, y devolver las rendimientos a la media de la zafra. Segundo, los barbechos –identificados como de hasta seis semanas- habrían permitido por si solos lograr rendimientos superiores a la productividad media zafral. Tercero, las siembras de junio en adelante en chacras de suelos con aptitudes marginales, habrían determinado parcialmente rendimientos medios claramente por debajo de la productividad media de las zafras en las que se sembraron las chacras, y también por debajo de la productividad media de los ambientes donde se situaron; sin embargo por encima de todos los grupos de rendimiento originados en la zafra 2007/2008.

Los grupos de rendimientos medios

Este supergrupo es muy particular primero porque tendría un solo grupo final de rendimiento, y segundo porque el mismo es un grupo de frontera entre el cluster de bajos rendimientos y el cluster de rendimientos medios. El rendimiento medio de 2.946,5 kg ha⁻¹ se ubica en la frontera superior del cluster de bajos rendimientos, 300 kg ha⁻¹ por encima del rendimiento medio del cluster de bajos rendimientos y 200 kg ha⁻¹ por debajo del rendimiento medio del cluster de rendimientos medios. La distribución de rendimientos de las chacras del grupos se solaparía parcialmente con el cluster de bajos rendimientos y totalmente con el cluster de rendimientos medios. En el diagrama se muestra su ubicación, y también la de su hermano (2), un grupo de muy bajos rendimientos.

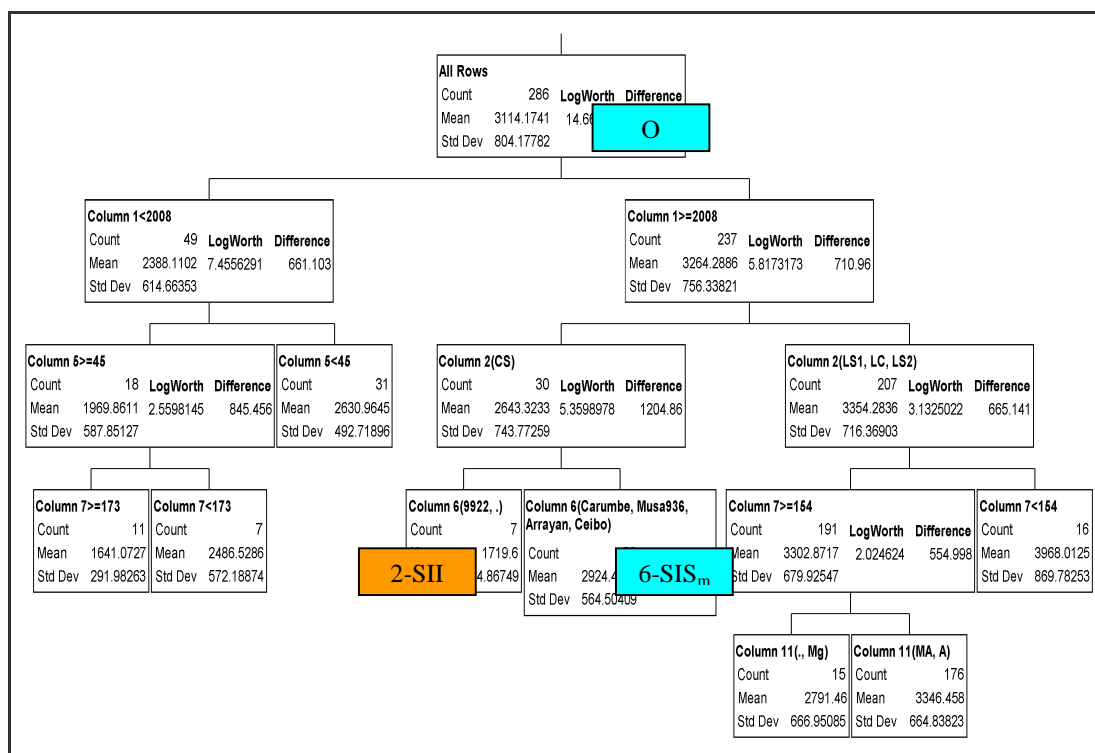


Figura 7 - Grupo de rendimiento medio (m) en chacras CREA de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

El sexto grupo (SIS) de 23 chacras –una de cada doce chacras de la población analizada-, llegó a rendimientos medios de $2.924,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=19,3\%$). Al igual que el segundo grupo –su hermano-, se generó a partir de la rama superior de primer nivel y comparte las mismas tres variables a saber: a) las zafras agrícolas 2008/2009 y 2009/2010 que fueron las de mejor comportamiento medio; b) el ambiente agroclimático dado por la subregión Centro Sur, de peor comportamiento entre las cuatro identificadas en la población; y c) cuatro variedades sembradas que incluyeron: Arrayán, Carumbé, Ceibo y MUSA 936.

Aunque este grupo es el primero que incluye una mayoría de ramas superiores en la determinación parcial de su rendimiento, no alcanzó la productividad media de la población ni tampoco el rendimiento medio de las zafras en las cuales fueron sembradas las chacras del grupo -el cual representa apenas la décima parte del total-. No obstante, el comportamiento de las variedades sembradas habría permitido -en cierta medida- recuperar la mitad del rendimiento perdido por la ubicación de las chacras en un ambiente que no resultó favorable, y aparentemente fue la explicación visible de la superioridad en $1,2 \text{ tm ha}^{-1}$ sobre las chacras del segundo grupo.

Los grupos de altos rendimientos

Este supergrupo es más particular que el supergrupo anterior, también contiene un solo grupo pero de enorme tamaño –más de seis chacras entre cada diez en el total general-. El rendimiento medio de $3.346,5 \text{ kg ha}^{-1}$ (un rendimiento medio relativo de 0,834) se ubica en la frontera superior del cluster de rendimientos medios, 200 kg ha^{-1} por encima del rendimiento medio del cluster de rendimientos medios y 200 kg ha^{-1} por debajo del rendimiento medio del cluster de rendimientos altos. La distribución de rendimientos de las chacras del grupo se solaparía parcialmente con las distribuciones de ambos clusters. En el diagrama se muestra su ubicación, y también la de su hermano (5), un grupo de bajos rendimientos.

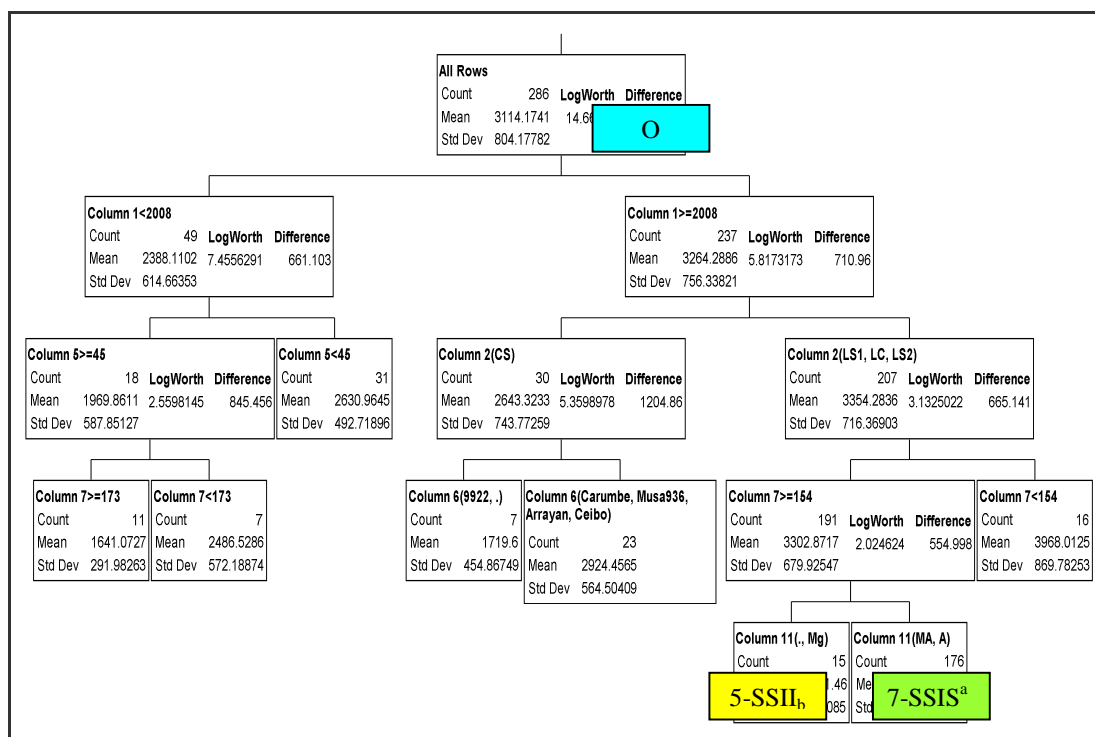


Figura 8 - Grupos de rendimientos bajo (b) y alto (a) en chacras de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

El séptimo grupo (SSIS) con 176 chacras –seis de cada diez chacras de la población analizada-, obtuvo un rendimiento medio de $3.346,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=19,9\%$). Tal como muestran la tabla y el diagrama comparte la misma genealogía con el quinto grupo, en un camino de cuatro variables: a) las zafas agrícolas 2008/2009 y 2009/2010

de buen comportamiento para cebada cervecera; b) el ambiente agroclimático dado por las tres subregiones restantes: Litoral Centro, Litoral Sur 1 y Litoral Sur 2; c) las fechas de siembra desde el 3 de junio en adelante y d) la aptitud agrícola específica, dado por unidades de suelo aptas y muy aptas para cultivos de invierno.

En la medida que como en el caso anterior el supergrupo contiene un solo grupo no es viable una comparación interna, pero la comparación con su grupo hermano es de por sí relevante. Si bien en ambos casos no se puede hablar de fechas de siembra necesariamente tardías –dado que quedaron incluidas siembras de principios de junio en adelante-, tales fechas de siembra en chacras ubicadas en los ambientes agroclimáticos más destacados en el estudio –para la inmensa mayoría de las chacras del grupo fueron el Litoral Centro y el Litoral Sur 1- en buenas zafras agrícolas para cebada cervecera llevaron a rendimientos separados por 600 kg ha^{-1} de acuerdo a la aptitud agrícola específica. Los datos estarían mostrando que las aptitudes favorables (apta, muy apta) permitieron mantener la productividad dada por las tres variables anteriores, la pérdida señalada estaría asociada a aptitudes marginales.

Los grupos de muy altos rendimientos

Este supergrupo sería típico salvo por el hecho de que como los dos anteriores contiene un solo grupo. El mismo incluyó 16 chacras –una de cada dieciocho chacras en toda la población- y alcanzó un rendimiento medio de $3.968,0 \text{ kg ha}^{-1}$, 850 kg ha^{-1} por encima de la media poblacional. La distribución estimada de los rendimientos de las chacras de este grupo quedaría en su mayor parte solapada con del cluster de muy altos rendimientos, aún cuando su rendimiento medio se sitúa 200 kg ha^{-1} por debajo del rendimiento medio de dicho cluster. En el diagrama siguiente se muestra su ubicación – el de más a la derecha-, y las de los grupos ya analizados.

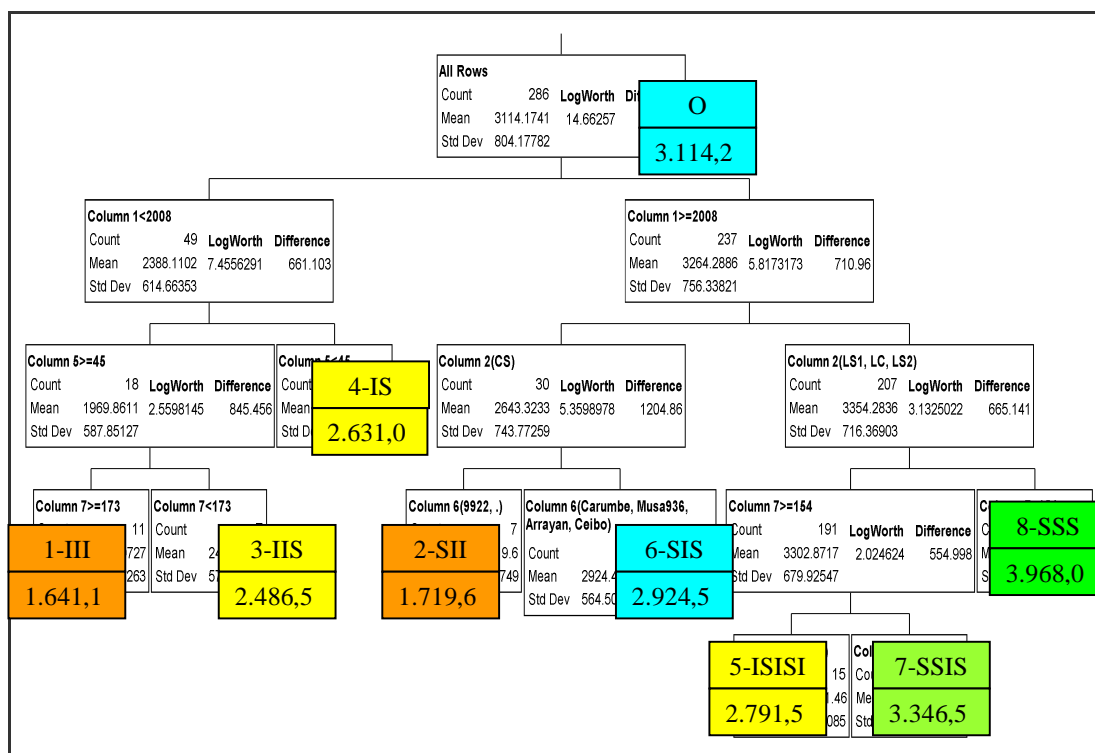


Figura 9 - Grupos de rendimientos muy bajo a muy alto en chacras de cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

El octavo grupo (SSS) con 16 chacras –una de cada dieciocho chacras de la población analizada-, obtuvo un rendimiento medio de 3.968,0 kg ha⁻¹ (CV=21,9%). Tal como muestran la tabla y el diagrama comparte una parte de la genealogía con el quinto y el séptimo grupos, pero este grupo solo incluye tres variables: a) las zafras agrícolas 2008/2009 y 2009/2010 de buen comportamiento para cebada cervecera; b) el ambiente agroclimático dado por las tres subregiones restantes: Litoral Centro, Litoral Sur 1 y Litoral Sur 2; y c) las fechas de siembra anteriores al 3 de junio. Es el único grupo que en su construcción de rendimientos tiene en su totalidad ramas superiores. La mala noticia si se puede ver así, es que solo una variable es de manejo.

Las explicaciones visibles de las brechas de rendimiento

La lectura detenida de cada grupo a lo largo de los supergrupos definidos, debería permitir visualizar las similitudes y diferencias en los valores de las variables asociadas a los mismos o distintos niveles de rendimiento. En cualquier caso parece relevante volver a la pregunta original, e intentar visualizar cuales fueron las variables

que estarían explicando una parte de la brecha de productividad de más de 2,0 tm ha⁻¹ entre los supergrupos extremos. Un ejercicio similar al realizado al finalizar la descripción de cada supergrupo cuando ello fue posible. Considerando la información disponible, es viable realizar dos contrastes.

En el primero, incluyendo una comparación entre el primer grupo (de muy bajos rendimientos) con el octavo grupo (de muy altos rendimientos). En el primer grupo las chacras sembradas “tardíamente” (desde el 22 de junio en adelante) luego de períodos de barbecho superiores a las seis semanas en una mala zafra de cebada cervecera llevaron a 1.641,1 kg ha⁻¹, recuérdese que todas las chacras de esa zafra establecieron una plataforma de 2.388,1 kg ha⁻¹ -seguramente deprimida por las chacras de este grupo que fueron más de la quinta parte-. En el octavo grupo las chacras fueron sembradas muy temprano (antes del 3 de junio) casi todas a lo largo del litoral agrícola tradicional en zafras que resultaron de buen comportamiento en cebada cervecera.

El contraste es interesante porque incluye dos variables comunes: las zafras agrícolas y las fecha de siembra, y los grupos no solo quedan separados por 2.327 kg ha⁻¹ entre sí, sino que el primer grupo quedó 800 kg ha⁻¹ por debajo de la productividad media de la zafra (2007/2008) donde se sembraron sus chacras, y el octavo grupo 700 kg ha⁻¹ por encima de la productividad media de las zafras siguientes donde estaban incluidas sus chacras. A su vez las fechas de siembra temprana estarían explicando casi toda la brecha entre el octavo grupo y el conjunto de las chacras de las zafras, también las del conjunto de las chacras de las mismas subregiones agrícolas en esas zafras. Y las fechas de siembra tardías son por lo menos la mitad de la explicación de la brecha entre las chacras del primer grupo y el conjunto de las chacras de su misma zafra agrícola.

En el segundo, incluyendo una comparación entre el segundo grupo (de muy bajos rendimientos) con el mismo octavo grupo (de muy altos rendimientos). En el segundo grupo las chacras fueron sembradas con variedades de mal comportamiento en ambientes no tradicionales (Centro Sur) –la línea debe leerse de corrido por la eventual interacción entre el material genético y el ambiente-, pero sin embargo en zafras de buen comportamiento para cebada cervecera. Como se citó, las chacras del octavo grupo fueron sembradas muy temprano (antes del 3 de junio) casi todas a lo largo del litoral agrícola tradicional en las mismas zafras agrícolas.

El contraste resulta conceptualmente similar al anterior porque nuevamente incluye dos variables comunes: las zafras agrícolas y los ambientes agroclimáticos. Los grupos quedaron separados por 2.248 kg ha⁻¹ entre sí, con el segundo grupo más de 1.500 kg ha⁻¹ por debajo de la productividad media de las zafras agrícolas (2008/2009-2009/2010) y el octavo grupo 700 kg ha⁻¹ por encima de la productividad media de las mismas zafras, o sea que la brecha quedó limitada a solo dos variables. La diferencia entre ambientes agroclimáticos explicaría una diferencia de 700 kg ha⁻¹; por lo cual las siembras tempranas en muy buenas condiciones por un lado (+700 kg ha⁻¹) y la/s

variedades sembradas (-800 kg ha^{-1}) por el otro, constituyen parcialmente a explicar el resto de la brecha global

La composición interna de variables a través de los grupos de rendimiento

Considerando las trece a quince variables disponibles y dada la escasa completitud de la información en dos variables: índice coneat y antecesor de invierno, quedaban entonces once a trece variables con 68,5% a 100,0% de los datos para las 286 chacras de la base de datos final de cebada cervecera. El procedimiento de Arbol de Regresión utilizó seis variables –la misma situación que en el cultivo de trigo–, tres variables ambientales: el efecto año dado por las zafra agrícola, el ambiente agroclimático dado por la ubicación subregional y la aptitud agrícola específica dada por la aptitud de los suelos para el desarrollo de cultivos de invierno; y tres variables de manejo: el período de barbecho, la fecha de siembra y la variedad sembrada.

Ahora bien, ¿cuál fue la composición de variables a lo largo de los grupos finales de rendimiento?. En primer lugar y como lo estableció la estructura del árbol, todos los grupos finales de rendimiento estuvieron condicionados por la zafra agrícola, en este caso es la única variable que recorre todos los grupos finales de rendimiento. Al final si se considera la frecuencia relativa de cada variable el orden fue: a) zafra agrícola (8/8, 100,0%), 2) ambiente agroclimático (5/8, 62,5%), 3) fecha de siembra (5/8, 62,5%), 4) aptitud agrícola específica (2/8, 25,0%), 5) período de barbecho (2/8, 25,0%) y 6) variedad sembrada (2/8, 25,0%). Esos datos implican que las variables ambientales representan seis décimos de todas las variables que explicaron parcialmente los rendimientos, mientras que las variables de manejo fueron los cuatro décimos restantes.

Así que la pregunta siguiente es: ¿todos los grupos estuvieron determinados por variables ambientales y variables de manejo?. En segundo lugar entonces, la respuesta a la primera parte de la pregunta anterior ya fue respondida dado que la zafra agrícola fue la variable discriminatoria en el primer nivel. ¿Qué sucedió entonces con las variables de manejo?. Si se recapitula la descripción de las variables parcialmente explicativas de los rendimientos en cada grupo final, se concluye que las variables de manejo también aparecen en los ocho grupos definidos, entre una y dos veces según el caso. Aún cuando el grado de completitud de los datos es alto –superior al 87,0%– no aparece el antecesor inmediato.

Tabla 5 - Determinantes parciales de los rendimientos según grupo final.
Cebada cervecera (2007/2008-2009/2010)

GFR*	Camino	Zafra agrícola	Ambiente agroclimático	Aptitud agrícola	Período de barbecho	Variedad sembrada	Fecha de siembra
1	III	1			1		1
2	IISII	1	1			1	
3	IISISI	1			1		1
4	ISII	1			1		
5	ISISI	1	1	1			1
6	IISISS	1	1			1	
7	IISS	1	1	1			1
8	SII	1	1				1
Frecuencias:		8	5	2	3	2	5
Subtotales:		15			10		

* GFR = grupo final de rendimiento.

La tercera y última pregunta es: ¿cuáles variables aparecen en los distintos supergrupos de rendimiento?. Como resultado obvio de la estructura del árbol de rendimientos y de las conclusiones del análisis anterior, el efecto año fue una determinante parcial en todos los supergrupos; pero también lo fue el ambiente agroclimático entre las variables ambientales, aún cuando no fue una variable vinculada a todos los grupos finales de rendimiento. La aptitud agrícola específica que es la tercera variable ambiental, apareció solo en los supergrupos de medios y altos rendimientos, en el quinto y el séptimo grupo donde aparecieron las dos variables anteriores.

Mientras tanto entre las variables de manejo, el período de barbecho se asoció a algunos grupos de los supergrupos de muy bajos y bajos rendimientos. Es decir que su efecto sobre los rendimientos medios ocurrió en las condiciones de la peor zafra agrícola para cebada cervecera en el conjunto de las analizadas. La variedad sembrada se vinculó solo con dos grupos en los supergrupos de muy bajos rendimientos y rendimientos medios, y como se recuerda constituyó la explicación fundamental de la brecha de más de 1,2 tm ha⁻¹ entre esos grupos. Finalmente la fecha de siembra, se vinculó a cuatro de los cinco supergrupos de rendimientos –salvo el único grupo de rendimientos medios–, y en particular esta variable estuvo asociada a los dos grupos finales de rendimientos extremos.

4.2.2. Trigo

Los objetivos de este capítulo son presentar el conjunto de análisis realizados sobre la base de datos multizafrada de trigo, y explicar el comportamiento productivo del cultivo de acuerdo a la información elaborada. En la sección relativa a la selección de variables, se presentaron las limitaciones de información, y las posibles variables explicativas. Antes de entrar en los resultados de los análisis, vale la pena recordar que la base de datos multizafrada (2007-2009) de trigo contiene 766 registros, de los cuales 765 tienen datos de productividad, la que ha sido tomada en estos análisis como la variable dependiente, y cuyo comportamiento se intenta explicar con los elementos disponibles.

A su vez las productividades utilizadas fueron recalculadas –cuando ello fue posible- tomando la información disponible en las bases de datos originales; esta incluía las tres variables antes citadas: a) los rendimientos de chacra (con diversos niveles de humedad), b) la humedad del grano recibido y c) los rendimientos de grano seco, ajustados a la humedad base. El gráfico siguiente muestra la distribución de rendimientos de trigo en las tres zafra disponibles y en todos los ambientes. El procedimiento seguido consistió en armar clases construidas a partir de la media aritmética menos n desvíos y más n desvíos, donde n es un número entero que va de $n=1$ hasta $n=5$ según cual sea el cultivo y la zafra analizada, el n para trigo fue ± 4 .

En el primer paso –anterior al señalado en el párrafo anterior-, se determinaron además los valores mínimo y máximo para cada zafra y para el conjunto, así como el rango y la mediana en todos los casos; lo cual permitió anticipar la estructura global que tendría cada distribución, así como los valores de n necesarios. En el tercer paso –luego de calcular los estadígrafos y armar las clases para agrupar datos, se calcularon las frecuencias absolutas y relativas acumuladas y simples. Los gráficos construidos a partir de las frecuencias relativas simples, fueron “suavizados” siguiendo la rutina disponible en la planilla electrónica utilizada.

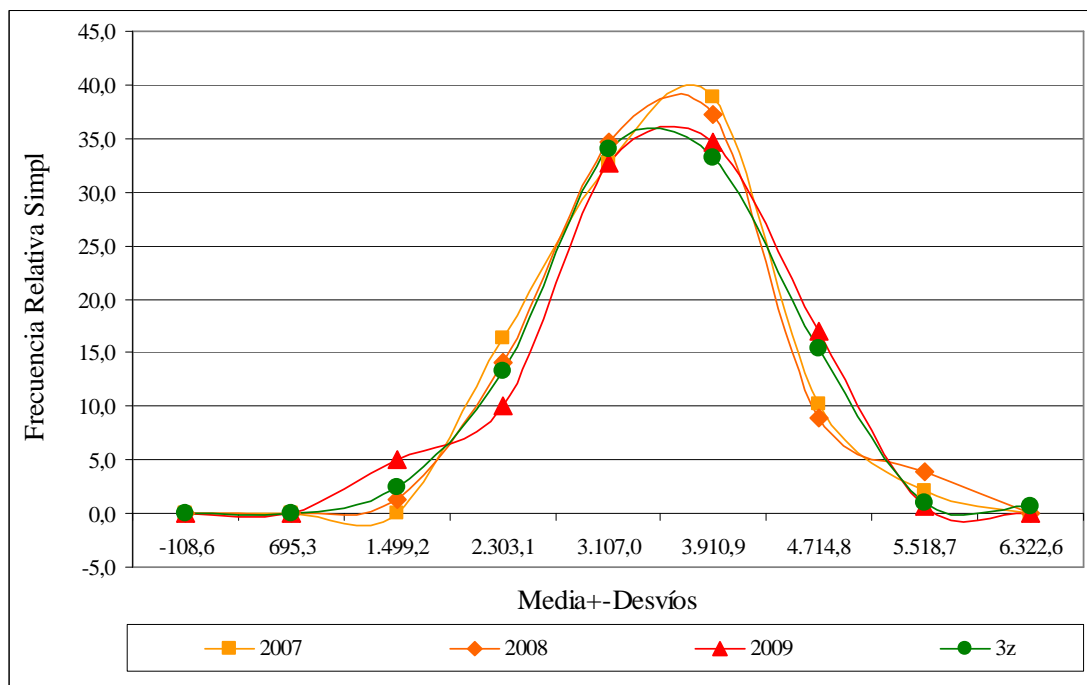


Gráfico 33 – Distribución de rendimientos (kg ha^{-1}) de chacras CREA de trigo por zafra (2007/2008-2009/2010)

Cuadro 43 - Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto. Trigo (2007/2008-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra agrícola			Análisis conjunto 2007-2009
	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
N	62	202	502	766
Mínimo*	1.487,0	1.200,0	801,4	801,4
Máximo*	5.000,0	5.280,0	7.528,5	7.528,5
Rango*	3.513,0	4.080,0	6.727,1	6.727,1
Media*	3.238,5	2.888,8	3.438,2	3.277,6
Mediana*	3.050,0	2.838,0	3.509,1	3.222,0
Desvío*	688,9	751,3	1.037,7	974,0
CV%	21,3	26,0	30,2	29,7

Referencias: * kg ha^{-1}

Los datos anteriores indican que los rendimientos variaron entre mínimos entorno de $1,0 \text{ tm ha}^{-1}$ ($801,4 \text{ kg ha}^{-1}$ - $1.487,0 \text{ kg ha}^{-1}$) hasta máximos del orden de $6,0 \text{ tm ha}^{-1}$ ($5.000,0 \text{ kg ha}^{-1}$ - $7.528,5 \text{ kg ha}^{-1}$). Los mínimos que parecen no muy distanciados

entre zafros, muestran diferencias de 85,5% (686 kg ha^{-1}) entre las zafros extremas; y los máximos tienen diferencias de 50,6%, pero de más de $2,5 \text{ tm ha}^{-1}$ en valores absolutos. Los rendimientos medios oscilaron por debajo y por encima de las tres toneladas por hectárea, y a su vez las medianas se ubicaron levemente por debajo o levemente por encima de las medias, indicando asimetrías levemente negativas o positivas.

Las distribuciones que se muestran (en el gráfico anterior) tienen una amplitud de entre cinco y más de seis desvíos de la media aritmética, respondiendo a los coeficientes de variación indicados en el cuadro (anterior). La zafra 2007/2008 de rendimientos intermedios –similares al promedio global-, y aunque no se nota en el gráfico, tiende a ser la más leptocúrtica. La última zafra analizada (2009/2010) que incluye ocho veces más chacras que la primera y dos veces y media más que la segunda, es la que tuvo los mayores rendimientos medios, pero también la que mostró mayores variaciones de rendimiento entre las analizadas. Recuérdese que el aumento en la cantidad de chacras (y en la superficie) coincidió con la dispersión geográfica.

4.2.2.1. El procedimiento de clusters

En el primer análisis para identificar las variables explicativas del comportamiento productivo de trigo (medido por una sola variable cuantitativa, el rendimiento físico), se utilizó el análisis de agrupamientos (clusters procedure) utilizando el método de enlace promedio (average linkage). En este método la distancia entre dos clusters es la distancia media entre pares de observaciones. El diagrama siguiente presenta –de manera muy apretada- los clusters armados por el procedimiento señalado así como la distancia euclídea. Aún cuando es imposible visualizar los registros (las chacras) en el eje que sería el eje de ordenadas (en este diagrama), allí se encuentran la totalidad de los mismos.

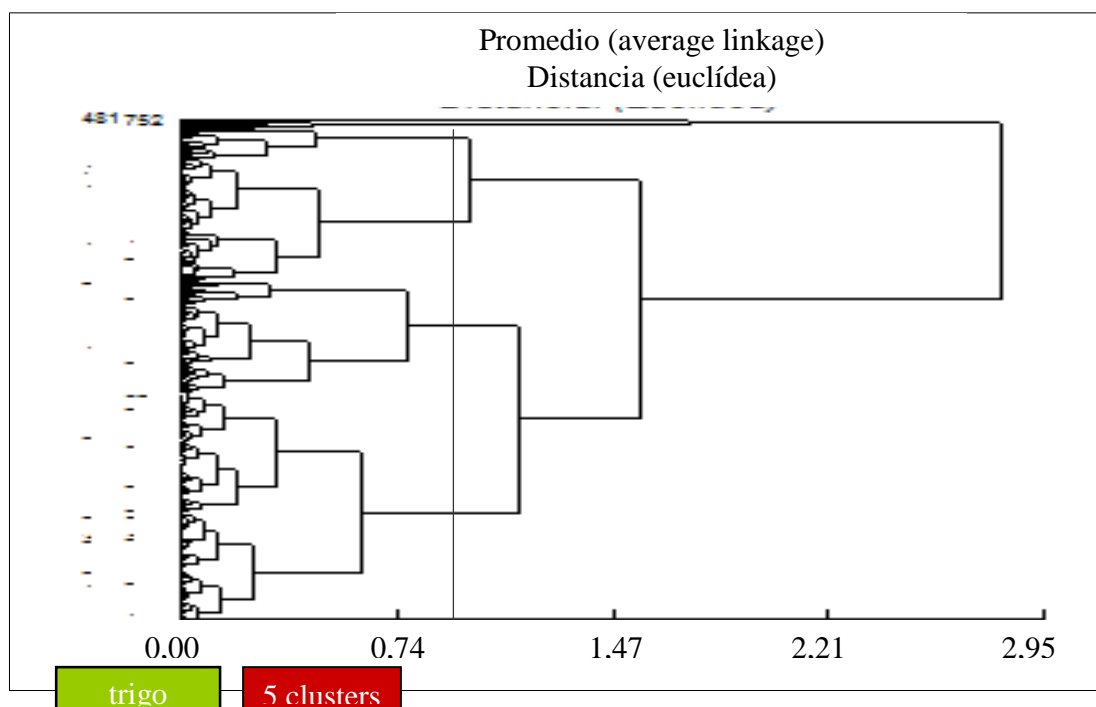


Gráfico 34 - Dendograma de 765 chacras de trigo CREA
(2007/2008-2009/2010)

La línea vertical que une cinco ramas (cinco dedos) del diagrama pretende indicar los –cinco- grupos seleccionados para el análisis de los datos; los mismos son – como se pretende demostrar en adelante- bastante distintos entre sí, pero como puede observarse conservan a su vez cierta variabilidad interna. El gráfico siguiente presenta las medidas de tendencia central (media y mediana) de los rendimientos y las variabilidad dentro de cada grupo (cluster) identificado.

Los cinco grupos son claramente distintos entre y sí se identifican de aquí en más como los clusters de rendimiento muy bajo (MB), bajo (B), muy alto (MA), alto (A) y medio (M) –en ese orden en el gráfico-. Luego de la definición de los cinco clusters, la pregunta clave que se pretende responder es: ¿cuáles son los valores (o las tendencias) de las variables (disponibles) que pueden explicar las diferencias de rendimiento observadas?. La respuesta a esa pregunta general, llevó a la elaboración de tablas dinámicas y tablas derivadas, para cada una de las variables.

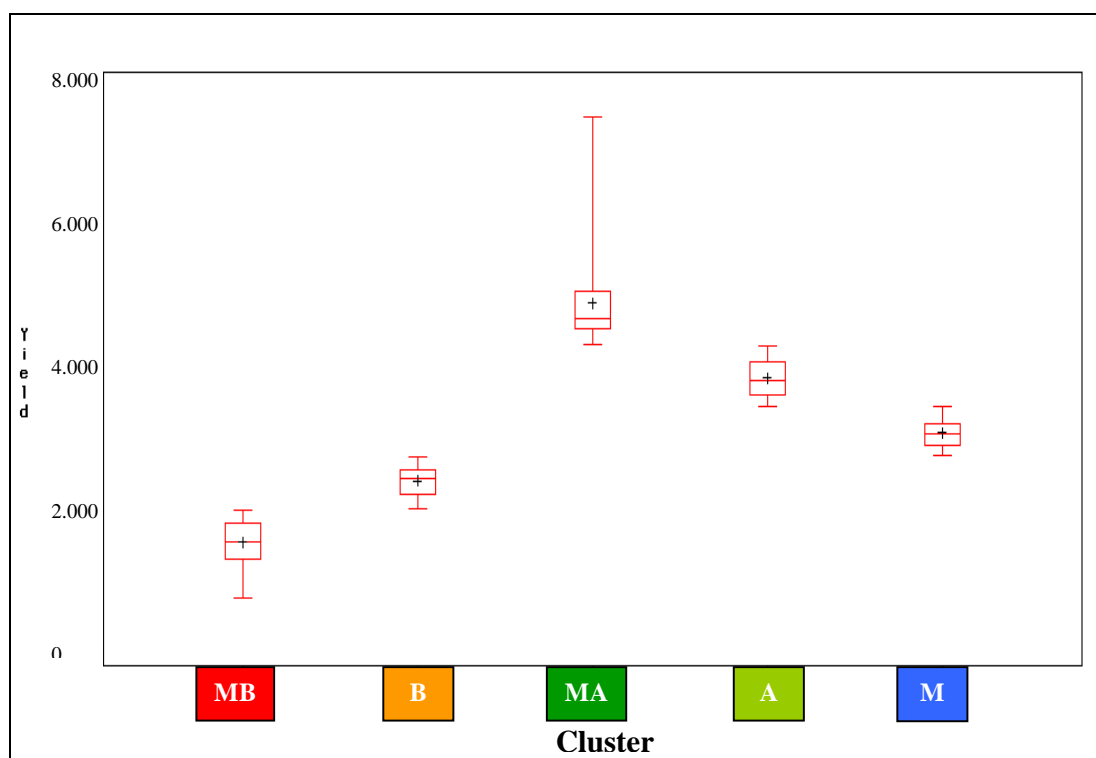


Gráfico 35 - Rendimientos (kg ha^{-1}) de trigo según cluster (2007/2008-2009/2010)

Referencias: MB = muy bajo, B = bajo, M = medio, A = alto, y MA = muy alto.

Cuadro 44 - Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Trigo (2007/2008-2009/2010)

Grupo	Chacras		Rendimiento (kg ha^{-1})				
	(cantidad)	(%)	Mínimo	Máximo	Media	Desvío	CV%
MB	71	9,3	801,4	2032,3	1576,3	288,9	18,3
B	159	20,8	2052,6	2765,0	2439,5	187,8	7,7
M	220	28,8	2790,4	3477,0	3110,9	196,1	6,3
A	218	28,5	3483,5	4324,7	3878,2	247,4	6,4
MA	97	12,7	4345,0	7528,5	4925,5	522,8	10,6
Total	765	100,0	801,4	7528,5	3277,6	974,0	29,7

Los cuadros sucesivos presentan a modo de ejemplo el análisis inicial de los datos para cada variable; en este caso para el ciclo varietal; una variable derivada de la revisión de la variable variedad y asignada de acuerdo a la clasificación de largo de ciclo de la Evaluación para el Registro Nacional de Cultivares (Castro et al., s.f.). La variable largo de ciclo o simplemente ciclo tiene solamente dos valores –Intermedio y Largo–, o tres considerando las situaciones sin datos –s/d–; originando así una de las tablas dinámicas más sencillas. La misma muestra el tamaño de los grupos que por supuesto se repite en todos los análisis.

Como se observa en el cuadro los clusters (grupos) de muy bajo (MB) y muy alto (MA) rendimiento son los más pequeños (según la cantidad de chacras) entre los cinco identificados y los grupos medios (M) y alto (A) son los más grandes, quedando el cluster bajo (B) en una dimensión intermedia. En la medida que la variable variedad estaba cargada en la inmensa mayor parte de los registros de chacra y fue posible identificar correctamente en la revisión la variedad utilizada; están disponibles el 97,7% de los valores de la variable ciclo. Largamente la mayor parte ($\geq 86,4\%$) de las chacras fueron sembradas –en el conjunto de las zafras– con materiales de ciclo intermedio.

Cuadro 45 - Cantidad de registros por ciclo del material según cluster
Trigo (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Ciclo varietal			Total
	s/d	I	L	
MB		55	16	71
B	1	118	40	159
MA		93	4	97
A	1	202	15	218
M		193	27	220
		1		1
Total	2	661	102	765

La situación anterior podría llevar a pensar que la variable ciclo no es útil para discriminar entre grupos (clusters) de comportamiento, de hecho los materiales de ciclo intermedio son mayoritarios en todos los clusters, e incluso aunque apenas constituyen el 13,3% de los registros, también hay materiales de ciclo largo en todos los clusters. El cuadro siguiente presenta la composición porcentual de los valores de la variable dentro de cada grupo (cluster) de rendimiento. Los materiales de ciclo intermedio aparecen representados por encima del nivel global (86,4%) en los clusters muy alto y alto, y por debajo de ese nivel en los clusters muy bajo y bajo.

Cuadro 46 - Proporción de registros (%) por ciclo del material según cluster
Trigo (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Ciclo varietal			Total
	s/d	I	L	
MB		77,5	22,5	100,0
B	0,6	74,2	25,2	100,0
MA		95,9	4,1	100,0
A	0,5	92,7	6,9	100,0
M		87,7	12,3	100,0
Total	0,3	86,4	13,3	100,0

A los efectos de visualizar con mayor claridad los desvíos de comportamiento se construyeron cuadros como el que se muestra debajo, donde se calcularon los desvíos – positivos o negativos- de las proporciones para cada ciclo-cluster. La ventaja del cálculo radica en identificar el signo y el valor de ese desvío para cada proporción (ciclo-cluster) y la desventaja en que la magnitud del valor es inversamente proporcional al nivel del valor global en la población. En el caso específico de esta variable, los desvíos muestran una asociación positiva de los materiales de ciclo intermedio con los clusters de muy altos y altos rendimientos, así como una asociación positiva de los materiales de ciclo largo con los clusters de rendimientos muy bajos y bajos.

Cuadro 47 - Desvíos de la proporciones globales por ciclo del material según cluster
Trigo (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Ciclo varietal			Total
	s/d	I	L	
MB		-10,3	69,0	0,0
B	140,6	-14,1	88,7	0,0
MA		11,0	-69,1	0,0
A	75,5	7,2	-48,4	0,0
M		1,5	-8,0	0,0
Total	0,0	0,0	0,0	0,0

Las variables ambientales

En todos los casos y en la medida que se seleccionaron-extrajeron algunos valores (uno o dos) de cada variable de los cuadros originales para los cuadros resumen, esos cuadros se deben leer primero por columna a diferencia de los cuadros anteriores (salvo el de desvíos) donde la suma de los valores de cada fila siempre es el total (absoluto o relativo) de los datos. En estos cuadros el total representa la proporción de ese valor de la variable (por ejemplo chacras sembradas en 2008) en el conjunto de los datos (los 765 registros con rendimientos), y los datos en cada fila dentro de la misma columna, representan la proporción de ese valor dentro del cluster (por ejemplo 25,4% es la proporción de chacras del cluster muy bajo sembradas en 2008).

Cuadro 48 - Proporción (%) por valor específico de variables ambientales según cluster. Trigo (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Variables ambientales					
	2008	2009	LC	TA	TP/PA	MA
MB	25,4	70,4	5,6	29,6	15,5	46,5
B	45,9	50,9	13,2	48,4	5,7	78,6
MA	10,3	85,6	37,1	49,5	5,2	74,2
A	12,8	79,8	37,2	53,7	6,4	71,6
M	32,7	51,8	19,1	42,7	10,5	68,2
Total	26,4	65,5	24,1	46,7	8,1	70,1

Referencias: LC = litoral centro; TA = tierras agrícolas; TP/PA = tierras pastoriles/pastoril agrícolas.

Si se recuerda y aunque las diferencias no fueron enormes, la zafra agrícola 2008/2009 (26,4% de las chacras) fue la de peor comportamiento comparativo, y la zafra agrícola 2009/2010 (65,5% de las chacras) la que tuvo mayores rendimientos medios –y medianos- (así como también la mayor variabilidad). Como se observa hay una proporción claramente más baja de chacras sembradas en la zafra agrícola 2008 en los clusters muy alto y alto –muy por debajo de la referencia global (26,6%) y por supuesto que en los demás clusters-, y como contrapartida la proporción de chacras sembradas en 2009 es más alta en los mismos grupos.

Si bien las diferencias entre los ambientes identificados no fueron abismales, el ambiente Litoral Centro fue el que mostró mayores rendimientos medios (calculados estos como promedios del rendimiento de las chacras en cada ambiente). Nuevamente la proporción de chacras sembradas en dicho ambiente que quedaron en los clusters muy

alto y alto fue comparativamente más alta; a su vez solo el 5,6% de las chacras del cluster muy bajo fueron sembradas en el Litoral Centro.

Las dos columnas siguientes (TA y TP/PA) indican los órdenes de aptitud de las unidades de suelo sobre las cuales más probablemente se encuentran las chacras. Muy cerca de la mitad de las chacras (46,7%) se sembró sobre suelos de unidades clasificadas como tierras agrícolas y menos de la décima parte (8,1%) en tierras de aptitud pastoril o pastoril agrícola. Como puede observarse esas variables resultan útiles sobre todo para identificar una parte de las condiciones agroecológicas donde se sembraron las chacras que mostraron rendimientos más pobres y que el procedimiento de agrupamiento dejó en el cluster de muy bajos rendimientos. En el cluster siguiente (bajo), esas variables ya no explican diferencias con los mejores grupos.

Finalmente en la última columna (MA) se indica la aptitud para cultivos de invierno de la unidad de suelo donde más probablemente se encuentra cada chacra. En el conjunto de las 765 chacras de trigo, siete de cada diez chacras (70,1%) posiblemente se sembraron entonces sobre suelos de unidades con muy alta aptitud para cultivos de invierno. Al igual que en el caso anterior, esta variable parece ser de utilidad para complementar la caracterización del ambiente donde es desarrollaron los cultivos de las chacras de muy bajos rendimientos, ya que menos de la mitad de las chacras de ese cluster estarían en suelos de muy alta aptitud para cultivos de invierno.

En síntesis, el ambiente (agroecológico) determinado –en estos datos- por la mezcla de la aptitud agrícola de los suelos, su aptitud específica para cultivos de invierno, la localización geográfica, y el efecto año; constituye una parte de la explicación del comportamiento productivo del cultivo de trigo. Sobre todo la superposición de las peores situaciones comparativas en cada caso, habría empujado las chacras hacia rendimientos muy bajos.

Las variables de manejo

El cuadro siguiente presenta una selección de algunos valores para las principales variables de manejo utilizadas en el análisis del comportamiento del cultivo. Las dos primeras (Soja1 y PS) son dos de los antecesores inmediatos del cultivo de trigo, la siguiente (SD) es una de las tres posibilidades de manejo de suelos identificadas en la base de datos multizafra, las dos siguientes (CI y CL) son los ciclos de las variedades sembradas y la última (J-A) refiere a una parte de la época de siembra, en particular las chacras sembradas en los meses de julio y agosto.

Como se observa más de un tercio de las chacras (36,4%) fue sembrada sobre rastros de soja de primera, y tan solo una proporción muy baja –poco más de una cada cuarenta chacras- fue sembrada sobre antecesores que eran praderas sembradas. La proporción de chacras sembradas sobre esas praderas fue una de cada diez en el cluster muy bajo, casi cuatro veces mayor al conjunto de los datos. En el otro extremo la proporción de chacras sembradas sobre soja de primera sigue exactamente el mismo orden que el dado por los clusters, llegando a casi seis (12/20) de cada diez chacras en el cluster de rendimientos muy altos, y bajando progresivamente hasta representar menos de una de cada siete chacras (3/20) en el cluster de rendimientos muy bajos.

Cuadro 49 - Proporción (%) por valor específico de variables de manejo según cluster. Trigo (2007/2008-2009/2010)

Cluster	Variables de manejo					
	Soja1	PS	SD	CI	CL	J-A
MB	14,1	9,9	80,3	77,5	22,5	40,8
B	21,4	1,9	91,2	74,2	25,2	21,4
MA	57,7	2,1	97,9	95,9	4,1	2,1
A	50,0	0,9	96,8	92,7	6,9	7,3
M	31,8	3,2	95,0	87,7	12,3	18,2
Total	36,4	2,7	93,7	86,4	13,3	15,8

Aún cuando la enorme mayoría de las chacras (93,7%) –en el conjunto de las zafras- fue realizada utilizando siembra directa como manejo de los suelos, esa proporción que es casi la totalidad (97,9%) en las chacras del cluster de mejor comportamiento, se reduce hasta ocho de cada diez chacras (80,3%) en el cluster muy bajo o de peores rendimientos comparativos. Como se observa en el cuadro y a pesar de la apabullante dominancia de la siembra directa como manejo de suelos, ese valor de la variable ordena naturalmente los niveles de rendimiento establecidos por los clusters, aunque solo el cluster de muy bajos rendimientos aparece nitidamente separado.

La composición de los ciclos de las variedades utilizadas que quedaron dentro de cada cluster ya se había analizado anteriormente, por lo cual se pasará a la última variable de manejo presentada en el cuadro, la época de siembra. La misma fue transformada en un número entero no asociado al año donde $n=1$ es el 1 de enero -cualquiera sea el año-. A los efectos de tabular los resultados, se definieron períodos mensuales. Salvo algo más de una décima parte de las chacras (12,9%) donde no estaba consignada la fecha de siembra, el resto de las chacras fueron sembradas entre abril y agosto, aunque la cantidad de chacras sembradas en los extremos es muy escasa.

Al igual que sucede con otras variables, las épocas de siembra tardías –o sea la proporción de chacras que se sembraron en los meses de julio y agosto-, discriminan claramente los grupos (clusters) de rendimiento. En los extremos, solo una de cada cincuenta chacras del cluster muy alto se sembraron en julio-agosto, y como se observa cuarenta y una de cada cincuenta en el cluster muy bajo. Los valores seleccionados de la variable que también ordenan naturalmente los clusters de acuerdo a sus niveles de rendimiento, separan con mayor nitidez los escalones establecidos por cada cluster.

El último cuadro resumen que pretende ser una contribución para explicar las diferencias de comportamiento reflejadas en los cinco clusters identificados, presenta una selección de las cinco variedades más sembradas en el conjunto de las chacras y en las tres zafras agrícolas analizadas. Las mismas que solo representan el 15% de los materiales, representan el 60% de las chacras. Como puede observarse Baguette 11 y Don Alberto, son variedades que aparecen asociadas a los clusters muy alto, alto y medio en ese orden; entre las dos variedades representan casi la mitad de las chacras del cluster muy alto, o sea cinco cada diez chacras, mientras que las mismas fueron sembradas en una de cada diez chacras del cluster muy bajo.

Cuadro 50 - Proporción (%) de chacras por variedad de trigo sembrada según cluster.
(2007/2008-2009/2010)

Cluster	Variedad sembrada					Total
	Baguette11	Biointa1001	Carpintero	Chajá	Don Alberto	
MB	4,2	23,9	11,3	14,1	5,6	59,2
B	3,8	11,3	11,3	11,9	5,7	44,0
MA	33,0	8,2	5,2	5,2	15,5	67,0
A	25,2	7,3	10,1	14,7	13,8	71,1
M	10,9	10,0	11,4	12,3	11,8	56,4
Total	15,7	10,6	10,2	12,2	11,0	59,6

En el otro extremo la suma de Biointa 1001, Carpintero y Chajá, que fueron sembradas en menos de dos de cada diez chacras (18,6%) pertenecientes al cluster de muy altos rendimientos, fueron las variedades sembradas en la mitad de las chacras (49,3% o cinco de cada diez chacras) del cluster de muy bajos rendimientos. El comportamiento es muy claro en el caso de Biointa 1001, y no tan claro en las dos restantes variedades.

Considerando este conjunto de variables de manejo, y en particular los valores seleccionados para cada variable, el cluster de rendimientos muy bajos está asociado a chacras donde la proporción de soja1 como antecesor está muy por debajo del conjunto

y la de praderas permanentes muy por encima, y donde la siembra directa –que es el manejo de suelos dominantes- aparece claramente por debajo del nivel de los demás clusters. A su vez en las mismas chacras –largamente más de la mitad sembradas con variedades de ciclo intermedio-, la proporción de materiales de ciclo largo es comparativamente muy alta –en este caso el mismo comportamiento se observa para el cluster bajo-; y a su vez es comparativamente muy alta la proporción de chacras sembradas entre julio y agosto. Las dos variedades más fuertemente asociadas en este análisis al cluster de muy altos rendimientos, son escasas en estas chacras.

En el cluster de rendimientos muy altos el comportamiento de los mismos valores (las mismas opciones) de las mismas variables tiende a ser exactamente el contrario, aunque las diferencias son más marcadas en algunos casos y menos marcadas en otros. A modo de ejemplo las siembra directa como manejo de suelos y los materiales de ciclo intermedio entre las variedades, están en la casi totalidad de las chacras de este cluster de rendimientos. Pero dado que tanto la siembra directa como los ciclos intermedios son mayoritarios en las chacras de todos los clusters, las diferencias relativas más importantes se dan en la soja de primera como cultivo antecesor, y Baguette 11 o Don Alberto como variedades –diferencias positivas-, o en las proporciones de chacras sobre/con praderas permanentes, siembras tardías, materiales de ciclo largo, y Biointa 1001, Carpintero o Chajá entre las variedades –diferencias negativas-

Antes de pasar al siguiente procedimiento de análisis, vale la pena por un lado llamar la atención sobre los factores que en este conjunto de datos (situaciones de producción) aparecen asociados a malos comportamientos productivos. A modo de ejemplo las praderas permanentes como antecesores o el laboreo mínimo o el laboreo convencional como manejo de suelos. Es posible que una parte importante de estos casos esté asociada a malas situaciones de chacra y/o de los mismos factores señalados. En el otro extremo y tal como demuestra una lectura inversa de los datos, ni la soja de primera como antecesor, la siembra directa como manejo de suelos, los materiales de ciclo intermedio entre las variedades –aún los materiales más destacados- o las siembras anteriores al mes de julio –entre otras variables-, aseguran por sí solas el logro de altos o muy altos rendimientos; si bien la superposición de esos factores contribuyeron a empujar los rendimientos hacia arriba.

4.2.2.2. El árbol de regresión

El segundo procedimiento de análisis utilizado fue el árbol de regresión. En el mismo el conjunto de todas las chacras de trigo con datos de rendimiento se subdivide primero en dos subgrupos –la mayor parte de las veces con distinta cantidad de chacras en cada uno- separados por una cierta diferencia de rendimiento medio. Cada uno de los

subgrupos generados está asociado a ciertos valores de una variable ambiental o de una variable de manejo. Son las variables disponibles y los valores de esas variables, los que establecen el universo de posibilidades, y por lo tanto también establecen las limitantes implícitas en el análisis.

A su vez cada uno de estos subgrupos se divide en dos subgrupos también separados habitualmente por importantes diferencias medias de rendimiento y asociados cada uno de los mismos a determinados valores de una variable del ambiente o del manejo. Sucesivamente cada subgrupo de cada nivel puede a su vez dividirse en dos nuevos subgrupos hasta llegar -en este caso- a un máximo de seis niveles contando desde la primera división -los dos primeros subgrupos-

La cantidad de niveles varía según la rama seguida, desde un mínimo de dos niveles hasta el máximo ya señalado -como se ve en el diagrama-; a su vez no solo las mismas variables pueden aparecer en distintas “ramas del árbol”, sino que incluso los mismos valores de esas variables (las mismas situaciones ambientales o elecciones de manejo). Este aspecto es una clave muy importante en el análisis de los resultados y en los “enunciados enseñables” de los mismos.

La lectura arriba-abajo

El punto de partida del análisis fue entonces el conjunto de las 765 chacras de trigo con rendimientos disponibles en la base de datos multizafría. El rendimiento medio general fue 3.277 kg ha^{-1} (CV=29,7%). En el primer nivel -las dos ramas principales-, se generaron dos subgrupos separados por una diferencia de rendimiento medio de 821 kg ha^{-1} , la 514 chacras (67,2%) de la rama baja promediaron 3.008 kg ha^{-1} (CV=29,4%) y las 251 chacras (32,8%) de la rama alta promediaron 3.829 kg ha^{-1} (CV=24,0%).

La rama superior de rendimientos (S) -en este nivel- aparece asociada a una variable de manejo que es la variedad elegida, y dentro del subgrupo quedan nueve materiales que son (el orden es alfabético): Baguette 11, Baguette 18, Baguette 19, Biointa 1002, Capricornio, Don Alberto, LE2354, LE2363 y Nogal. La cantidad de chacras, los rendimientos medios y la variación de estos, aparece en el próximo cuadro, a los efectos de contextualizar los resultados.

Vale la pena desde ya observar dos hechos: primero, la cantidad de chacras es muy diferente dentro de este grupo de materiales; segundo, las variaciones de rendimiento son a su vez distintas, y en algunos casos (v.g.. Baguette, Don Alberto) son muy importantes ($5,5$ a $6,3 \text{ tm ha}^{-1}$). Además y como se verá en adelante, hay una diversidad de situaciones ambientales y de manejo que están detrás de las medias para cada material y se reflejan en la variabilidad señalada.

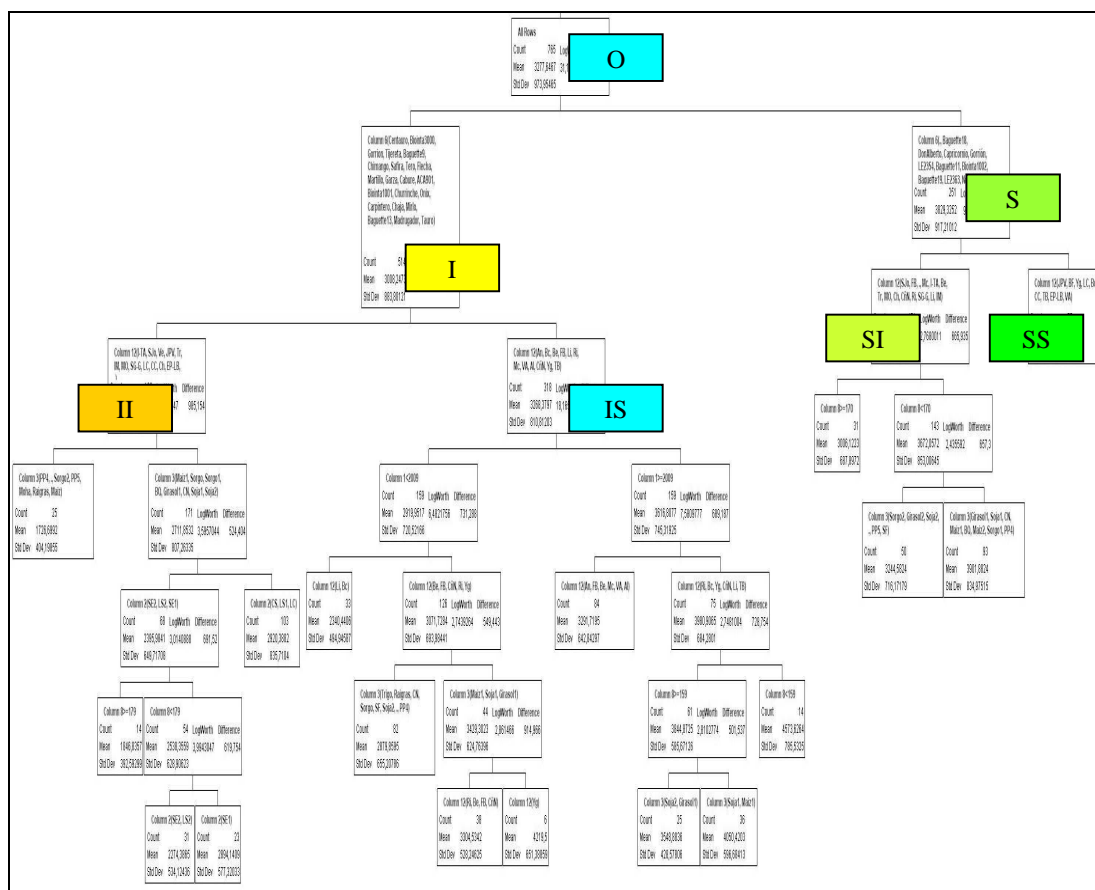


Figura 10 - Árbol de regresión de 765 chacras CREA de trigo (2007/2008-2009/2010)

La cantidad de chacras con Baguette 18, Capricornio, LE2354, LE2363 y Nogal es muy escasa –menos de diez- e incluso Baguette 19 y Biointa 1002 no están sobre muchas más chacras; por lo cual las tendencias de rendimiento e incluso su propia inclusión en este subgrupo deben tomarse con mucha precaución. Igual llama la atención la baja dispersión de Baguette 19. A su vez las dos variedades más abundantes dentro del subgrupo –Baguette 11 y Don Alberto– cuyos datos son bastante más confiables- muestran rendimientos medios por encima de la media general -Baguette 11 levemente por encima de la media del subgrupo-; pero simultáneamente muestran una enorme variabilidad de rendimiento, incluyendo los rendimientos más bajos y también los más altos dentro del subgrupo.

Justamente –y para solo incluir una variable de manejo-, las chacras con Baguette 11 fueron sembradas entre la primera década de mayo y la primera década de agosto (9/5-4/8) y las con Don Alberto entre la tercera década de mayo y la tercera

década de julio (24/5-27/7); es decir que ambas variedades tienen chacras sembradas a lo largo y en el extremo superior del período de siembra. Este es uno de los posibles factores explicativos de sus rendimientos en el rango inferior.

Cuadro 51 - Indicadores del rendimiento y fecha de siembra de trigo según variedad (2007/2008-2009/2010)

Variedad	Datos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)				Fecha siembra (día juliano)	
		media	desvío	CV%	mínimo		Máximo
Baguette 11	120	3.954,6	922,0	23,3	1.237,6	7.528,5	129 - 216
Baguette 18	2	3.468,6	185,8	5,4	3.337,0	3.600,0	149 - 160
Baguette 19	12	4.289,1	460,0	10,7	3.385,0	5.038,4	136 - 147
Biointa 1002	15	Sd	Sd	Sd	Sd	Sd	
Capricornio	7	3.576,1	596,1	16,7	2.579,3	4.201,2	141 - 168
Don Alberto	84	3.527,5	911,2	25,8	801,4	6.252,5	144 - 208
LE 2354	2	3.843,9	544,3	14,2	3.459,0	4.228,7	163
LE 2363	1	4.503,0	4.503,0	4.503,0	156
Nogal	4	5.246,7	785,4	15,0	4.345,0	6.000,0	145 - 164
Subgrupo	247	4.051,2	629,1		801,4	7.528,5	129 - 216

La rama inferior de rendimientos (I) –que tiene más del doble de chacras que su hermana (S)- responde a la misma variable de manejo y en ella están la mayoría de los materiales sembrados: ACA 901, Baguette 9, Baguette 13, Biointa 1001, Biointa 3000, Caburé, Carpintero, Centauro, Chajá, Chimango, Churrinche, Flecha, Garza, Madrugador, Martillo, Mirlo, Onix, Safira, Tauro y Tero. En el cuadro que sigue se presentan las once variedades con diez o más chacras –salvo Biointa 1001, que en este análisis quedó confundida con Biointa 1002-.

En este subgrupo todos los materiales tuvieron rendimientos medios levemente por encima o por debajo de las tres toneladas por hectárea, algunas variedades (Baguette 13, Madrugador y Tauro) estuvieron en torno a la media general o incluso por encima; y la mayoría de los materiales mostraron variaciones de rendimiento por encima de la variedad (Don Alberto) con mayor variabilidad de la rama de altos rendimientos. Sin embargo algunas variedades (Churrinche, Madrugador, Martillo y Mirlo) presentaron una variabilidad menor tanto a la de Baguette 11 como a la de Don Alberto, con todas las chacras sembradas antes del 20 de julio, e incluso en los casos de Churrinche y Martillo la totalidad de las (42) chacras sembradas entre abril y junio; sin embargo las medias de rendimiento de ambas variedades quedaron por debajo de las tres toneladas por hectárea.

Cuadro 52 - Indicadores del rendimiento y fecha de siembra de trigo según variedad.
(2007/2008-2009/2010)

Variedad	Datos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)					Fecha siembra (día juliano)
		media	desvío	CV%	mínimo	máximo	
ACA 901	38	2.940,4	859,1	29,2	1.200,0	5.232,0	155 – 196
Baguette 13	29	3.277,2	1.243,8	37,9	1.581,0	6.000,0	145 – 197
Carpintero	78	3.091,6	942,6	30,5	1.003,2	5.510,0	141 – 194
Chajá	93	3.152,0	903,1	28,7	1.074,8	5.015,7	145 – 219
Churrinche	14	2.975,1	501,7	16,9	2.100,0	3.643,0	99 – 180
Flecha	10	2.797,8	735,0	26,3	1.264,0	4.046,0	163 – 197
Garza	36	2.855,8	827,2	29,0	1.285,0	4.536,8	112 – 200
Madrugador	20	3.307,0	591,3	17,9	1.880,0	4.314,3	155 – 200
Martillo	28	2.801,6	636,4	22,7	1.500,0	5.100,0	126 – 157
Mirlo	33	3.178,1	642,6	20,2	2.210,0	4.788,3	147 – 201
Tauro	15	3.353,2	883,1	26,3	1.289,7	4.528,5	158 – 210
Subgrupo	394	3.066,3	797,0		1.003,2	6.000,0	129 – 216

La rama superior de primer nivel

La rama superior de primer nivel (S) se divide en el nivel siguiente (segundo nivel) nuevamente en dos ramas donde la variable clasificatoria son los ambientes, identificados en este caso por las unidades de suelo sobre las que (probablemente) se encontraban las chacras. Las nuevas ramas quedan así separadas por cerca de una tonelada de rendimiento medio (899,4 kg ha⁻¹). La letra entre paréntesis indicaría si la rama es la superior (S) o inferior (I) del nivel donde se encuentre, y a su vez “la genealogía”, por ejemplo la rama SIS (superior inferior superior) es una rama superior del tercer nivel que nace en la rama superior en el primer nivel, y viene de la rama inferior en el segundo nivel.

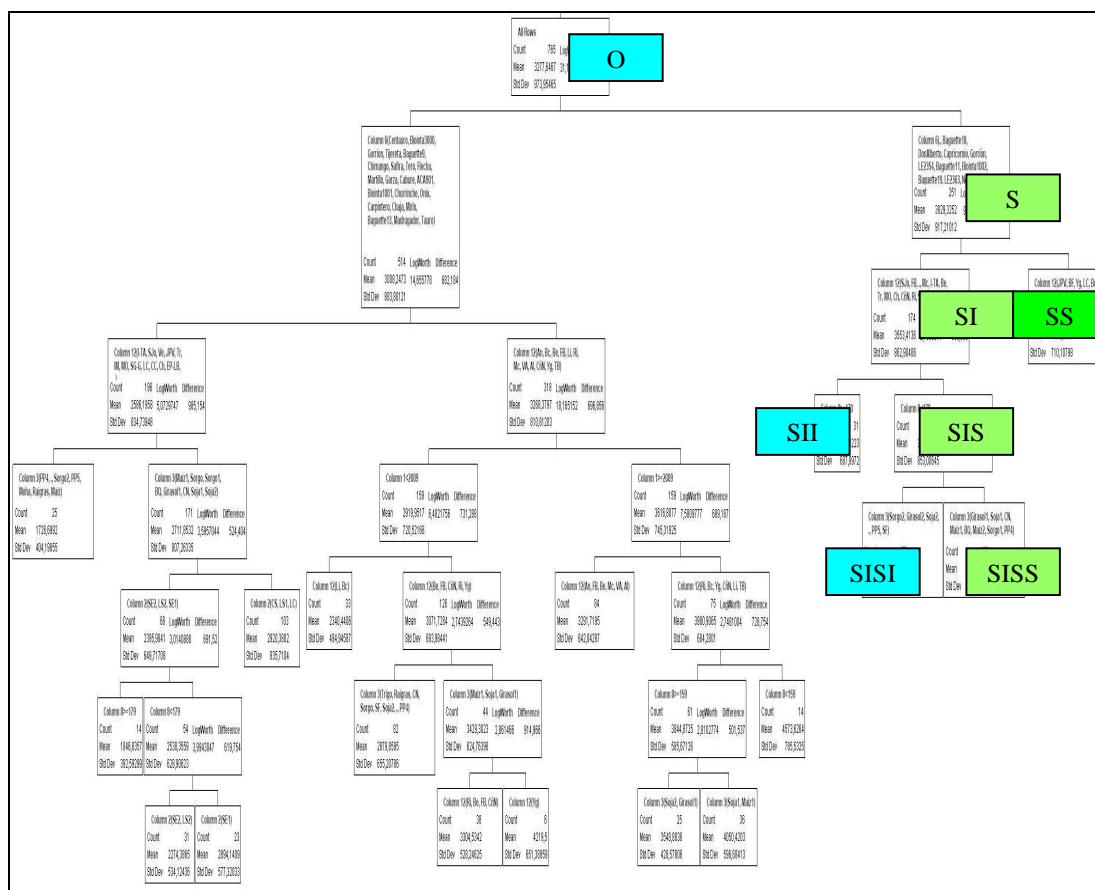


Figura 11 - Derivadas de la rama superior de primer nivel en 765 chacras CREA de trigo (2007/2008-2009/2010)

La rama inferior (SI) incluye 174 chacras (el 70% de las chacras de la rama madre) con un rendimiento medio de 3.553 kg ha^{-1} ($CV=24,3\%$), esas chacras se habrían localizado sobre una entre trece unidades de suelo que -el orden es alfabético- son: Bequeló, Cañada Nieto, Chapicuy, Fray Bentos, Isla Mala, Itapebí-Tres Arboles, Libertad, Manuel Oribe, Montecoral, Risso, San Gabriel-Guaycurú, San Jorge, y Trinidad. El mismo es sin lugar a dudas un grupo muy diverso que incluye unidades como Bequeló dentro del orden de tierras agrícolas de clase de aptitud muy alta -donde los suelos dominantes y asociados son profundos y de fertilidad natural muy alta-; hasta el otro extremo con unidades como San Jorge (tierras agrícolas de la clase de aptitud baja) y Manuel Oribe (tierras pastoril agrícolas de la clase de aptitud baja).

La rama superior (SS) incluye 77 chacras (el 30% de las chacras de la rama madre) con un rendimiento medio de 4.452 kg ha^{-1} ($CV=15,9\%$), esas chacras se habrían situado sobre una entre nueve unidades de suelo que en orden alfabético son: Bañado de

Farrapos, Bellaco, Cuchilla Corralito, Ecilda Paullier-Las Brujas, José Pedro Varela, La Carolina, Tres Bocas, Young y Valle Aiguá. Nuevamente este es un grupo de unidades de suelo muy diverso.

El mismo incluye unidades como Bellaco o Young del orden de tierras agrícolas de la clase de aptitud muy alta, hasta el otro extremo donde se sitúan las tierras pastoril agrícola de la clase de aptitud media de la unidad José Pedro Varela o las tierras agrícolas de la clase de aptitud baja de la unidad Tres Bocas. Incluso eventualmente hasta siete chacras ubicadas sobre la unidad Bañado de Farrapos (una unidad de 39.945 ha. de superficie ubicada entre Río Negro y Paysandú y definida como de reserva de flora y fauna, parte de la cual actualmente queda dentro del Parque Nacional Estero de Farrapos e Islas del Río Uruguay (5.758 ha.)

Mientras que la rama superior (SS) descrita en último término no tiene más divisiones y por lo tanto reúne a las chacras de trigo que mostraron el segundo mayor rendimiento medio del conjunto (todas las chacras), las cuales representaron casi exactamente al 10% del total; la rama inferior vuelve a dividirse (tercer nivel) en dos ramas de acuerdo a la época de siembra, separadas en este caso por 665 kg ha^{-1} de rendimiento medio. La rama inferior (SII) incluye tan solo 31 chacras (el 17,8% de las chacras de la rama madre) con un rendimiento medio de 3.006 kg ha^{-1} ($CV=22,9\%$), cuya propiedad común es que fueron sembradas luego del 20 de junio; esta rama no tiene ya más gajos. La rama superior (SIS) incluye las restantes 143 chacras con un rendimiento medio de 3.672 kg ha^{-1} ($CV=23,2\%$), todas ellas sembradas antes de la fecha indicada.

Véase que el rendimiento medio de la rama superior (SIS) en este nivel está apenas encima del rendimiento medio de la rama madre (SI) y aún por debajo del rendimiento medio de la rama superior (S) del primer nivel; es decir que la adecuada época de siembra de las chacras no compensó (en términos medios) el ambiente aparentemente menos favorable; mientras que la siembra en épocas tardías empujó los rendimientos más de media tonelada hacia abajo. La rama superior del tercer nivel (SIS) con 143 chacras (casi la quinta parte de todas las chacras) se divide en dos nuevas ramas en función del cultivo antecesor. Las dos nuevas ramas ahora en el cuarto nivel quedan separadas entre sí por $657,3 \text{ kg ha}^{-1}$. Las divisiones de la rama superior en el primer nivel (S) terminan justamente en estas dos ramas en el cuarto nivel.

La rama inferior (SISI) reúne 50 chacras (el 35,0% de las chacras de su rama madre) con un rendimiento medio de 3.245 kg ha^{-1} ($CV=22,1\%$), estas chacras fueron sembradas sobre uno de cinco antecesores que son: cultivos de segunda (girasol, soja o sorgo), sorgo forrajero o praderas permanentes (o lo que queda de ellas) de quinto año (siempre que el dato original sea confiable). La rama superior (SISS) junta 93 chacras (el restante 65 % de las chacras) con un rendimiento medio de 3.901 kg ha^{-1} ($CV=21,4\%$), el cual se sitúa apenas (una media de 73 kg ha^{-1}) por encima del rendimiento medio de la

rama superior en el primer nivel (la bisabuela). Los antecesores de estas chacras son: cultivos de primera (girasol, maíz, soja o sorgo), maíces de segunda (!), barbechos químicos y campos naturales o praderas permanentes de cuarto año.

La rama inferior de primer nivel

La rama inferior de rendimientos en el primer nivel (I) es –recuérdese- una enorme rama de 514 chacras (casi siete de cada diez chacras del conjunto original) con un rendimiento medio de tres toneladas por hectárea, cuyo origen fueron las variedades de menor rendimiento comparativo, y que se subdivide varias veces hasta alcanzar en varias ramas descendientes el sexto nivel. En el segundo nivel la rama inferior (I) se divide en dos ramas cuya variable de clasificación son –al igual que en la división de su rama hermana (S)- los ambientes definidos por las unidades de suelo donde es más probable que estuvieren las chacras. Las ramas hijas (II e IS) quedan separadas por 682 kg ha⁻¹ de rendimiento medio.

La rama inferior (II) en este segundo nivel contiene 196 chacras (el 38,1% de las chacras de la rama madre) con un rendimiento medio de 2.586 kg ha⁻¹ (CV=32,3%). Allí se encuentran todas las chacras que fueron sembradas sobre una de entre otras doce unidades de suelo a saber: Chapicuy, Cuchilla Corralito, Ecilda Paullier-Las Brujas, Isla Mala, Itapebí-Tres Arboles, José Pedro Varela, La Carolina, Manuel Oribe, San Gabriel-Guaycurú, San Jorge, Trinidad y Vergara. Este grupo de unidades de suelo es también bastante diverso, incluye desde unidades de tierras agrícolas de la clase de aptitud muy alta -Trinidad- en el extremo superior, hasta tierras agrícolas –San Jorge, Vergara- y aún pastoril-agrícolas –Manuel Oribe- de la clase de aptitud baja, en el extremo inferior.

La rama superior (IS) en este segundo nivel contiene 318 chacras (41,6% el total general) con un rendimiento medio de casi 3.269 kg ha⁻¹ (CV=24,8%) y reúne a todas las chacras sembradas sobre algunas de las siguientes doce unidades de suelo: Algorta, Andresito, Bellaco, Bequeló, Cañada Nieto, Fray Bentos, Libertad, Montecoral, Riso, Tres Bocas, Valle Aiguá o Young. Al igual que sucedió antes, este grupo de unidades de suelo es muy diverso tanto según el orden de las tierras (desde agrícolas –v.g. Algorta, Bellaco, Bequeló- a pastoriles –v.g. Andresito-), como de acuerdo a la clase de capacidad (desde baja –Algorta y Tres Bocas- hasta muy alta –Bellaco, Bequeló, Libertad, Riso y Young-).

Es cierto que solo hay doce chacras (entre todas las chacras analizadas) sobre las unidades Algorta y Tres Bocas, y no todas están en este grupo; y que salvo nueve chacras de la unidad Montecoral (no todas en este grupo), el resto que son las inmensa mayoría se localizan en unidades con aptitudes altas y muy altas definidas de acuerdo a variables relevantes para la agricultura. Ya esta rama (IS) de segundo nivel nacida en la

rama inferior (I) del primer nivel, alcanzó un rendimiento medio que superó dos de las ramas -nacidas en la rama superior (S) del primer nivel- y cuyos rendimientos resultaron finalmente deprimidos por épocas de siembra tardías o por cultivos antecesores que resultaron desfavorables.

En el tercer nivel la rama inferior del nivel anterior (II) que cuenta con 196 chacras, se vuelve a dividir en dos ramas separadas en este caso por prácticamente una toneladas por hectárea (985 kg ha^{-1}) de rendimiento medio, según cuales fueren los antecesores del cultivo de trigo. Este tercer nivel es crucial porque allí se genera el grupo final de menor rendimiento medio de toda la población analizada. La rama inferior (III) en este tercer nivel es una pequeña rama –esa es la buena noticia- de 25 chacras (o sea que es una de cada treinta chacras en el universo analizado) con un rendimiento medio de 1.726 kg ha^{-1} ($CV=23,4\%$). Esta rama incluye toda las chacras sembradas sobre uno de los siguientes antecesores: sorgo de segunda, maíz, moha o raigrás y praderas permanentes de cuarto o quinto año.

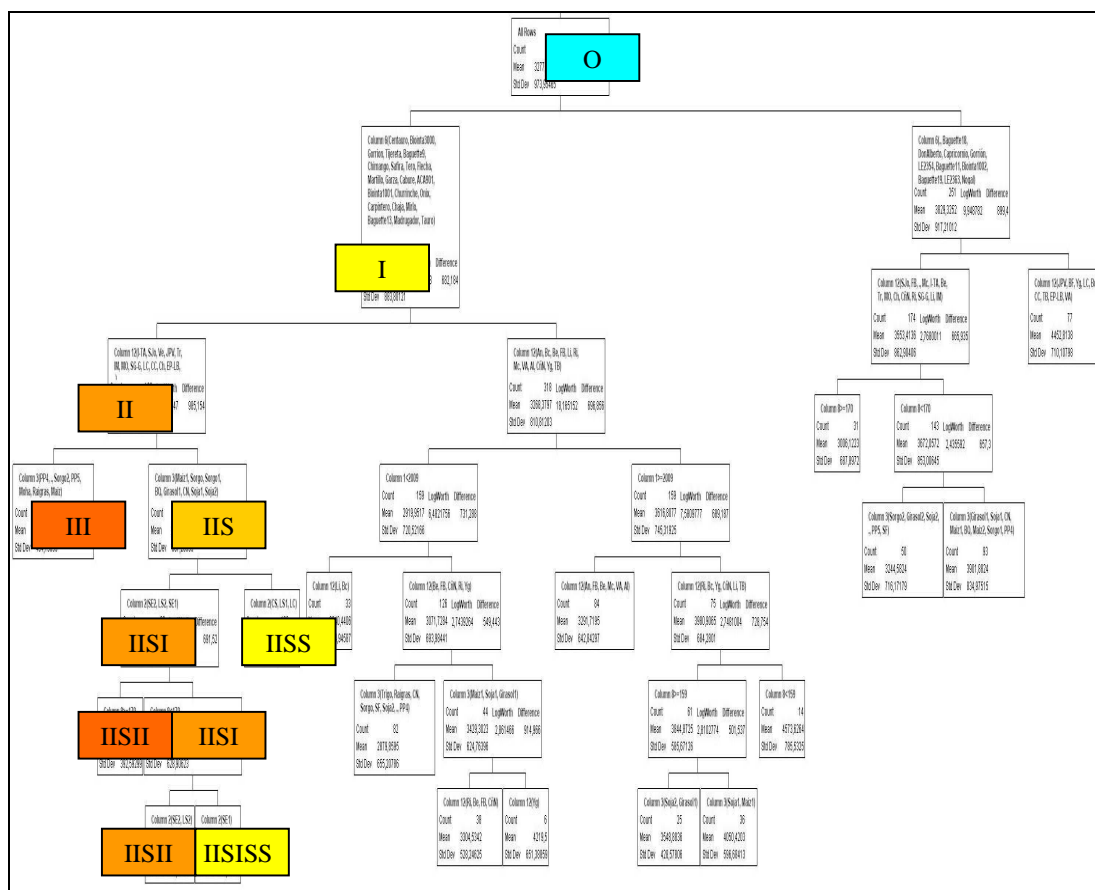


Figura 12 - Divisiones derivadas de las ramas inferiores de primer y segundo nivel. 765 chacras CREA de trigo (2007/2006-2009/2010)

Véase que esta rama tiene rendimientos medios que están más de una tonelada y media por debajo del rendimiento de la población general y más de dos toneladas y media (2.726 kg ha^{-1}) debajo de la rama superior de rendimientos (SS) que tiene un rendimiento medio 2,6 veces superior, y que –recuérdese incluye unas 77 chacras que combinan una variedad destacada en un ambiente que resultó favorable para la misma, o más bien una variedad que se destacó en el ambiente dado. ¿Cuáles serían los factores explicativos para los bajos rendimientos de la rama (III) de más bajos rendimientos?: esta rama contiene las chacras que fueron sembradas en ambientes que no resultaron favorables para un conjunto de variedades que estuvieron dentro del grupo de peor comportamiento (en este conjunto de datos), sobre antecesores que empujaron los rendimientos hacia abajo.

En el otro lado la rama superior (IIS) –hermana de la anterior- de 171 chacras (más de cuatro de cada cinco chacras -87,2%- de la rama madre) tuvo un rendimiento

medio de 2.711 kg ha⁻¹ (CV=29,8%). Las chacras fueron sembradas sobre uno entre los siguientes antecesores: cultivos de verano de primera (girasol, soja, maíz y sorgo), soja de segunda, barbecho químico y campo natural. La variabilidad interna es grande –solo comparable a la de su madre (II) y la de su abuela (I). Esta rama de tercer nivel (IIS) genera nuevas ramas en hasta tres niveles más.

En el cuarto nivel se divide en dos nuevas ramas separadas por poco más de media tonelada (524 kg ha⁻¹), en este cuarto nivel la variable de separación –que aparece por vez primera- es el ambiente agroclimático, tal como fue analizado en la sección “Las localizaciones espaciales”. La rama inferior (IISI) que incluye unas 68 chacras tuvo un rendimiento medio de 2.396 kg ha⁻¹ (CV=27,1%), estas 68 chacras estaban ubicadas en uno de tres ambientes (de los seis definidos originalmente): el ambiente Litoral Sur 2 y los dos ambientes Sudeste. Nótese ya que el ambiente Litoral Sur 2 queda en este caso separado del ambiente Litoral Sur 1.

La rama superior (IISS) incluye 103 chacras que mostraron un rendimiento medio de 2.920 kg ha⁻¹ (CV=28,6%), esas 103 chacras –tres de cada cinco de su rama madre-, estaban ubicadas también en uno de entre tres ambientes que en este caso son: Litoral Centro, Litoral Sur 2 y Centro Sur. Si bien el análisis por ambientes (no presentado aquí) no mostró claras diferencias entre los mismos, los tres primeros quedaron ordenados así: Litoral Centro, Litoral Sur 1 y Centro Sur. La rama superior (IISS) ya no se vuelve a dividir, pero la rama inferior (IISI) se divide nuevamente en dos ramas –ahora de quinto nivel- separadas por 690 kg ha⁻¹, por una variable de manejo que es la época de siembra; en este caso quedan en la rama inferior todas las chacras sembradas en julio y agosto, y en la rama superior aquellas sembradas hasta fines de junio.

La rama inferior (IISII) es una pequeña rama que tiene tan solo 14 chacras (menos de una chacra de cada cincuenta de la población general) con un rendimiento medio de 1.847 kg ha⁻¹ (CV=21,3%), esta ya no vuelve a dividirse y es la rama con el segundo rendimiento medio más bajo entre todas las generadas en el análisis. Si bien se había separado de la vía que llevaba a los rendimientos medios más bajos en el tercer nivel debido a un conjunto mejor de antecesores, la ubicación de las chacras en los que resultaron peores ambientes agroclimáticos y sus siembras tardías las devolvieron a los niveles más desfavorables, apenas unos 120 kg ha⁻¹ de rendimiento medio por encima de la más baja, similares en la práctica –aún cuando la variabilidad de cada rama tiende a ser reducida, las distribuciones se solaparían en su mayor parte-.

La rama superior (IISIS) es una rama de 54 chacras –o sea siete de cada cien chacras de la población general- con un rendimiento medio de 2.538 kg ha⁻¹ (CV=24,8%), que sin embargo vuelve a dividirse en dos ramas hijas de sexto nivel, separadas entre sí por 620 kg ha⁻¹, a partir de una variable que es nuevamente la ubicación geográfica.

La rama inferior de sexto nivel (IISISI) es una pequeña rama de 31 chacras con un rendimiento medio de 2.274 kg ha^{-1} ($CV=23,5\%$) que incluye chacras ubicadas en los ambientes geográficos Sudeste 2 y Litoral Sur 2; mientras que su hermana (IISISS) es también una pequeña rama de 23 chacras con un rendimiento medio de 2.894 kg ha^{-1} ($CV=19,9\%$) ubicadas en su totalidad en el ambiente Sudeste 1; no deja de ser muy llamativo que el ambiente Litoral Sur 2 quede en la rama inferior.

Allí termina la descendencia de la rama inferior de segundo nivel (II) y tal como se ha señalado allí quedaron incluidos los gajos con los tres rendimientos medios más bajos de toda la población de chacras, entre los mismos suman unas 70 chacras o sea menos de la décima parte ($9,2\%$) del total. Por lo tanto resta analizar la descendencia de una enorme rama (IS) de segundo nivel con 318 chacras que como se intentará demostrar en la síntesis es clave en el análisis general.

La rama central de segundo nivel (IS) se divide en el tercer nivel en dos grandes ramas que son exactamente del mismo tamaño (159 chacras) separadas por 697 kg ha^{-1} por una variable, -el efecto año- que aparece por vez primera en este análisis, y que pone en la rama inferior a todas las chacras sembradas en 2007-2008 y en la rama superior a las sembradas en 2009. Si bien al análisis de zafas no mostró diferencias marcadas, las chacras de esa zafa tuvieron rendimientos medios levemente por encima de las demás (ver la sección introductoria a este capítulo).

La rama inferior (ISI) tiene un rendimiento medio de 2.920 kg ha^{-1} ($CV=24,7\%$) y como se señaló incluye todas las chacras de la rama madre (IS) sembradas en las zafas agrícolas 2007-2008. La rama superior (ISS) tiene un rendimiento medio de 3.617 kg ha^{-1} ($CV=20,6\%$) muy similar al de la rama (SIS) donde se ubicaron las chacras con las variedades de buen comportamiento (rS), ubicadas en ambientes edafológicos que no favorecieron su desempeño, pero sembradas en una ventana temporal adecuada.

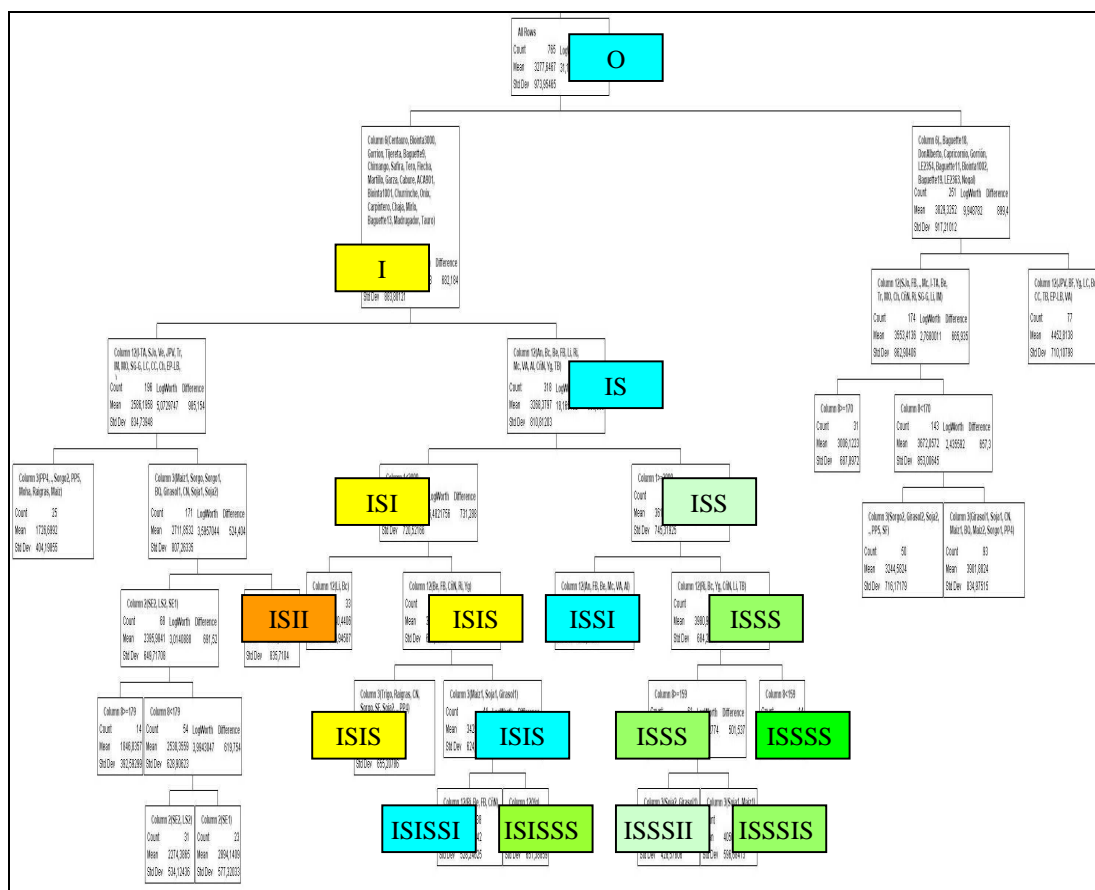


Figura 13 – Divisiones de la rama superior-inferior de segundo nivel.
765 chacras CREA de trigo (2007/2008-2009/2010)

La rama inferior señalada (ISI) se divide en dos ramas de cuarto nivel que quedaron separadas por 731 kg ha^{-1} debido a una variable, la aptitud agrícola general dada por la unidad de suelo sobre la cual se localizó la chacra. La rama inferior de cuarto nivel (ISII) reúne a solo 33 chacras (solo una de cada veinticinco chacras en la población) sembradas sobre una de dos unidades que son Bellaco o Libertad, y cuyo rendimiento medio fue 2.340 kg ha^{-1} ($CV=21,1\%$), esa rama ya no se subdividió.

La rama superior de cuarto nivel (ISIS) incluyó 126 chacras (una de cada seis chacras en el total analizado) con un rendimiento medio de 3.072 kg ha^{-1} ($CV=22,6\%$), ubicadas sobre una de las siguientes unidades de suelo: Bequeló, Cañada Nieto, Fray Bentos, Risso y Young. Como se observa este subconjunto de unidades no difiere marcadamente del anterior, ni en la ubicación geográfica (Litoral Centro+Litoral Sur 1), ni en el orden de tierras (agrícolas) ni en la clase de aptitud.

No obstante la diferencia de rendimientos medios de casi tres cuartos de tonelada por hectárea, junto al hecho de que la rama inferior (ISII) tuvo rendimientos similares o inferiores a la mayor parte (siete de las nueve) de los de las ramas derivadas de la rama inferior de segundo nivel (II), evidencia que pudo haber allí un factor que el procedimiento asocia a la unidad de suelo o una interacción que empujó los rendimientos de trigo hacia abajo.

Esta rama superior de cuarto nivel (ISIS) –que tiene rendimientos medios similares a los de su rama madre- se divide en dos ramas separadas ahora por 549 kg ha^{-1} por una variable que es el cultivo antecesor. Se deben notar dos aspectos, la brecha es una de las tres más bajas en el conjunto, y como se demostrará en los números la rama inferior (ISISI) tiene rendimientos similares (apenas por debajo) de los de su madre (ISIS) y a los de su abuela (ISI).

La rama inferior señalada (ISISI) –que ya no se subdividió- cuenta a 82 chacras (una de cada diez en el total de la población analizada) con un rendimiento medio de 2.880 kg ha^{-1} ($CV=22,8\%$); estas chacras fueron sembradas sobre un conjunto de antecesores muy diverso a saber: raigrás, trigo, soja de segunda, sorgo, sorgo forrajero, campo natural y praderas permanentes de cuarto año, pero que como se señaló apenas deprimen el rendimiento medio del grupo.

La rama superior –que si se subdividió- (SISS) es sin embargo la mitad en tamaño y reúne a 44 chacras con un rendimiento medio de 3.429 kg ha^{-1} ($CV=18,2\%$). La siembra de estas chacras sobre cultivos de verano de primera (girasol, maíz y soja) parece ser el factor que las empujó cerca de 400 kg ha^{-1} por encima de los rendimientos medios de la rama madre y más de media tonelada por hectárea de los de la rama inferior –su hermana-; también levemente por encima de la media general.

Finalmente esta pequeña rama de quinto nivel (menos de una de cada veinte chacras del total analizado) se divide en dos pequeñas ramas de sexto nivel separadas por cerca de una tonelada de rendimiento medio (915 kg ha^{-1}), nuevamente por la misma variable –“el ambiente edáfico”- que dividió a su rama bisabuela (ISI) y a toda la gran rama inferior (I) de la cual descienden estas chacras.

La rama inferior de sexto nivel (ISISII) incluye a la mayor parte de las chacras (38) las cuales fueron sembradas en alguna de las siguientes unidades de suelo: Bequeló, Cañada Nieto, Fray Bentos y Risso; para un rendimiento medio 3.305 kg ha^{-1} ($CV=16,0\%$). Aunque la rama incluye cuatro “factores negativos” su rendimiento medio quedó apenas por debajo del de su rama madre y es superior (apenas) al de la población general de chacras.

La rama superior de sexto nivel (ISISIS) tiene tan solo seis chacras (una de cada 130 chacras) localizadas sobre la unidad de suelos Young con un rendimiento medio de

4.220 kg ha⁻¹ (CV=15,4%) muy homogéneo, el cual es absolutamente llamativo porque no solo es mucho mayor que el de su madre o su hermana, sino que esta pequeñísima rama presenta el tercer rendimiento más alto entre todas las ramas analizadas.

La siembra de las chacras sobre antecesores (cultivos de verano de primera excluido sorgo) que resultaron favorables, en una unidad de suelos de tierras agrícolas de una clase de muy alta aptitud, ubicada en el ambiente geográfico del Litoral Centro, compensaron largamente la eventual selección de variedades que no están en el grupo de las variedades destacadas en este análisis, además del efecto año dado por dos zafra agrícolas (2007/2008-2008/2009) que estuvieron en o por debajo del promedio.

La rama superior de tercer nivel (ISS) se subdivide de manera similar a su hermana recién analizada, y todas sus divisiones tuvieron rendimientos medios que se encuentran en la mitad superior de la distribución poblacional. En la primera división genera dos ramas de cuarto nivel de similar tamaño separadas por 689 kg ha⁻¹ de acuerdo a la aptitud agrícola general dada por las unidades de suelo donde fueron sembradas. La rama inferior que se describe a continuación no se subdivide más.

La rama inferior de cuarto nivel (ISSI) juntó a 84 chacras (una de cada nueve en el total analizado) con un rendimiento medio de 3.292 kg ha⁻¹ (CV=19,5%) situadas sobre alguna de las siguientes unidades de suelo: Algorta, Andresito, Bequeló, Fray Bentos, Montecoral y Valle Aiguá. No existe aparentemente ningún denominador común en ese grupo que muestra un comportamiento errático -solo cuenta con una unidad de tierras agrícolas de la clase de aptitud muy alta-.

La rama superior de cuarto nivel (ISSS) incluyó 75 chacras (una de cada diez del total analizado) con un rendimiento medio de 3.981 kg ha⁻¹ (CV=17,2%) localizadas sobre alguna de las siguientes unidades de suelo: Bellaco, Cañada Nieto, Libertad, Risso, Tres Bocas y Young. Este grupo es mucho más homogéneo dado que son todas tierras agrícolas y sería casi perfecto sino fuera porque existen chacras que habrían estado sobre la unidad Tres Bocas (¿un error de localización?).

A pesar de la relativa homogeneidad ambiental señalada, esta rama de cuarto nivel se subdivide dos veces más. En el quinto nivel genera dos nuevas ramas separadas por 729 kg ha⁻¹ a través de una variable de manejo que es la época de siembra. Aunque es la rama inferior de quinto nivel la que se subdivide, es la pequeña rama superior la más destacada.

La rama superior de quinto nivel (ISSSS) cuenta tan solo 14 chacras (una de cada cincuenta y cinco chacras -1,83%-) con un rendimiento medio de 4.574 kg ha⁻¹ (CV=17,2%) sembradas todas antes del 9 de junio de 2009. Los efectos combinados de la época de siembra, una aptitud agrícola general favorable y un adecuado efecto año,

superaron ampliamente la eventual desventaja de la selección varietal, y llevaron este grupo de chacras al rendimiento medio más alto encontrado.

La rama inferior de quinto nivel (ISSSI) que incluyó 61 chacras (una de cada trece chacras del total analizado) mostró un rendimiento medio de 3.845 kg ha^{-1} ($CV=15,2\%$) y como se deduce separó a las chacras sembradas desde el 9 de junio de 2009 en adelante. Esta rama se volvió a dividir en dos nuevas ramas de sexto nivel separadas por 502 kg ha^{-1} a través de otra variable que fue el cultivo antecesor. La separación entre las ramas hijas es la más pequeña detectada en el análisis.

La rama inferior de sexto nivel (ISSSII) reunió a 25 chacras con un rendimiento medio de 3.549 kg ha^{-1} ($CV=15,2\%$), todas ellas ubicadas sobre dos antecesores que fueron girasol de primera y soja de segunda; mientras que la rama superior de sexto nivel (ISSSIS) incluyó 36 chacras con un rendimiento medio de 4.050 kg ha^{-1} ($CV=14,7\%$) todas sembradas sobre dos antecesores que fueron soja de primera o maíz de primera.

Una síntesis parcial

A pesar de que se intentó mostrar tanto el efecto de los factores que suman al rendimiento como aquellos que restan, no una sino varias veces a lo largo del análisis previo, vale la pena remarcar un conjunto de derivaciones relevantes en la determinación del comportamiento productivo del cultivo de trigo, para lo cual se utilizará el diagrama parcial (con solo los tres niveles superiores del árbol de regresión de hasta seis niveles) que se presenta debajo.

El diagrama parece decirnos que cuando se eligieron las variedades que no se comportaron mejor, se las sembró en ambientes edáficos que no les resultan adecuados y sobre situaciones de antecesores que resultaron perjudiciales, se pudo bajar desde rendimientos medios de más de tres toneladas por hectárea hasta rendimientos que apenas superaron los 1.700 kg ha^{-1} , los más bajos encontrados en cualquier rama del análisis realizado.

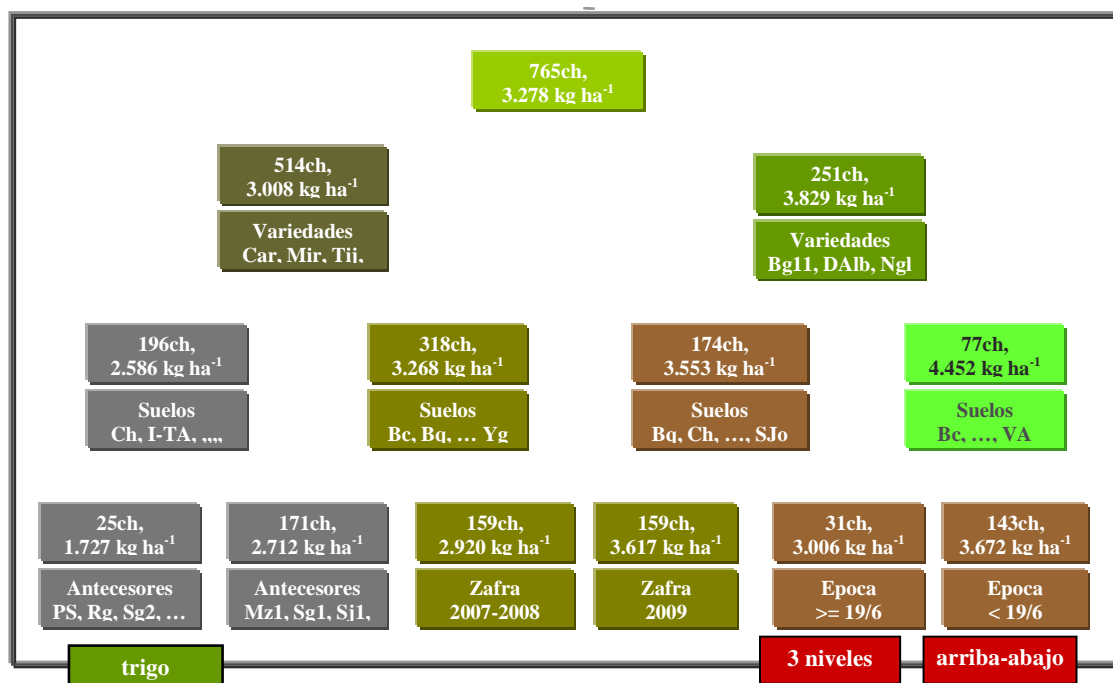


Figura 14 – Árbol de regresión (parcial) para 765 chacras de trigo. Agricultores CREA (2007/2008-2009/2010)

A su vez por el otro lado, cuando se eligieron variedades de muy buen comportamiento productivo, sembradas en ambientes edáficos que resultaron muy apropiados, fue posible obtener rendimientos que en promedio se acercaron a los 4.500 kg ha⁻¹, cerca de tres toneladas por encima de los rendimientos medios del peor grupo identificado. Son muy pocos los factores (las variables) que en ambos casos parecerían haber definido muy bajos o muy altos rendimientos medios.

Cuando se escogieron variedades de muy buen comportamiento, pero no se las estableció o no dieron con ambientes edáficos que les resultaren adecuados y se las sembró luego del 20 de junio, se obtuvieron en promedio los mismos 3.000 kg.ha⁻¹ que se lograron sembrando una o más de un grupo de variedades que no demostraron destacados comportamientos productivos, y que no incluiría a variedades de elite. La elección de variedades de muy buen comportamiento establecidas en ambientes edáficos que no resultaron favorables pero sembradas antes del 20 de junio, llevaron a producir los mismos más de 3.600 kg ha⁻¹ que las variedades de no tan buen comportamiento sembradas en ambientes agroecológicos favorables y favorecidas por una zafra agrícola que aportó al logro de mayores rendimientos del grano.

Si bien la elección varietal aparece como una variable de manejo clave, la combinación de factores desfavorables puede llevar a resultados productivos francamente pésimos (del entorno de los 1.000 kg ha⁻¹) tal como se deriva de los datos presentados en el análisis del comportamiento de las variedades. A su vez la elección de materiales que en principio no aparecían dentro del grupo de los más destacados, pero siendo establecidos en ambientes favorables, sembrados antes del 20 de junio y “ayudados” por una zafra favorable, condujo a rendimientos medios del orden de 4.600 kg ha⁻¹.

La lectura abajo-arriba

El árbol de regresión permitió identificar diecisiete (17) diferentes grupos partiendo de la población general de 765 chacras. Los diecisiete grupos generados contienen entre 6 (1/128) y 103 (<1/7) chacras, y van desde rendimientos medios de 1.726,7 kg ha⁻¹ (CV=23,4%) -por encima del nivel medio del cluster de muy bajos rendimientos- hasta rendimientos medios de 4.753,6 kg ha⁻¹ (CV=17,2%) -por debajo del nivel medio del cluster de los rendimientos muy altos-. Es decir que los caminos de construcción de esos grupos permitirían identificar los factores que contribuyeron a generar una variación de tres toneladas en los rendimientos medios.

La tabla siguiente contiene los datos básicos de los diecisiete grupos identificados en el procedimiento, ordenados de acuerdo a su rendimiento medio creciente. Como puede verse tanto en el diagrama general como en la tabla derivada del mismo, hay grupos de chacras (grupos de rendimiento) explicados por tres variables hasta grupos explicados por seis variables. Los grupos finales de rendimientos están sombreados de acuerdo a su vinculación con los clusters determinados a través de ese procedimiento; como se observa el grueso de los grupos -encima del cuarenta por ciento- quedarían incluidos dentro del cluster de rendimientos medios.

A partir del análisis de los grupos finales de rendimiento del árbol de trigo se encontraron algunas correlaciones medias a altas. Como parece lógico, existió un alta correlación positiva (+0,940) entre la proporción de ramas superiores sobre ramas totales (Rs/Rt) en el camino de construcción del rendimiento y los rendimientos medios de los grupos, y a su vez una correlación negativa media (-0,494) entre la relación de ramas señalada y el coeficiente de variación de los rendimientos. A medida que aumentó la cantidad de ramas superiores, disminuyó entonces la variabilidad. De hecho el rendimiento medio mostró una correlación negativa media-alta (-0,616) con el coeficiente de variación de los rendimientos.

La cantidad de pasos que construyeron los rendimientos de los grupos mostraron una correlación negativa media (-0,445) con la cantidad de chacras. Pero la misma variable -cantidad de pasos- mostró una correlación casi nula (+0,057) con los rendimientos medios, entonces la cantidad de variables incluidas en la determinación parcial del rendimiento medio no determinaría rendimientos medios más bajos o más altos. Finalmente la cantidad de chacras mostró una correlación positiva media-baja (+0,405) con el coeficiente de variación de los rendimientos, por lo que el coeficiente de variación mostró una correlación negativa media-baja (-0,383) con la cantidad de pasos.

Tabla 6 - Parámetros y variables de construcción de rendimientos según grupo.
Trigo (2007/2008-2009/2010)

Grupo	Cluster vinculado	Camino	Pasos (cantidad)	Chacras (cantidad)	Chacras (%)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Rendimiento relativo (%)	CV (%)
1	MB	III	3	25	3,27	1726,7	37,8	23,4
2	MB	IISII	5	14	1,83	1846,8	40,4	21,3
3	B	IISISI	6	31	4,05	2274,4	49,7	23,5
4	B	ISII	4	33	4,31	2340,4	51,2	21,1
5	M	ISISI	5	82	10,72	2879,9	63,0	22,8
6	M	IISISS	6	23	3,01	2894,1	63,3	19,9
7	M	IISS	4	103	13,46	2920,4	63,9	28,6
8	M	SII	3	31	4,05	3006,1	65,7	22,9
9	M	SISI	4	50	6,54	3244,6	70,9	22,1
10	M	ISSI	4	84	10,98	3291,7	72,0	19,5
11	M	ISISSI	6	38	4,97	3304,5	72,3	16,0
12	A	ISSSII	6	25	3,27	3548,9	77,6	12,1
13	A	SISS	4	93	12,16	3901,9	85,3	21,4
14	A	ISSSIS	6	36	4,71	4050,4	88,6	14,7
15	MA	ISISSS	6	6	0,78	4219,5	92,3	15,4
16	MA	SS	2	77	10,07	4452,8	97,4	15,9
17	MA	ISSSS	5	14	1,83	4573,6	100,0	17,2

Si se considerara que los grupos identificados son muestras extraídas de una enorme población de chacras que generaron esos rendimientos medios a través de cada uno de los caminos mostrados en el diagrama (y sintetizados en la tabla), y que cada población de esas medias se distribuye normalmente, las determinaciones de los intervalos de confianza (con alfa=0,01) indicarían que los solapamientos entre las distribuciones, separan justamente supergrupos de rendimiento (sombreados en la tabla) similares a los clusters identificados a través del procedimiento de agrupamientos. En

trigo existe sin embargo un grupo de rendimientos (el decimoquinto) que se solapa parcialmente con dos clusters, con solo seis chacras muestra un amplio intervalo de confianza.

Antes de responder la pregunta específica, ¿cuáles son los caminos que llevaron a rendimientos muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos?; la lectura de la tabla reporta información adicional. El árbol del cultivo de trigo quedó construido de tal manera que la rama inferior de primer nivel (I) fue –como se dijo- aproximadamente el doble de grande –medido el tamaño en chacras- que su hermana, la rama superior de primer nivel (S); la situación inversa que en soja. Ambas ramas –recuérdese- estuvieron determinadas por una variable de manejo –al igual que en soja pero no así en cebada-, que en trigo fue la variedad utilizada.

Se entiende que esta visión es muy significativa, la rama inferior de primer nivel –determinada por las variedades de peor comportamiento-, no solo generó trece grupos finales de rendimiento –las tres cuartas partes del total-, sino que generó grupos que se corresponderían con los cinco clusters antes determinados, desde los muy bajos rendimientos hasta los muy altos rendimientos. En particular a partir de esa rama inferior –aunque luego siempre a través de ramas superiores- se generó el grupo con mayor rendimiento medio del conjunto.

En el otro extremo, a partir de la rama superior de primer nivel –dada por las variedades de mejor comportamiento-, que obviamente fue el punto de partida de una cuarta parte de los grupos finales de rendimiento; se construyeron grupos que quedarían incluidos en tres de los cinco clusters, entre los rendimientos medios y los rendimientos muy altos. Véase que el segundo grupo de rendimientos muy altos -120 kg ha.⁻¹ por debajo del primero-, estuvo determinado tan solo por dos variables –la aptitud agrícola general además de las variedades utilizadas-, mientras que el grupo que partió de la rama inferior de primer nivel, quedó determinado por tres variables adicionales, que le permitieron “recuperar” 1,5 ton ha.⁻¹ de productividad media.

Los caminos de muy bajos rendimientos

Los rendimientos medios de los dos grupos incluidos en este supergrupo, quedaron levemente por encima del rendimiento medio (1.576,3 kg ha⁻¹) del cluster de muy bajos rendimientos; aún así los rendimientos medios fueron apenas superiores a un tercio del rendimiento medio de los grupos de muy altos rendimientos y quedaron apenas por encima de la mitad del rendimiento medio (3.277,6 kg ha⁻¹) de la población general de chacras analizada. Los dos grupos representan 39 chacras –una de cada veinte-. En el diagrama general siguiente se identifica la ubicación de cada grupo, y se visualizan los caminos que llevaron a los rendimientos medios señalados.

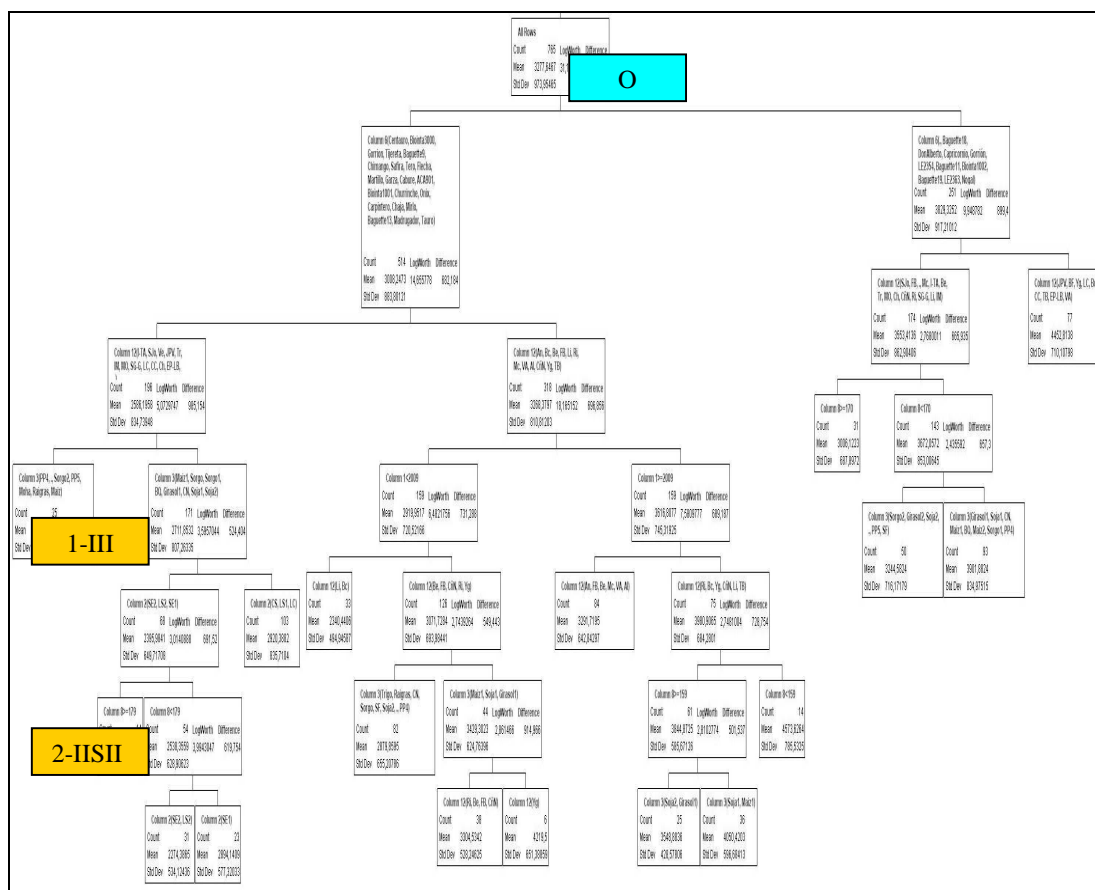


Figura 15 - Grupos de muy bajos rendimientos del árbol de regresión para trigo. 765 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)

El primer grupo (III) de 25 chacras, con rendimientos medios muy bajos (1.726 kg ha^{-1} , $CV=23,4\%$) y de variabilidad media-baja se generó en la interacción de los valores específicos de tres variables: a) las variedades de peor comportamiento, un grupo que incluyó veintidós materiales, entre las diez más sembradas (todas con más de diez chacras): ACA 901, Baguelette 13, Carpintero, Chajá, Churrinche, Garza, Madrugador, Martillo, Mirlo y Tauro; b) un diverso conjunto de doce unidades de suelo: Chapicuy, Cuchilla Corralito, Ecilda Paullier-Las Brujas, Isla Mala, Itapebí-Tres Arboles, José Pedro Varela, La Carolina, Manuel Oribe, San Gabriel-Guaycurú, San Jorge, Trinidad y Vergara; y c) y un conjunto de seis o más antecesores inmediatos: moha y raigrás, maíces no identificados como de primera o segunda, sorgo de segunda y las praderas sembradas que serían de avanzada edad.

El segundo grupo (IISII) de 19 chacras, con rendimientos medios ($1.846,8 \text{ kg ha}^{-1}$, $CV=21,3\%$) y variabilidad interna similares a las del grupo anterior, se generó a través de la interacción de cinco variables. Los dos primeros pasos son los mismos que los del primer grupo -a) variedades utilizadas y b) unidades de suelo-, luego el tercero, c) es una rama superior -la única incluida-, en este caso los antecesores inmediatos de mejor comportamiento: sorgo y maíz de primera, girasol de primera, soja de primera y segunda, campo natural y barbecho químico. Luego dos ramas inferiores sucesivas: d) los ambientes agroclimáticos de peor comportamiento: Litoral Sur 2 y ambos ambientes Sudeste y, e) las fechas de siembra desde el 28 de junio en adelante.

Las 514 chacras de las variedades de peor comportamiento promediaron más de $3,0 \text{ tm ha}^{-1}$ de rendimiento en grano, y allí están como se dijo incluidas chacras de rendimientos muy bajos a muy altos. En el primer grupo las peores aptitudes agrícolas generales llevaron a productividades $\frac{1}{2}$ tonelada por debajo y luego los antecesores inmediatos que resultaron desfavorables en esas condiciones restaron más de $\frac{3}{4}$ de tonelada. Sin embargo el segundo grupo partió de los antecesores inmediatos favorables, o sea de una plataforma de $2,7 \text{ tm ha}^{-1}$ de productividad; fueron en este caso los peores ambientes agroclimáticos y las fechas de siembra tardías las que restaron cerca de $1,0 \text{ tm ha}^{-1}$ a la productividad media.

Los caminos de bajos rendimientos

Los dos grupos incluidos dentro de este supergrupo incluyeron 64 chacras –una de cada doce chacras en la población analizada-. Los rendimientos medios de estos grupos quedaron $\frac{1}{2}$ tonelada por encima del supergrupo de muy bajos rendimientos, y justo alrededor de la mitad del rendimiento medio de los grupos de muy altos rendimientos. Y claro que aún muy por debajo - $\frac{3}{4}$ de tonelada- de la media de la población general. En el diagrama general siguiente se identifican los dos grupos y por tanto se visualizan los caminos que llevaron a los rendimientos medios. Los colores (las tonalidades) están asociados a los niveles de rendimiento establecidos a partir del análisis de clusters.

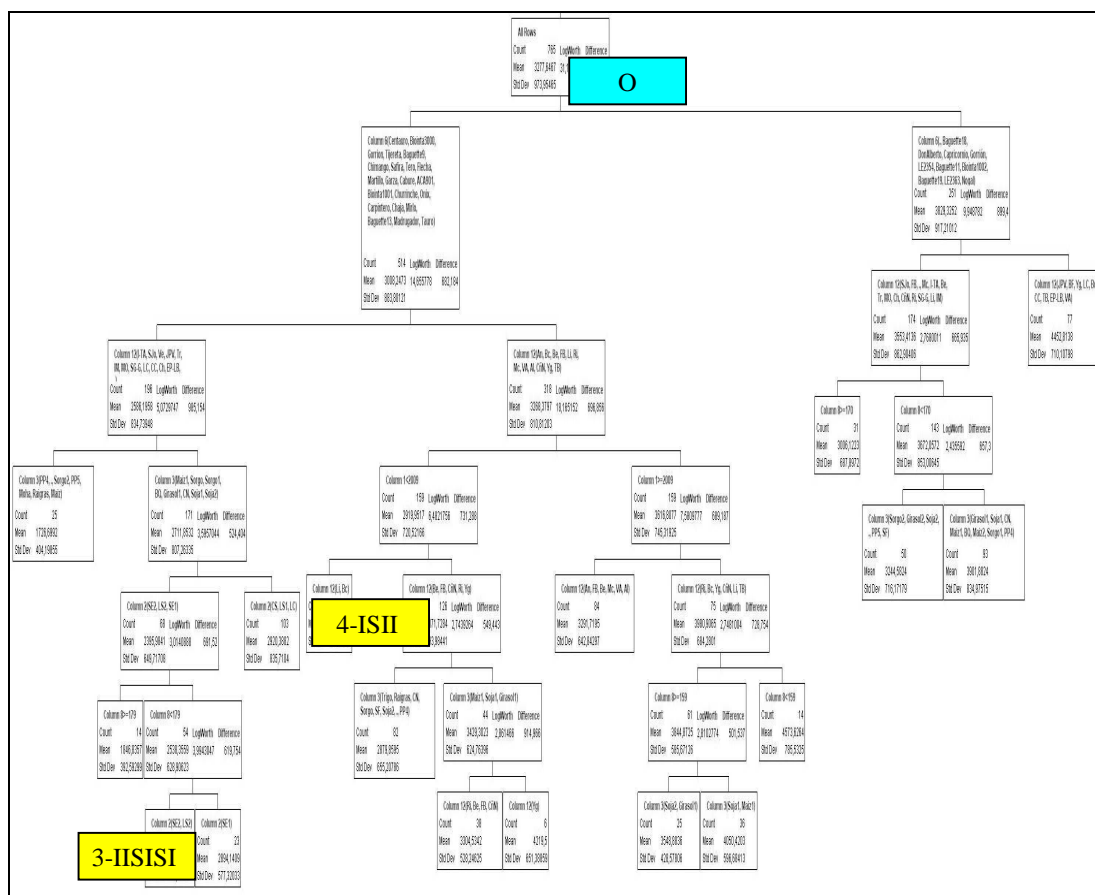


Figura 16 - Grupos de bajos rendimientos del árbol de regresión para trigo. 765 chacras CREA. (2007/2008-2009/2010)

El tercer grupo (IISISI) con 31 chacras alcanzó un rendimiento medio bajo ($2.274,4 \text{ kg ha}^{-1}$, $CV=23,5\%$). El mismo es familiar cercano del segundo grupo recién descrito. El rendimiento medio se construyó entonces a través del siguiente camino: a) las mismas variedades utilizadas de peor comportamiento, b) las mismas unidades de suelo –un conjunto de las más pobres-; c) los mismos antecesores inmediatos que fueron favorables, y d) los ambientes agroclimáticos ya señalados. Hasta allí la genealogía es la del segundo grupo. Luego las chacras de este grupo quedaron en una rama superior: e) dada por las fechas de siembra anteriores al 28 de junio y una rama inferior: f) identificada con los dos ambientes agroclimáticos más pobres: Sudeste 2 y Litoral Sur 2, entre los peores ya señalados.

El cuarto grupo (ISII) con 33 chacras llegó a un rendimiento medio bajo (2.340,4 kg ha⁻¹, CV=21,1%). Este grupo final de rendimiento solo comparte con los tres grupos anteriores, la rama inferior de primer nivel, a) las variedades utilizadas de peor comportamiento. Luego queda determinado por dos variables adicionales que son ambientales: b) las peores dos zafras agrícolas: 2007/2008-2008/2009, entre las tres analizadas; y c) sobre dos unidades de suelo que fueron Bellaco y Libertad, lo cual también quiere decir en dos ambientes agroclimáticos que fueron el Litoral Centro y el Litoral Sur1. El rendimiento medio de este grupo fue muy llamativo, porque todas las chacras -incluidas las de este grupo-, sembradas en las zafras 2007/2008 o 2008/2009 con las variedades señaladas, alcanzaron una productividad media apenas por debajo de las 3,0 tm ha⁻¹.

La cantidad de chacras, el rendimiento medio y la variabilidad fueron muy semejantes entre ambos grupos; sin embargo los caminos de construcción del rendimiento fueron muy diferentes tal como se señaló. Si bien ambos compartieron potencialmente las mismas variedades utilizadas, el primer grupo fue condicionado por chacras sembradas tardíamente –aún sobre antecesores inmediatos favorables- sobre unidades de suelo que resultaron limitantes en los peores ambientes agroclimáticos. Las chacras del segundo grupo además de las variedades -el factor común- habrían sido aparentemente condicionadas por las zafras agrícolas en las que fueron sembradas, dado que las unidades de suelo en principio son de mayor potencial que aquellas incluidas en el tercer grupo. Las chacras incluidas fueron sin dudas las de peor comportamiento medio de las zafras 2007/2008-2008/2009.

Los caminos de rendimientos medios

Los siete grupos finales de rendimiento incluidos en este supergrupo incluyeron 411 chacras –más de la mitad de las chacras-. Los rendimientos medios de estos siete grupos quedaron en torno a dos tercios del rendimiento medio de los grupos de muy altos rendimientos (63,0 %-72,3 %); aunque las chacras individuales mostraron brechas mayores, los rendimientos medios de los grupos extremos dentro del supergrupo quedaron separados por menos de ½ tonelada de productividad. A diferencia de los dos supergrupos anteriores y tal como se mencionó, en este supergrupo quedaron grupos que construyeron sus rendimientos partiendo tanto de la rama inferior de primer nivel como de la rama superior de primer nivel.

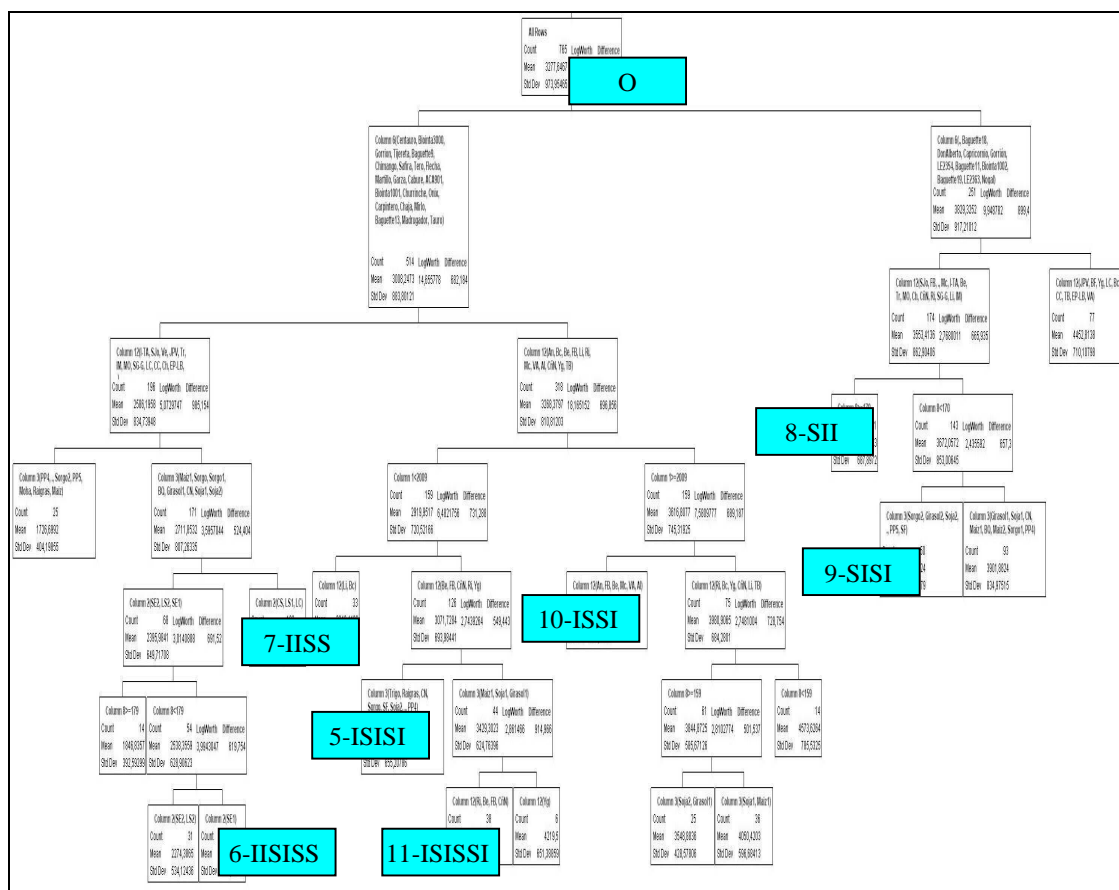


Figura 17 - Grupos de rendimientos medios del árbol de regresión para trigo. 765 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)

El quinto grupo (ISISI) de 82 chacras –más de una de cada diez chacras- alcanzó un rendimiento medio de $2.879,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=22,8\%$). Este grupo como los cuatro anteriores aún parte de la rama inferior de primer nivel, a) las variedades utilizadas de peor comportamiento. Luego las chacras de ese grupo también comparten con el cuarto grupo, b) las dos peores (2007/2008-2008/2009) entre las tres zafras agrícolas analizadas. Pero a diferencia de las chacras del cuarto grupo, estas se ubicaron sobre, c) un conjunto de cinco unidades de suelo: Bequeló, Cañada Nieto, Fray Bentos, Risso y Young. Hasta allí esas (126) chacras entre ramas inferiores y superiores volvieron a las $3,0 \text{ tm ha}^{-1}$. Las chacras del quinto grupo siguieron la rama inferior, d) los siguientes antecesores inmediatos: sorgo granífero, sorgo forrajero, sojas de segunda, raigrás, trigo, campo natural y posiblemente praderas sembradas de cuarto año.

El sexto grupo (IISISS) de 23 chacras –tan solo una de cada treinta y tres chacras-, alcanzó un rendimiento medio de 2.894,1 kg ha⁻¹ (CV=19,9%). Este sexto grupo es hermano del tercer grupo, o sea que comparte el mismo camino salvo el último paso: a) las mismas variedades utilizadas de peor comportamiento; b) las mismas unidades de suelo –un conjunto de las más pobres-; c) los mismos antecesores inmediatos que fueron favorables; d) los tres ambientes agroclimáticos más limitantes (Sudeste 1, Sudeste 2 y Litoral Sur 2); e) las fechas de siembra anteriores al 28 de junio –una rama superior-. En el último paso las chacras estuvieron en: f) el ambiente agroclimático que resultó más adecuado entre los tres señalados: Sudeste 1 y que habría dado a estas chacras 600 kg ha⁻¹ más que las del tercer grupo.

El séptimo grupo (IISS) de 103 chacras –cerca de una de cada siete chacras-, llegó a un rendimiento medio de 2.920,4 kg ha⁻¹ (CV=28,6%). Este grupo que es el mayor de los diecisiete grupos, es familiar del sexto grupo –también del tercero claro-, pero construyó su productividad a través de un camino más corto, los mismos tres primeros pasos: a) las mismas variedades utilizadas de peor comportamiento; b) las mismas unidades de suelo –un conjunto de las más pobres-; c) los mismos antecesores inmediatos que fueron favorables. Luego en el cuarto paso, en vez de los ambientes agroclimáticos más limitantes, las chacras de este grupo se ubicaron en los tres ambientes más favorables: Centro Sur, Litoral Sur 1 y Litoral Centro.

El octavo grupo (SII) de 31 chacras –igual que el tercer grupo- llegó a un rendimiento medio de 3.006,1 kg ha⁻¹ (CV=22,9%). Este grupo fue el primero que construyó su camino de determinación (parcial) del rendimiento a partir de la rama superior de primer nivel, dada por a) las (diez) variedades utilizadas de mejor comportamiento, las cuatro más sembradas: Baguette 11, Baguette 18, Biointa 1002 y Don Alberto representaron más de nueve de cada diez chacras, y tan solo dos: Baguette 11 y Don Alberto estuvieron en ocho de cada diez chacras. Luego dos ramas inferiores llevaron al rendimiento señalado: b) un diverso conjunto de hasta trece unidades de suelo: Bequeló, Cañada Nieto, Chapicuy, Fray Bentos, Isla Mala, Itapebí-Tres Arboles, Libertad, Manuel Oribe, Montecoral, Risso, San Gabriel-Guaycurú, San Jorge y Trinidad; y c) las fechas de siembra desde el 19 de junio en adelante.

El noveno grupo (SISI) de 50 chacras –una de cada quince chacras-, alcanzó una productividad media de 3.244,6 kg ha⁻¹ (CV=22,1%). Al igual que el octavo grupo, las dos primeras variables que contribuyeron a determinar el rendimiento medio fueron: a) las variedades utilizadas de mejor comportamiento, ya señaladas y b) algunas entre las trece unidades de suelo señaladas, en este caso una rama inferior; y luego a diferencia del octavo grupo, las chacras quedaron en una rama superior, c) las fechas de siembra anteriores al 19 de junio. El cuarto paso fue nuevamente una rama inferior, d) dada por los siguientes antecesores inmediatos: sorgo forrajero, sorgo granífero de segunda, soja de segunda, girasol de segunda y praderas sembradas posiblemente de quinto año.

Estos dos subgrupos de rendimientos medios son significativos porque tal como se dijo parten de la rama superior de primer nivel dada por las variedades utilizadas de mejor comportamiento. Las 250 chacras incluidas alcanzaron una productividad media superior a $3,8 \text{ tm ha}^{-1}$ abarcando un abanico de más de $1,4 \text{ tm ha}^{-1}$ de rendimiento medio entre los extremos. Los dos subgrupos descritos muestran las variables que llevaron a los rendimientos inferiores del abanico, del orden de $3,0\text{-}3,2 \text{ tm ha}^{-1}$. Las fechas de siembra tardías sobre algunas unidades de suelo o los antecesores inmediatos desfavorables sobre las mismas u otras unidades de suelo, aún en fechas de siembra tempranas, constituyen las principales explicaciones visibles. Se podría suponer además que en el reparto de unidades de suelo el noveno grupo salió más favorecido que el octavo, pero no se dispone en este momento de los datos para probarlo.

El décimo grupo (ISSI) con 84 chacras –muy similar al quinto- obtuvo un rendimiento medio de $3.291,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ($\text{CV}=19,5\%$). Este grupo final de rendimiento aún con una productividad mayor a los anteriores, vuelve a originarse en la rama inferior de primer nivel: a) las variedades sembradas de peor comportamiento, entre las diez más sembradas: ACA 901, Baguette 13, Carpintero, Chajá, Churrinche, Garza, Madrugador, Martillo, Mirlo y Tauro. Las restantes variables son ambientales, primero queda dentro de dos ramas superiores dadas por: b) un conjunto diverso de unidades de suelo (indicadas en el cuarto grupo); y c) la zafra agrícola 2009/2010, la de mejor comportamiento entre las evaluadas. Finalmente una rama inferior que es una división de una rama superior ya señalada en el segundo paso, las chacras del grupo habrían sido sembradas sobre seis de las doce unidades de suelo: Algorta, Andresito, Bequeló, Fray Bentos, Montecoral y Valle Aiguá.

El undécimo grupo (ISISSI) con 38 chacras –una de cada veinte chacras- obtuvo un rendimiento medio de $3.304,5 \text{ kg ha}^{-1}$ -muy similar al grupo anterior- ($\text{CV}=16,0\%$). Las chacras de este grupo que en apariencia construyeron su rendimiento a través de un camino de seis pasos, fueron condicionadas por cuatro variables. La primera fue la señalada rama inferior de primer nivel, a) las variedades sembradas de peor comportamiento, luego b) la rama superior señalada en el décimo grupo dada por las unidades de suelo; allí se separa del décimo grupo ya que estas chacras fueron sembradas en: c) las dos zafas agrícolas 2007/2008-2008/2009 de peor efecto relativo. La aptitud agrícola general vuelve a aparecer dos veces más (en las ramas d y f) hasta reducirse a cuatro unidades de suelo: Bequeló, Cañada Nieto, Fray Bentos y Risso. Las chacras del grupo fueron sembradas sobre, e) tres antecesores inmediatos: girasol, maíz y soja de primera.

El undécimo grupo recién presentado es un familiar cercano del quinto grupo –el primero incluido dentro del supergrupo de rendimientos medios-, comparten la mayor parte de su genealogía dada por las dos variables de manejo y las dos variables ambientales identificadas. Es decir las mismas variedades de peor comportamiento y las mismas zafas agrícolas de peor efecto relativo, la principal diferencia identificable para

explicar la brecha de más de 400 kg ha⁻¹ habría estado en los distintos antecesores inmediatos: girasol, maíz y soja de primera en el undécimo grupo versus sorgo forrajero, sorgo granífero, raigrás, trigo, soja de segunda, campo natural y praderas sembradas posiblemente de edad avanzada en el quinto grupo.

Este supergrupo ofreció la posibilidad de comparar por vez primera en el análisis, las determinantes de la productividad de grupos generados en ambas ramas de primer nivel. Primero, la proporción de chacras que construyeron su rendimiento partiendo de la rama superior de primer nivel –las variedades sembradas de mejor comportamiento- constituyen la quinta parte del total dentro de este supergrupo, si bien son un tercio en la población general. Segundo, y en el mismo sentido, ¿existen entonces diferencias en las demás variables de construcción del rendimiento que compensen la eventual ventaja de la composición varietal señalada?. Una primera respuesta a esta pregunta la puede ofrecer la comparación entre el séptimo grupo y el octavo grupo que llegaron a rendimientos medios muy similares -2920,4 kg ha⁻¹ para el séptimo y 3.006,1 kg ha⁻¹ en el octavo- partiendo justamente de distintas ramas de primer nivel.

Como ya fue señalado fueron las siembras más tardías –desde el 19 de junio en adelante- de las chacras localizadas sobre varias unidades de suelo las que llevaron al octavo grupo a su rendimiento medio de 3.000 kg ha⁻¹ más de 800 kg ha⁻¹ por debajo de la plataforma de más de 3.800 kg ha⁻¹ dada por la media de las variedades de mejor comportamiento. Mientras que el séptimo grupo partía de una plataforma justamente de 3.000 kg ha⁻¹ dada por las variedades de peor comportamiento; las chacras del grupo perderían más de 400 kg ha⁻¹ al estar localizadas sobre unidades de suelo que resultaron desfavorables, entre ellas Chapicuy, Cuchilla Corralito, Ecilda Paullier-Las Brujas, Manuel Oribe y San Jorge. La mayor parte del rendimiento medio se recuperó a través de dos pasos sucesivos, los antecesores inmediatos más favorables para las variedades señaladas sobre las citadas unidades de suelo que aparecen en tres distintos ambientes agroclimáticos, en este caso los ambientes del litoral agrícola costero: Litoral Centro y Litoral Sur 1, y el Centro Sur.

Una segunda respuesta la puede ofrecer la comparación entre los grupos noveno y décimo, que llegaron a rendimientos muy similares. El noveno grupo partió de la misma plataforma que el octavo grupo, las variedades sembradas de mejor comportamiento sobre un diverso conjunto de unidades de suelo, que sostuvieron un rendimiento medio de 3.553,4 kg ha⁻¹. Las siembras tempranas –una rama superior- elevaron levemente el rendimiento medio (3.672,1 kg ha⁻¹) que volvió a caer finalmente por los antecesores inmediatos menos favorables en este contexto –una rama inferior-. El décimo grupo juntó las variedades sembradas de peor comportamiento en la mejor zafra agrícola del conjunto sobre un diverso grupo de unidades de suelo; esas 159 chacras promediaron 3.618,8 kg ha⁻¹; pero en el décimo grupo estuvieron la peor mitad de las unidades de suelo, lo cual llevó los rendimientos medios más de 300 kg ha⁻¹ hacia abajo. En la medida que algunas unidades de suelo pudieron ser las mismas, la mejor zafra

agrícola en todas las variedades de este décimo grupo junto a los antecesores inmediatos desfavorables en el noveno grupo, habría compensando las mejores variedades sembradas y las siembras tempranas del noveno grupo.

Los caminos de altos rendimientos

Este supergrupo incluiría por los menos tres grupos finales de rendimiento que suman 154 chacras –la quinta parte de la población analizada-. Los rendimientos medios de los grupos incluidos quedaron todos por encima del rendimiento medio de la población general; y con sus 3,5 tm ha⁻¹ a 4,0 tm ha⁻¹ entre los grupos extremos muestran una brecha de ½ tonelada de productividad media, que es aún mayor que la brecha entre los grupos extremos del supergrupo anterior, dos veces y media más grande –medido en cantidad de chacras-. Como se puede deducir de la tabla presentada, las chacras de este supergrupo llegarían a rendimientos relativos de 0,75 a 0,90 del rendimiento medio del grupo de más altos rendimientos identificado. Los grupos incluidos se muestran en el diagrama siguiente.

El duodécimo grupo (ISSSII) con 25 chacras –una de cada treinta chacras como el primero-, llegó a un rendimiento medio de 3.548,9 kg ha⁻¹ (CV=12,1%). Las chacras de este grupo construyeron su rendimiento en un largo camino aparente de seis pasos. Ese camino parte como en la mayoría de los grupos, de la rama inferior de primer nivel, sean: a) las variedades sembradas de peor comportamiento. Luego siguen tres ramas superiores dadas por variables ambientales, primero b) un conjunto de unidades de suelo de mejor comportamiento comparativo (con una productividad 2/3 tm superior a la media de sus hermanas de la rama inferior); segundo c) la mejor zafra agrícola (2009) de las tres analizadas y tercero, d) entre aquellas unidades de suelo de la rama superior, sobre las que se alcanzaron mayores rendimientos medios (nuevamente con una productividad 2/3 tm superior a la media de sus hermanas de la rama inferior), esas fueron: Bellaco, Cañada Nieto, Libertad, Risso, Tres Bocas y Young). Sobre esa plataforma de casi 4,0 tm ha⁻¹ los rendimientos medios bajan por dos ramas inferiores: e) las fechas de siembra posteriores al 7 de junio; y f) los antecesores inmediatos que resultaron menos favorables: girasol de primera y soja de segunda.

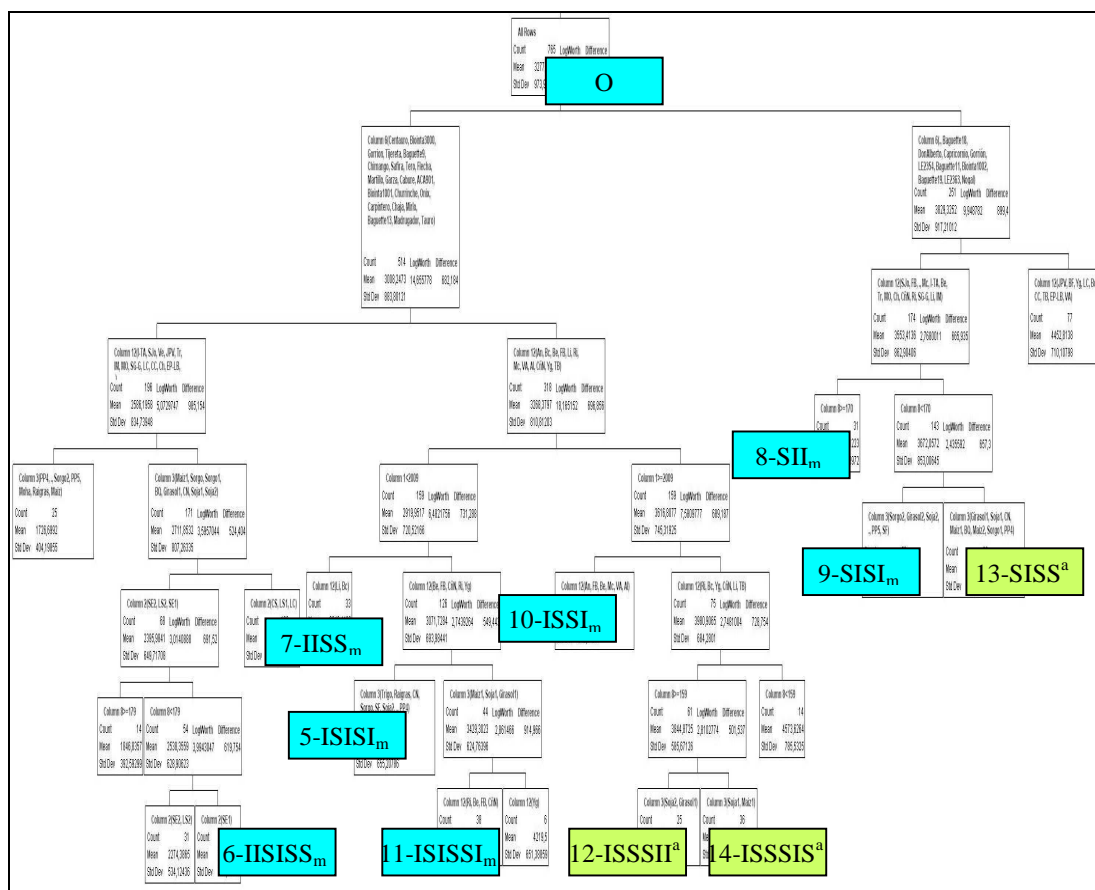


Figura 18 - Grupos de medios (m) y altos (a) rendimientos de trigo.
765 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)

El décimo tercer grupo (SISS) con 93 chacras –una de cada ocho chacras de la población analizada- obtuvo un rendimiento medio de $3.901,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=21,4\%$) similar al décimo cuarto grupo pero a través de un camino de construcción del rendimiento muy distinto. Las chacras de este grupo fueron sembradas –como las del octavo y noveno grupos de rendimientos medios–, con: a) las variedades sembradas de mejor comportamiento: las cuatro más sembradas fueron Baguette 11, Baguette 18, Biointa 1002 y Don Alberto; b) sobre un diverso conjunto de trece unidades de suelo: Bequeló, Cañada Nieto, Chapicuy, Fray Bentos, Isla Mala, Itapebí-Tres Arboles, Libertad, Manuel Oribe, Montecoral, Risso, San Gabriel-Guaycurú, San Jorge y Trinidad; c) cuyas fechas de siembra fueron anteriores al 19 de junio; d) sobre siete antecesores inmediatos: todos los cultivos de verano de primera, pero también maíz de segunda, campo natural y praderas sembradas, y barbechos químicos.

El décimo cuarto grupo (ISSSIS) con 36 chacras –menos de una entre cada veinte chacras de toda la población- alcanzó un rendimiento medio de 4.050,4 kg ha⁻¹ (CV=14,7%). Este grupo final de rendimiento es hermano del duodécimo grupo, lo cual simplifica enormemente la descripción de su camino de construcción del rendimiento, sin embargo su rendimiento medio como se observa alcanzó una productividad ½ tm por encima de su hermano. La única explicación aparente de la diferencia estaría entonces en los valores de una sola variable: los antecesores inmediatos, que en el décimo cuarto grupo fueron maíz de primera y soja de primera. Dado que en el grupo anterior, de los dos antecesores señalados, largamente el más frecuente fueron las sojas de segunda –casi siete veces más en el cluster de altos rendimientos-, eventualmente parte de la explicación estaría en la duración del período de barbecho.

El análisis de los caminos de este supergrupo ilustra no solamente como se habría llegado a rendimientos de trigo como los señalados, sino también como se alcanzarían los mismos partiendo de las dos ramas de primer nivel e incluso –allí está el desafío- con enormes similitudes de caminos entre sí -una ya señalada en el párrafo anterior- y la otra entre grupos con una mayor brecha de rendimientos medios. Ya el primer grupo de este supergrupo se separa más de ¼ tonelada de la media poblacional (3.277,6 kg ha⁻¹) pero aún menos de ¼ tonelada de la media nacional (3.335,0 kg ha⁻¹) de rendimiento de trigo en la zafra agrícola 2009/2010 (URUGUAY. MGAP. DIEA, 2010c); por lo cual justamente los rendimientos medios de los grupos incluidos estuvieron entre ¼ y ¾ de productividad encima de la media nacional de rendimientos.

El décimo tercer grupo es hermano del noveno grupo –un grupo de rendimientos medios- y sobrino del octavo grupo –otro grupo de rendimientos medios-. Entonces, ¿cómo se explicarían las brechas medias de 650 kg ha⁻¹ a 900 kg ha⁻¹. La primera brecha se debería nuevamente a la diferencia entre los antecesores inmediatos, tal como se dijo en el décimo tercer grupo fueron cultivos de verano de primera, pero también maíz de segunda, campo natural y praderas sembradas, y barbechos químicos; mientras que en el noveno grupo fueron cultivos de verano de segunda –salvo maíz de segunda-, sorgo forrajero y praderas sembradas, eventualmente de mayor edad. Sin más datos sobre el manejo del sorgo forrajero, y con excepción del maíz de segunda, la duración del período de barbecho aparece como una posibilidad, la mayor degradación de las praderas sembradas podría ser la diferencia entre estas. La segunda brecha está basada además en una variable de manejo anterior, la fechas de siembras tempranas -anteriores al 19 de junio- habrían hecho la diferencia.

Los caminos de muy altos rendimientos

Este supergrupo incluiría hasta tres grupos finales de rendimiento que sumaron 97 chacras -la octava parte de la población analizada-. Los rendimientos medios de los grupos incluidos -todos por encima de las 4,0 tm ha^{-1} -, van desde 4.219,5 kg ha^{-1} hasta 4.575,6 kg ha^{-1} . El primer grupo del supergrupo -el décimo quinto identificado en el análisis- es un pequeño grupo de transición entre el supergrupo de altos rendimientos y el supergrupo de muy altos rendimientos; a pesar de su reducido tamaño tendría chacras con rendimientos inferiores a las 4,0 tm ha^{-1} así como superiores a las 4,5 tm ha^{-1} . Los grupos pertenecientes a este supergrupo se muestran en el diagrama siguiente con el superíndice ^{ma} donde se mantuvieron los grupos de los dos supergrupos anteriores para facilitar visualmente las comparaciones.

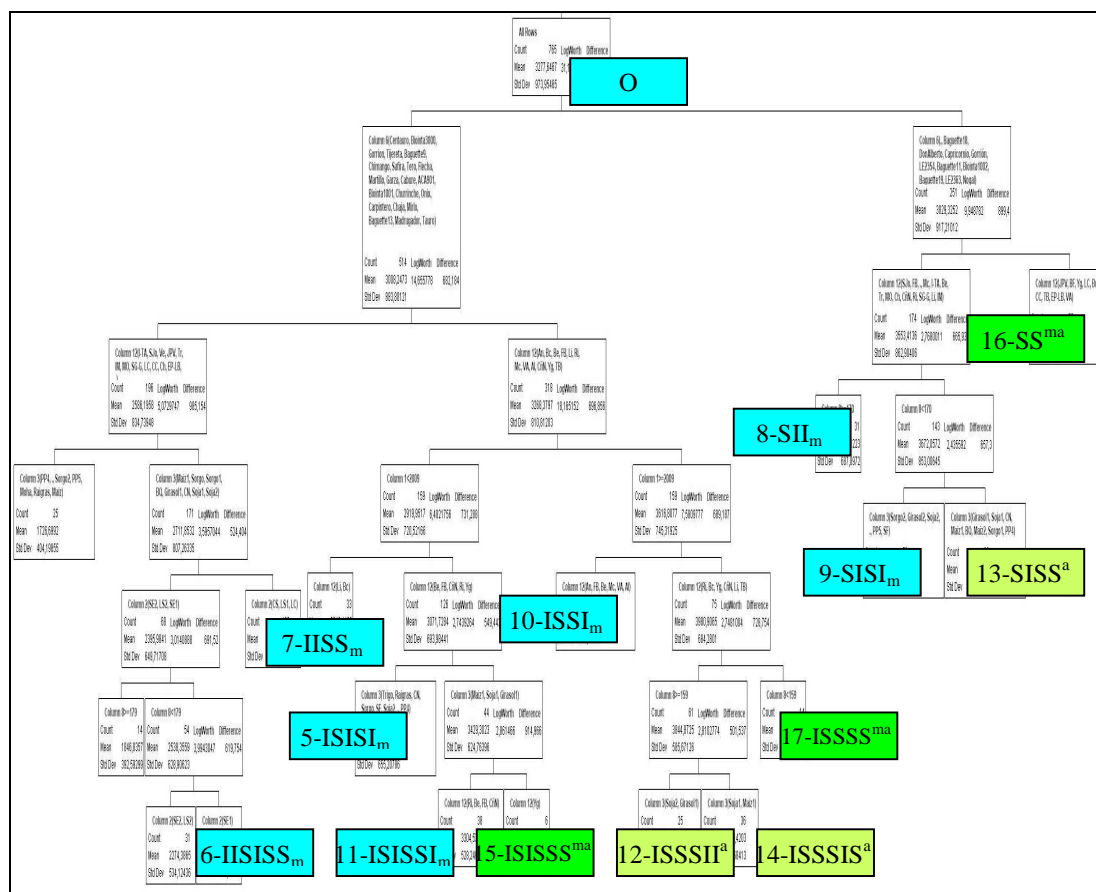


Figura 19 - Grupos de medios (m), altos (a) y muy altos (ma) rendimientos de trigo. 765 chacras CREA (2007/2008-2009/2010)

El décimo quinto grupo (ISISSS) con solo 6 chacras –el más pequeño de los diecisiete con menos de 1/125 chacras-, tal como se señaló alcanzó un rendimiento medio de 4.219,5 kg ha⁻¹ (CV=15,4%). Si bien muestra un largo camino aparente, una misma variable aparece tres veces en distintos niveles, por lo cual el rendimiento medio estaría parcialmente determinado por cuatro variables. El primer paso estuvo dado por a) las variedades sembradas de peor comportamiento, -una rama inferior-, luego b) un conjunto de unidades de suelo sobre la cual se volverá dado que es la variable repetida; el tercer paso -una rama inferior- c) las ya citadas zafras agrícolas 2007/2008-2008/2009, de peor comportamiento relativo, el cuarto paso, d) un subconjunto de las unidades de suelo señaladas, el quinto paso -una rama superior-. e) los antecesores inmediatos de mejor comportamiento en esas condiciones: distintos cultivos de verano de primera salvo sorgo; y el sexto paso –una rama superior-, f) la aptitud agrícola general dada por una sola unidad de suelo: Young, sobre la cual se situaron las seis chacras.

El décimo sexto grupo (SS) con 77 chacras -una de cada diez en toda la población- obtuvo un rendimiento medio de 4.452,8 kg ha⁻¹ (CV=15,9%). Constituye uno de los cuatro grupos que se generaron en la rama superior de primer nivel, aunque el único en este supergrupo de muy altos rendimientos. También constituye el único grupo parcialmente determinado por tan solo dos variables. El rendimiento de las chacras estuvo entonces condicionado por: a) las variedades sembradas de mejor comportamiento, como se indicó las cuatro más sembradas –nueve de cada diez chacras- fueron Baguette 11, Baguette 18, Biointa 1002 y Don Alberto; y, b) un diverso conjunto de nueve unidades de suelo: Bellaco, Bañado de Farrapos, Cuchilla Corralito, Ecilda Paullier-Las Brujas, José Pedro Varela, La Carolina, Tres Bocas, Valle Aiguá y Young; sobre las cuales, variedades como las señaladas alcanzaron rendimientos destacados.

Así como ha sucedido en buena parte del análisis con la que llamamos aptitud agrícola general, la diversidad de unidades de suelo incluidas en este grupo de muy altos rendimientos no deja de llamar la atención. Si bien por un lado y salvo la eventual inclusión de la unidad Bañado de Farrapos (vale decir que entre los suelos asociados incluye Brunosoles Eútricos Lúvicos, URUGUAY. MAP. DSA, 1979), una unidad del orden de tierras de reserva de biodiversidad -de hecho en la actualidad parte de la misma es el Parque Nacional Estero de Farrapos e Islas del Río Uruguay-, todas fueron clasificadas originalmente como aptas o muy aptas para cultivos de verano, lo llamativo es la diversidad de su aptitud agrícola general. En el grupo hay unidades de tierras agrícolas, agrícola-pastoriles y pastoril-agrícolas, y sobretodo desde la clase de muy alta aptitud hasta la de baja aptitud agrícola. Vale decir que las unidades no son áreas homogéneas en la composición de sus suelos, y que aún las unidades de peor aptitud incluyen suelos de alto potencial agrícola.

El décimo séptimo grupo (ISSSS) con 14 chacras -también uno de los tres más pequeños- llegó a un rendimiento medio de $4.573,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=17,2\%$) -muy similar al del grupo anterior-, salvo que este grupo se generó en la rama inferior de primer nivel. Así su camino de construcción del rendimiento estuvo dado por -la única rama inferior-: a) las variedades sembradas de peor comportamiento: las diez más sembradas (con más de diez chacras) fueron: ACA 901, Baguette 13, Carpintero, Chajá, Churrinche, Garza, Madrugador, Martillo, Mirlo y Tauro; b) la aptitud agrícola general, una variable ambiental que aparece dos veces; c) la zafra agrícola 2009/2010 -la mejor entre las tres analizadas-; d) un conjunto de cinco unidades de suelo a saber: Bellaco, Cañada Nieto, Libertad, Risso, Tres Bocas y Young, y e) las fechas de siembra anteriores al 8 de junio.

Este supergrupo lleva a algunos enunciados enseñables relevantes. Primero, -en la jerga utilizada- fue posible llegar a rendimientos muy altos tanto a partir de las variedades de mejor comportamiento como de las variedades de peor comportamiento - más de $1,0 \text{ tm ha}^{-1}$ por encima del rendimiento medio nacional no ponderado ($3.010,0 \text{ kg ha}^{-1}$) del período-. Segundo, si bien ello fue así, en este supergrupo solo la quinta parte de las chacras proceden de la rama inferior de primer nivel, cuando esa rama contuvo dos tercios de las chacras de la población. Tercero, la cantidad de variables que habrían condicionado el rendimiento fue el doble en las chacras que provienen de la rama inferior de primer nivel que en aquellas que parten de la rama superior de primer nivel. Cuarto, las chacras que incluyeron las variedades de peor comportamiento estuvieron ubicadas a lo largo del litoral oeste (Litoral Centro y Litoral Sur 1), mientras que las chacras con variedades de mejor comportamiento se ubicaron en localidades dispersas en el territorio, incluyendo las subregiones del Sudeste.

Las explicaciones visibles de las brechas de rendimiento

Aún cuando la lectura detenida de cada grupo a lo largo de los supergrupos definidos, permitiría visualizar las similitudes y diferencias en los valores de las variables asociadas a los mismos o distintos niveles de rendimiento; parece relevante volver a la pregunta original -la pregunta de partida para cada cultivo-, e intentar resumir cuales fueron las variables que explicaron una parte de la brecha de productividad de cerca de $3,0 \text{ tm ha}^{-1}$ entre los grupos y/o entre los supergrupos extremos. En definitiva un ejercicio similar al que se hizo al final de cada supergrupo, pero tomando tan solo el supergrupo de muy bajos rendimientos por un lado y el supergrupo de muy altos rendimientos por el otro, en particular los dos grupos superiores.

Considerando los contrastes posibles puede visualizarse desde dos perspectivas. En la primera viendo el contraste entre el primer grupo (muy bajos rendimientos) con el décimo sexto grupo (muy altos rendimientos). En el primer grupo las variedades sembradas de peor comportamiento promediaron más de 3.000 kg ha^{-1} de rendimiento en

grano, pero sembradas en un conjunto de unidades de suelo que resultaron menos favorables perdieron cerca de $\frac{1}{2}$ tonelada hasta 2.590 kg ha^{-1} , y luego los antecesores inmediatos que resultaron más limitantes restaron más de $\frac{3}{4}$ de tonelada hasta 1.727 kg ha^{-1} . En el décimo sexto grupo las variedades sembradas de mejor comportamiento fijaron una plataforma de 3.839 kg ha^{-1} , algunas o todas esas variedades, sembradas sobre nueve unidades de suelo alcanzaron las $4.452,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de rendimiento medio.

La duda pendiente es, ¿hubieron unidades de suelo comunes entre ambos grupos?; la respuesta en dos pasos es, entre los dos conjuntos sumaron diecisiete unidades, de las cuales cuatro fueron comunes (Cuchilla Corralito, Ecilda Paullier-Las Brujas, José Pedro Varela y La Carolina); pero no se puede afirmar que estuvieran bajo las chacras del primer grupo, en la medida que estas representaron la octava parte de las chacras que se identificaron con doce unidades de suelos distintas, incluidas las cuatro antes señaladas. En ese contexto la explicación visible de la brecha estuvo en las diferencias varietales ya señaladas sumadas a los antecesores inmediatos (cultivos de verano de primera, soja de segunda, campo natural y barbecho químico) de las chacras del primer grupo de muy bajos rendimientos. Eventualmente, pudo existir un componente adicional dado por la variación en la aptitud agrícola general de las unidades de suelo o aún en la variación interna de los suelos de cada una de las mismas.

La segunda perspectiva consiste en comparar el segundo grupo (muy bajos rendimientos) con el décimo séptimo grupo (muy altos rendimientos). En el segundo grupo las variedades sembradas de peor comportamiento –ídem primer grupo- fueron sembradas en unidades de suelo del mismo conjunto del primer grupo –aunque no necesariamente las mismas-, este grupo tiene apenas una de cada catorce chacras-, pero sobre los antecesores inmediatos favorables, la plataforma en ese tercer nivel llegó a $2.711,8 \text{ kg ha}^{-1}$. Los ambientes agroclimáticos Sudeste 1, Sudeste 2 y Litoral Sur 2 llevaron el rendimiento medio a $2.396,0 \text{ kg ha}^{-1}$ y las siembras tardías –desde el 28 de junio en adelante- lo dejaron en $1.846,8 \text{ kg ha}^{-1}$. El décimo séptimo grupo parte de las mismas variedades, pero esas chacras fueron todas sembradas en la zafra agrícola 2009/2010 antes del 8 de junio sobre un conjunto de seis unidades, en este caso son conocidas.

La duda pendiente es similar a la de la primera perspectiva, ¿hubieron unidades de suelo comunes entre ambos grupos?; la respuesta es: no hubieron unidades de suelo en común. En este contexto la brecha de 3.000 kg ha^{-1} no habría estado en las variedades sembradas en si mismas –aunque pudo estar en la interacción-; los altos rendimientos medios del décimo séptimo grupo –sobretudo en el contraste- habrían sido explicados por las tempranas fechas de siembra en la zafra agrícola más favorable y salvo una excepción, sobre unidades de suelo de alta y sobretudo muy alta capacidad agrícola, todas en el litoral agrícola tradicional; mientras en el primer grupo no hay chacras ni en esas unidades de suelo ni en los mismos ambientes agroclimáticos.

La composición interna de variables a través de los grupos de rendimiento

En el conjunto de las doce (a quince) variables con 61,1% a 100,0% de los datos para las 765 chacras incluidas en la base de datos de trigo y disponibles para el análisis, el procedimiento utilizó seis de las mismas, tres variables de manejo: el antecesor inmediato, la fecha de siembra y la variedad cultivada; y tres variables ambientales: el efecto año dado por las zafra agrícolas, el ambiente agroclimático dado por la ubicación subregional de las chacras y la aptitud agrícola general dada por las unidades de suelo. La pregunta en este es caso es: ¿cuál fue la composición de variables a lo largo de los grupos finales de rendimiento?.

En primer lugar y como lo estableció la estructura del árbol, todos los grupos finales de rendimiento estuvieron condicionados por la variedad sembrada, pero además el análisis de las variables que afectaron los rendimientos, muestra que la aptitud agrícola general también aparece vinculada a la construcción del rendimiento en todos los grupos. En síntesis si consideramos la frecuencia relativa para las diferentes variables el orden fue: 1) variedad sembrada (17/17, 100,0%), 2) aptitud agrícola general (17/17, 100,0%), 3) antecesor inmediato (12/17, 70,6%), 4) fecha de siembra (9/17, 52,9%), 5) zafra agrícola (8/17, 47,1%), 6) ambiente agroclimático (4/17, 23,5%).

En segundo lugar, y como consecuencia lógica de lo anterior, todos los grupos finales de rendimiento incluyen en la estructura de las variables que explicaron parcialmente su rendimiento medio, tanto variables de manejo como variables ambientales. Y además más allá de las frecuencias señaladas, el antecesor inmediato y la fecha de siembra aparecen explicando parcialmente los rendimientos en grupos de todos los supergrupos identificados. La zafra agrícola aparece en grupos de todos los supergrupos excepto el de muy bajos rendimientos; mientras que el ambiente agroclimático solo aparece vinculado a grupos de los tres primeros supergrupos, y no juega en los surpegupos de altos y muy altos rendimientos.

Tabla 7 - Variables determinantes parciales de los rendimientos según grupo final.
Trigo (2007/2008-2009/2010)

GFR*	Camino	Zafra agrícola	Ambiente agroclimático	Unidad de suelo	Antecesor inmediato	Variedad sembrada	Fecha de siembra
1	III			1	1	1	
2	IISII		1	1	1	1	1
3	IISISI		1	1	1	1	1
4	ISII	1		1		1	
5	ISISI	1		1	1	1	
6	IISISS		1	1	1	1	1
7	IISS		1	1	1	1	
8	SII			1		1	1
9	SISI			1	1	1	1
10	ISSI	1		1		1	
11	ISSISI	1		1	1	1	
12	ISSSII	1		1	1	1	1
13	SISS			1	1	1	1
14	ISSSIS	1		1	1	1	1
15	ISSSS	1		1	1	1	
16	SS			1		1	
17	ISSSS	1		1		1	1
Frecuencias		8	4	17	12	17	9
Subtotales			29			38	

Referencias: * GFR = grupo final de rendimiento.

4.3. CULTIVOS DE VERANO

Tal como se ha adelantado, los tres cultivos de verano incluidos en el estudio fueron maíz y sorgo como granos forrajeros y soja entre las oleaginosas; el cultivo de girasol fue descartado en el inicio debido a la escasa cantidad de chacras en su base de datos multizafras. En los cultivos de verano y a diferencia de los cultivos de invierno, la información abarca cuatro zafras, las incluidas en el período 2006/2007-2009/2010; en vez de las tres disponibles en cultivos de invierno, del período 2007/2008-2009/2010. La cantidad de chacras incluidas en los análisis –con datos de productividad- en las bases de datos multizafras fueron 161 en maíz, 167 en sorgo y 1.366 en soja. Si se considerara el conjunto de los cultivos de verano, las proporciones serían entonces 9,5% de maíz, 9,9% de sorgo y 80,6% de soja.

Aún cuando se dispuso de información de las cuatro zafras citadas, la cantidad de chacras no solo fue diferente entre cultivos sino entre zafras. En el cultivo de maíz la cantidad de chacras pasó de 4 chacras (2006/2007) a 122 chacras (2009/2010), multiplicándose por 30,5; por lo cual la última zafra contiene tres cuartas partes (75,8%) de las chacras. En el cultivo de sorgo la cantidad de chacras pasó de 37 (2006/2007) a 49 (2009/2010), y solo se multiplicó por 1,3; en este caso la última zafra contiene menos de un tercio (29,3%) de las chacras. Finalmente en soja la cantidad de chacras pasó de 148 (2006/2007) a 847 (2009/2010) por lo cual se multiplicó por 5,7; en este caso la zafra 2009/2010 contribuyó con cerca de dos tercios (62,0%) de las chacras.

En último lugar tal como se recuerda, en todos los cultivos de verano las bases de datos multizafras analizadas incluyeron las siembras de primera y las siembras de segunda. La estructura de las bases de datos para esta variable también fue distinta entre cultivos. En maíz las 130 chacras de maíz de primera representan el 80,7% del conjunto de todas las chacras, mientras que en sorgo las 99 chacras de sorgo de primera constituyen el 59,8% de la población de chacras. Finalmente en soja, las 590 chacras de soja de primera son el 43,2% de las chacras analizadas. Como se observa la proporción de chacras de primera va cayendo en el orden señalado, la misma es relevante en la lectura de los rendimientos medios por cultivo –más allá de la modalidad-. En el conjunto de los cultivos de verano y para todas las zafras, las siembras de primera constituyen casi la mitad (48,3%) de las chacras estudiadas.

4.3.1. Maíz

Los objetivos del capítulo son presentar el conjunto de análisis realizados sobre la base de datos multizafras de maíz, e intentar explicar el comportamiento productivo del cultivo de acuerdo a la información elaborada. En la sección relativa a la selección de

variables, se presentaron las limitaciones de información, y las posibles variables explicativas. Se debe recordar que la base de datos multizafría (2006/2007-2009/2010) de maíz contiene 185 registros, de los cuales 161 tienen datos de productividad, la cual es la variable dependiente, y cuyo comportamiento se intenta explicar a través del conjunto de variables ambientales y de manejo disponibles.

Las productividades utilizadas fueron recalculadas tomando la información disponible en las bases de datos originales; los datos originales incluían una o más entre las siguientes variables: a) los rendimientos de chacra (con diversos niveles de humedad), b) la humedad del grano recibido y c) los rendimientos de grano seco, ajustados a un nivel de humedad de 14% en grano. El gráfico siguiente muestra la distribución de rendimientos de maíz en las cuatro zafras disponibles y en todos los ambientes. El procedimiento seguido consistió en armar clases construidas a partir de la media aritmética menos n desvíos y más n desvíos, donde n es un número entero que va de $n=1$ hasta $n=5$ según cual sea el cultivo y la zafra analizada, el n para maíz fue $\leq \pm 3$.

Los gráficos elaborados a partir de las frecuencias relativas simples son gráficos de dispersión que fueron “suavizados” siguiendo la rutina disponible en la planilla electrónica utilizada. En este caso en particular las tres primeras zafras sumaban muy pocas chacras, por lo cual las curvas de las zafras agrícolas 2006/2007 a 2008/2009 no son representativas -especialmente la que corresponde a la zafra 2006/2007-, pero se muestran para reflejar gráficamente los rendimientos extremos en las mismas -a lo largo del eje de abscisas-, pero no la distribución de los datos. Las curvas de la zafra 2009/2010 con 122 chacras, y la de las cuatro zafras con 161 chacras muestran distribuciones más normales.

Tal como se observa en las curvas, dado el peso de la zafra agrícola 2009/2010 en la cantidad de chacras de maíz, la curva de esa zafra aparece levemente corrida hacia la derecha de la curva de las cuatro zafras. En cualquier caso ambas curvas se centran en torno a rendimientos medios/medianos del orden de las $6,0 \text{ tm ha}^{-1}$ a $6,5 \text{ tm ha}^{-1}$, con la curva de la zafra 2009/2010 corrida $0,5 \text{ tm ha}^{-1}$ hacia la derecha. Considerando los objetivos del presente estudio en particular interesa la enorme brecha de rendimientos observada -que en términos absolutos llega a las $11,0 \text{ tm ha}^{-1}$ -, y entonces las respuestas a la pregunta general: ¿cuáles entre las variables ambientales y de manejo disponibles pueden contribuir a explicar -parcialmente- las diferencias de rendimiento observadas a nivel de chacras?.

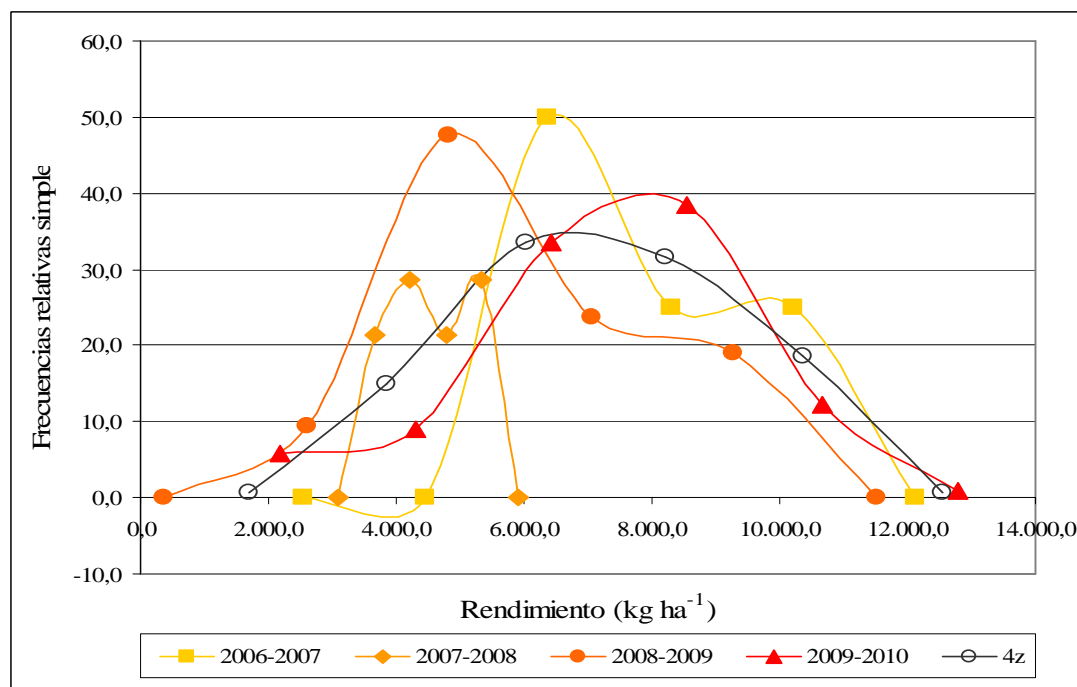


Gráfico 36 - Distribución de rendimientos (kg ha⁻¹) de chacras CREA de maíz por zafra (2006/2007-2009/2010)

En el siguiente cuadro se presenta la descripción estadística de los rendimientos de las chacras de maíz de primera, si bien los mismos constituyen las cuatro quintas partes (80,7%) de las chacras de maíz analizadas, la distribución interzafra es muy desigual a lo largo del período de análisis, de tal forma que las tres cuartas partes del total corresponden a la última zafra estudiada (2009/2010). Sin considerar las muy poco representativas chacras de la zafra 2006/2007, los rendimientos medios y sobre todo los rendimientos medianos de las zafra 2007/2008 y 2008/2009 fueron muy similares y claramente inferiores a los de la zafra 2009/2010. En la comparación con la zafra 2008/2009 la media de la última zafra fue más de 2,5 tm ha⁻¹ superior en términos absolutos y más de una vez y media superior (+56,5%) en términos relativos; una situación similar ocurrió con los rendimientos medianos.

Si bien las zafras 2007/2008 y 2008/2009 fueron muy similares en términos de las tendencias centrales de sus rendimientos, la dispersión de los datos fue diametralmente distinta. En la zafra 2007/2008 los rendimientos extremos se separaron 1.720 kg ha⁻¹ para un bajo coeficiente de variación; por el contrario con una cantidad de chacras similar los rendimientos extremos de la zafra 2008/2009 se separaron 7.741 kg ha⁻¹ y el coeficiente de variación observado fue alto. En esta zafra el rendimiento mínimo fue muy bajo y el rendimiento máximo muy alto. En la zafra 2009/2010 con seis

a siete veces más chacras que cada una de las dos anteriores, la diferencia entre los rendimientos extremos fue enorme (9.246 kg ha^{-1}) y el rendimiento mínimo que si bien fue bajo para la media de la propia zafra, fue tres veces superior al rendimiento mínimo de la zafra 2008/2009. A pesar de la señalada diferencia entre los rendimientos extremos, la variación de rendimientos fue media.

Cuadro 53 - Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto.
Maíz de primera (2006/2007-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra Agrícola				Conjunto Maíz1
	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	
Chacras	3	13	15	99	130
Producción (kg)	20.550.0	54.404.6	67.377.7	695.881.1	838.213.3
Mínimo*	4.950.0	3.280.0	900.0	2.678.7	900.0
Máximo*	9.000.0	5.000.0	8.642.0	11.925.2	11.925.2
Rango*	4.050.0	1.720.0	7.742.0	9.246.5	11.025.2
Media*	6.850.0	4.185.0	4.491.8	7.029.1	6.447.8
Mediana*	6.600.0	4.009.0	3.969.0	7.116.3	6.578.0
Desvío*	2.036.5	572.8	2.374.1	1.734.7	43.0
CV%	29.7	13.7	52.9	24.7	0.7

Referencias: * kg ha^{-1}

En el cuadro debajo se presenta la descripción estadística de los rendimientos de las chacras de maíz de segunda. Como ya fue anotado, los maíces de segunda constituyeron tan solo una quinta parte (19,3%) de las chacras de maíz analizadas, pero del mismo modo que ocurriera con los maíces de primera, la distribución interzafra es muy desigual a lo largo del período de análisis. Las tres cuartas partes del total corresponden nuevamente a la última zafra estudiada (2009/2010). Sin considerar las muy poco representativas chacras de las zafras 2006/2007-2007/2008, y utilizando tentativamente los datos de la dos zafras restantes, los rendimientos medios y los rendimientos medianos fueron muy similares dentro de cada zafra, y en este caso la zafra 2008/2009 alcanzó rendimientos superiores a los de la zafra 2009/2010. Esa diferencia que fue del orden de los 1.800 kg ha^{-1} también se observó de manera similar en los rendimientos mínimos y en los rendimientos máximos, en ambas zafras las diferencias de rendimiento entre los extremos fueron enormes.

Justamente cuando se comparan los maíces de primera con los maíces de segunda en cada zafra, se observa que los rendimientos medios de los maíces de segunda de la zafra 2008/2009 superaron en mas de una tonelada (1.162 kg ha^{-1}) a los maíces de primera, la diferencia relativa de rendimientos también fue importante (+25,9%). Cuando se visualiza el comportamiento agroclimático de esa zafra, se observa que los

niveles de radiación declinaron desde la segunda década de febrero, pero las temperaturas medias se mantuvieron encima de 20°C hasta la tercera década de marzo; pero fueron los niveles de precipitación la diferencia más nítida entre el ambiente que enfrentaron los maíces de primera y el que enfrentaron los maíces de segunda. En el período agosto-enero llovieron 236 mm, de los cuales una tercera parte, 77 mm ocurrieron en diciembre mientras que enero fue un mes muy seco; y luego entre febrero y marzo llovieron 311 mm, las lluvias disminuyeron en abril.

Cuadro 54 - Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto.
Maíz de segunda (2006/2007-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra Agrícola				Conjunto Maiz2
	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	
Chacras	1	1	6	23	31
Producción (kg)	4.950.0	4.600.0	33.925.6	88.858.6	132.334.2
Mínimo*	4.950.0	4.600.0	3.975.7	1.742.4	1.742.4
Máximo*	4.950.0	4.600.0	8.642.0	6.600.0	8.642.0
Rango*	0.0	0.0	4.666.3	4.857.6	6.899.6
Media*	4.950.0	4.600.0	5.654.3	3.863.4	4.268.8
Mediana*	4.950.0	4.600.0	5.378.1	3.728.4	4.500.0
Desvío*	-	-	1.694.0	1.676.6	1.751.8
CV%	-	-	30.0	43.4	41.0

Referencias: * kg ha⁻¹

En la zafra 2009/2010 los maíces de segunda que alcanzaron rendimientos medios y medianos cercanos a los 4.000 kg ha⁻¹ quedaron más de 3.000 kg ha⁻¹ por debajo de los rendimientos equivalentes de los maíces de primera de esa zafra. Los rendimientos mínimos y los rendimientos máximos de los maíces de segunda fueron sustantivamente más bajos que los de los maíces de primera –especialmente los segundos-. La diferencia entre los rendimientos mínimos fue de casi una tonelada por hectárea (936,5 kg ha⁻¹) mientras que entre los rendimientos máximos fue superior a cinco toneladas por hectárea (5.325,2 kg ha⁻¹), las diferencias relativas que no fueron tan enormes igual marcan las tendencias. Como ya se señaló y el menos en las coordenadas de La Estanzuela (ver condiciones agroclimáticas), la zafra 2009/2010 con sus 948,8 mm en la temporada de crecimiento de cultivos de verano, fue una zafra “normalmente” lluviosa, y en la comparación con la zafra anterior, llovieron 642,4 mm en los seis meses del período octubre-enero, cerca de tres veces más agua.

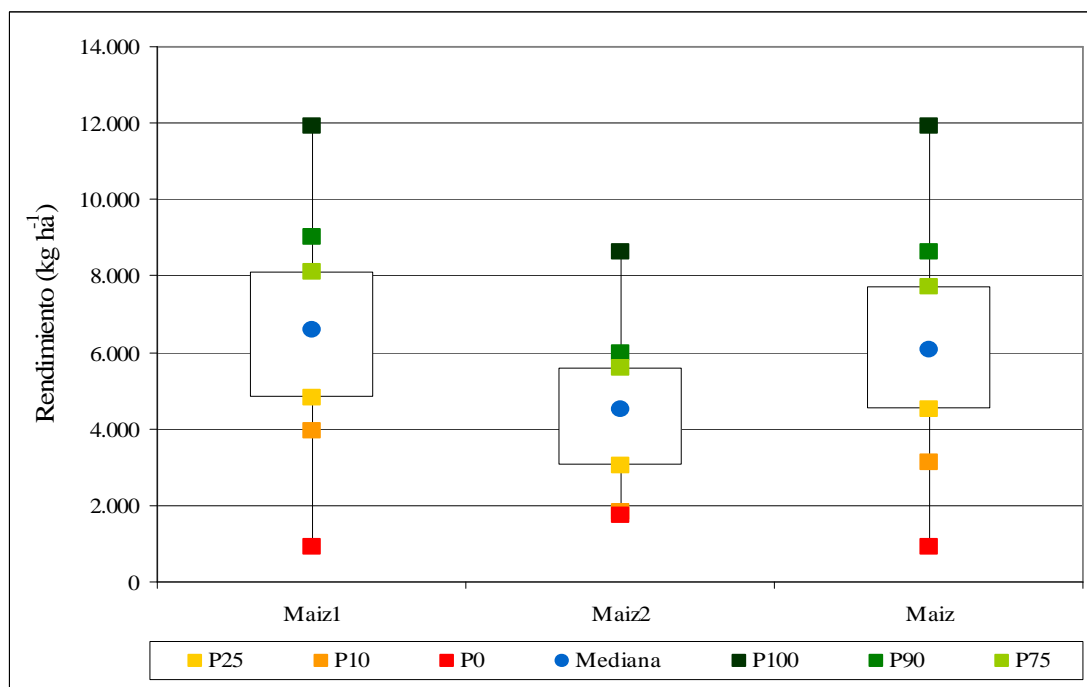


Gráfico 37 - Rendimientos de maíz de primera/segunda y globales según zafra agrícola (2006/2007-2009/2010)

Referencias: las pequeñas cajitas en los extremos inferior (P0) y superior (P100) para cada zafra, indican los rendimientos mínimos y máximos, la caja central incluye la mitad central de las chacras ordenadas por rendimiento.

El gráfico anterior presenta las distribuciones de rendimiento simplificadas, de los maíces de primera, de los maíces de segunda y del conjunto de la población de las 161 chacras de maíz analizadas incluyendo las cuatro zafras, o sea el período 2006/2007-2009/2010. Las dos observaciones principales están signadas por la composición de chacras entre zafras y entre modalidades ya señaladas en los párrafos anteriores, y son el resultado del comportamiento productivo de cada modalidad de maíz en cada una de las zafras. En primer lugar los rendimientos de maíz –sin distinción de modalidad de siembra-, reflejan con una buena aproximación el comportamiento de los maíces de primera, de hecho tanto los rendimientos máximos como los rendimientos mínimos provienen de la población de maíz de primera, y el rendimiento mediano que supera levemente las seis toneladas por hectárea, queda una media tonelada por debajo del rendimiento mediano de los maíces de primera.

En segundo lugar los maíces de segunda aún a pesar de su muy buen comportamiento en la zafra 2008/2009 con sus 5.654,3 kg ha⁻¹ de rendimiento medio y de un comportamiento muy aceptable en la zafra 2009/2010 merced a sus 3.863,4 kg ha⁻¹ de rendimiento medio, quedan nitidamente por debajo de la tendencia central de los maíces de primera. Así como el ya señalado comportamiento del maíz en su conjunto se debe a la alta proporción de maíces de primera en la población de chacras, las diferencias de rendimiento observadas entre los maíces de primera y los maíces de segunda, se deben el enorme peso relativo de la cantidad de chacras de maíz en la zafra 2009/2010 respecto a la zafra 2008/2009. Si las condiciones agroclimáticas de las zafras hubieran estado invertidas, aún a pesar de la baja proporción de maíces de segunda en la población, los resultados observados serían bien distintos. Igualmente, la población de maíces de segunda para este conjunto de chacras, alcanzó rendimientos medianos superiores a las cuatro toneladas por hectárea (4.500 kg ha⁻¹), las tres cuartas partes de las chacras superaron las tres toneladas por hectárea.

Si bien la brecha entre los rendimientos extremos en los maíces de primera –y en la población general donde los mismos se reflejan- fue enorme, si se dejan de lado los deciles extremos –el primer decil (P10) y el noveno decil (P90)-, la brecha que aún es importante –del orden de 5,5 tm ha⁻¹- se reduce a la mitad del rango dado por los rendimientos mínimos y máximos. En la población de chacras analizadas, fuertemente marcada por la zafra 2009/2010 -dada la muy alta proporción de chacras de la misma en la población general-, una décima parte de las chacras alcanzaron rendimientos superiores a 8.632,0 kg ha⁻¹ y en el extremos inferior una décima parte de las chacras tuvieron rendimientos inferiores a 3.135,8 kg ha⁻¹. Se debe recordar tal como se analizó al principio del capítulo y se describió en el comportamiento agroclimático de las zafras, que la zafra 2009/2010 mostró un nivel de lluvias normal en la estación de crecimiento de cultivos de verano, con lluvias mensuales iguales o superiores a 50 mm entre agosto de 2009 y abril de 2010.

4.3.1.1. El procedimiento de clusters

Al igual que en los tres cultivos anteriores, el primer análisis para identificar las variables explicativas del comportamiento productivo de maíz (medido por una sola variable cuantitativa, el rendimiento físico), fue el análisis de agrupamientos (clusters procedure) utilizando el mismo método de enlace promedio (average linkage). Aún cuando el análisis por modalidades y el análisis por zafra constituyó en este caso una primera aproximación a la explicación de los resultados productivos, utilizando justamente una variable ambiental tradicional –el efecto año- y una variable de manejo asociada a la estructura de los sistemas de producción así como a la elección de los agricultores. En la población de chacras de los cultivos de verano, los maíces de segunda fueron en términos relativos mucho menos frecuentes que las sojas de segunda.

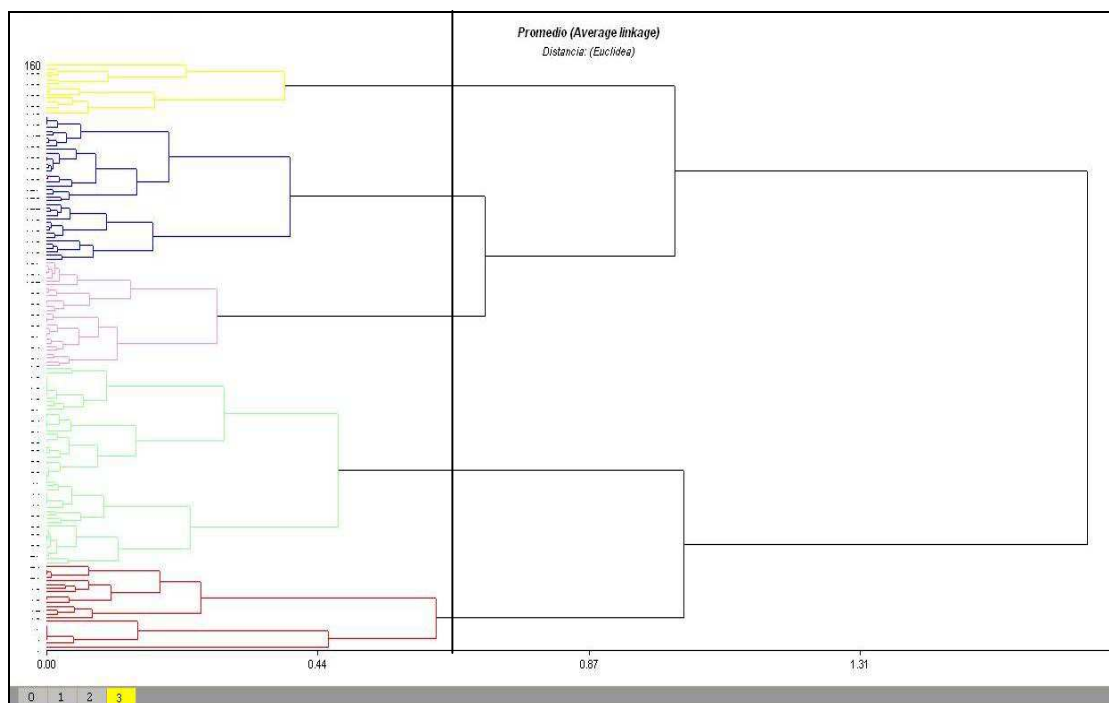


Figura 20 - Dendograma para 161 chacras de maíz de agricultores CREA (2006/2007-2009/2010)

El diagrama anterior presenta los clusters armados por el procedimiento señalado así como la distancia euclidea. Al igual que en los demás casos, si bien es imposible visualizar los registros (las chacras) en el eje que sería el eje de ordenadas (en este diagrama), allí se encuentran 161 chacras de maíces de primera o maíces de segunda. La línea vertical introducida en la figura señala de manera conceptual la elección realizada en la determinación de la cantidad de clusters. Aún considerando la enorme diferencia ya señalada en la cantidad de chacras entre los distintos cultivos, se mantuvo el número de agrupamientos para estudiar las posibles variables explicativas entre los que se ha denominado rendimientos muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos.

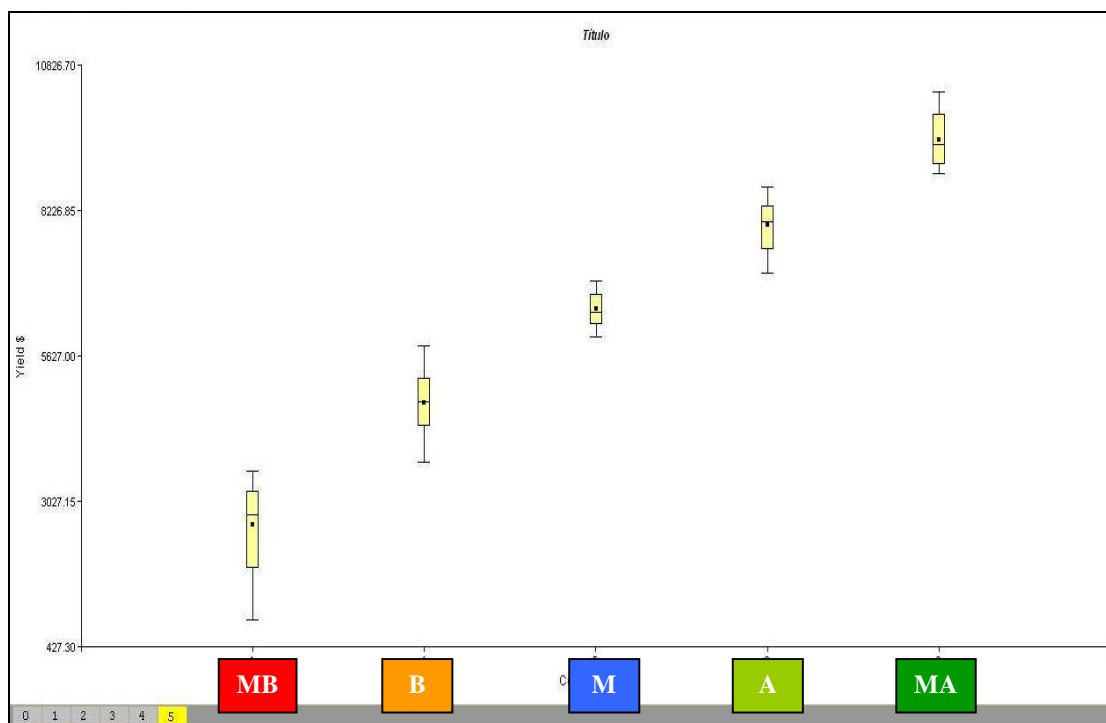


Gráfico 38 - Rendimientos (kg ha^{-1}) de las chacras de maíz por cluster (2006/2007-2009/2010)

Referencias: MB = muy bajo, B = bajo, M = medio, A = alto, y MA = muy alto.

Como puede observarse en el diagrama y tal como podía anticiparse desde el análisis general introductorio, la dispersión de rendimientos en las chacras de maíz fue enorme. El grupo central del gráfico -el grupo de rendimientos medios-, quedó constituido como un grupo de baja dispersión de rendimientos, la cual va aumentando en los clusters de rendimientos más altos y sobre todo en los de rendimientos más bajos. Se observa además que a pesar de la dispersión, sobretodo en el cluster de muy bajos rendimientos, no se observan chacras que quedaren fuera (outliers) de los clusters. Como consecuencia de la dispersión general de rendimientos en la población de chacras, y de la propia dispersión de los clusters armados, si bien el cluster de muy bajos rendimientos no muestra un rendimiento mediano (como medida de tendencia central) muy bajo, queda nítidamente separado del cluster de rendimientos medios y sobretodo de los de rendimientos altos y muy altos.

El cuadro siguiente presenta la descripción estadística básica de los clusters definidos en maíz. En primer lugar tal como por ejemplo sucedió en soja, los dos primeros agrupamientos -muy bajos y bajos rendimientos- incluyen casi la mitad de la

población de chacras de maíz, el cluster de bajos rendimientos por sí solo un tercio de la población completa. En el otro extremo los dos clusters de rendimientos superiores -altos y muy altos-, constituyen también un tercio de las chacras de maíz. En particular el cluster de muy altos rendimientos, contiene menos de una décima parte de las chacras. Y tal como se visualizaba en el diagrama de cajas, los dos clusters extremos -muy bajos y muy altos rendimientos-, son los que incluyen los recorridos más amplios en los rendimientos de sus chacras -entre 2,5 tm ha⁻¹ y 3.0 tm ha⁻¹-.

Cuadro 55 - Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Maíces (2006/07-2009/10)

Cluster	Chacras		Rendimientos (kg ha ⁻¹)				CV%
	(cantidad)	(%)	Mínimo	Máximo	Media	Desvío	
MB	23	14.3	900	3.571	2.613	724	27.7
B	54	33.5	3.728	5.805	4.794	585	12.2
M	29	18.0	5.957	6.962	6.474	332	5.1
A	40	24.8	7.116	8.642	7.974	473	5.9
MA	15	9.3	8.893	11.925	9.656	771	8.0
Total	161	100.0	900	11.925	6.028	2.172	36.0

Las tendencias centrales de los clusters definidos quedaron separadas por entre 1,5 tm ha⁻¹ y más de 2,0 tm ha⁻¹; debido a la ya señalada estructura de los grupos, y en particular los límites de cada uno de los mismos. La media general de la población de chacras de maíz, de casi exactamente 6,0 tm ha⁻¹ (6.025 kg ha⁻¹), queda ubicada prácticamente pegada al límite inferior del cluster de rendimientos medios. Si bien el nivel de variabilidad de la población de rendimientos es medio (medio-alto), la mayor parte de los clusters muestran muy baja variabilidad interna, salvo el cluster de muy bajos rendimientos que también muestra un nivel de dispersión importante -medida como el resto de los casos a través del coeficiente de variación de los rendimientos-. Tal como muestra claramente el diagrama de cajas y se visualiza en el cuadro, la brecha entre el mayor y el menor rendimiento, alcanzó las 11,0 tm ha⁻¹.

Las variables ambientales

Las cuatro variables ambientales incluidas en el presente estudio, han sido: a) el efecto año dado por las zafra agrícolas, b) el ambiente agroclimático dado por la ubicación subregional de las chacras, c) la aptitud agrícola general asociada a la unidad de suelo, y d) la aptitud agrícola específica que refleja en este caso la aptitud para el desarrollo de cultivos de verano. El efecto que tuvieron las zafra agrícolas en los rendimientos ya fue adelantado, sin embargo vale la pena visualizar que pasó en la lectura de los clusters. Para ello se presentan los dos cuadros siguientes, que incluyen como se repartieron las chacras de cada cluster además de las proporciones de chacras de cada zafra, y en función de estas, si hubieron desvíos positivos o negativos.

Cuadro 56 - Proporción (%) de chacras por zafra agrícola según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Zafra				Total
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
MB	0.0	13.0	30.4	56.5	100.0
A	0.0	0.0	10.0	90.0	100.0
MA	7.1	0.0	0.0	92.9	100.0
B	3.7	20.4	14.8	61.1	100.0
M	3.4	0.0	6.9	89.7	100.0
Total	2.5	8.8	13.1	75.6	100.0

Cuadro 57 - Desvíos de las proporciones por zafra agrícola según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Zafra				Total
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
MB		49.1	131.9	-25.3	0.0
A			-23.8	19.0	0.0
MA	185.7			22.8	0.0
B	48.1	132.8	12.9	-19.2	0.0
M	37.9		-47.5	18.6	0.0
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

Las tres primeras implicancias que presentan los resultados observados son: a) la zafra 2009/2010 que tal como se adelantó contuvo tres cuartas partes de las chacras de la población analizada, incluye chacras que quedaron en los cinco clusters de rendimientos; b) la distribución de las chacras de esa zafra no está repartida entre los clusters como la población general de chacras, de hecho como se observa las chacras de la zafra 2009/2010 están positivamente asociadas con los clusters de rendimientos medios, altos y muy altos, y negativamente asociada con los clusters de rendimientos bajos y muy bajos; c) esa división señalada es muy nítida, de hecho nueve de cada diez chacras de los clusters de rendimientos medios, altos y muy altos, se realizaron en la zafra 2009/2010; sin embargo la zafra 2009/2010 no ordena los clusters como están definidos.

La primera observación realizada es muy importante y deja la puerta abierta para buscar las explicaciones más allá de los sesgos, es decir porqué una zafra que tuvo un adecuado comportamiento climático –recuérdese que esa situación se deriva a partir de las coordenadas de La Estanzuela- durante toda la estación de crecimiento, generó también rendimientos bajos y muy bajos. En el otro extremo la zafra 2007/2008 en la cual estaban menos de la décima parte de las chacras, quedó totalmente asociada a los clusters de bajos y muy bajos rendimientos, mientras que la zafra 2008/2009 incluyó también chacras de rendimientos medios y altos –aún cuando los desvíos son negativos-. Si bien la zafra 2007/2008 fue levemente más lluviosa en la estación de crecimiento, en el período noviembre-febrero llovieron solamente 202,0 mm -luego de lluvias abundantes en la primavera temprana-. Practicamente todas las escasas chacras de esa zafra fueron maíces de primera.

Los cuadros siguientes refieren a la segunda variable ambiental, el ambiente agrocológico. Como se observa la mitad de las chacras de maíz de la población analizada estaban en el Litoral Sur, si se suma el Litoral Medio –o Litoral Centro-, allí se sembraron ocho de cada diez chacras de maíz. En el Centro Sur, una región de fuerte desarrollo de la agricultura de secano en la última década, se sembraron una sexta parte de las chacras de maíz. Ahora bien, ¿aportan los ambientes agroclimáticos así definidos a la explicación de las diferencias entre los rendimientos observados?. Sí y no, los sesgos de los ambientes Centro Sur, Litoral Sur 1 y Litoral Sur 2 son erráticos. Sin embargo, el ambiente Litoral Centro, ordena relativamente bien los rendimientos, mostrando sesgos negativos en los clusters de muy bajos y bajos rendimientos –en ese orden-, y sesgos positivos en los clusters de muy altos y altos rendimientos –en ese orden-.

Cuadro 58 - Proporción (%) de chacras por ambiente agroclimático según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Ambiente				Total
	CS	LC	LS1	LS2	
MB	8.7	4.3	73.9	13.0	100.0
A	15.0	40.0	45.0	0.0	100.0
MA	14.3	64.3	21.4	0.0	100.0
B	18.5	27.8	51.9	1.9	100.0
M	20.7	17.2	62.1	0.0	100.0
Total	16.3	28.8	52.5	2.5	100.0

Cuadro 59 - Desvíos de las proporciones por ambiente agroclimático según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Ambiente				Total
	CS	LC	LS1	LS2	
MB	-46.5	-84.9	40.8	421.7	100.0
A	-7.7	39.1	-14.3		100.0
MA	-12.1	123.6	-59.2		100.0
B	14.0	-3.4	-1.2	-25.9	100.0
M	27.3	-40.0	18.2		100.0
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

La tercera variable ambiental considerada fue la aptitud agrícola general. Considerando la más probable ubicación de cada chacra de maíz, se identificaron quince unidades de suelo en las cuales se ubicaron 140 chacras, y no fue posible identificar la localización de 20 chacras –o sea una de cada ocho chacras sembradas con maíz-. Largamente más de la mitad de las chacras se habrían sembrado sobre unidades de suelo de tierras agrícolas localizadas sobre el litoral oeste. En ese contexto, y salvo las unidades más frecuentes como Bequeló, Cañada Nieto, La Carolina y Young sobre las cuales hubieron diez o más chacras, en el resto de las unidades identificadas, la cantidad de chacras fue muy escasa debido a que la dispersión fue importante.

Sin considerar entonces las unidades con baja cantidad de chacras sobre las mismas, solo las unidades La Carolina y Young ordenan en cierta medida los clusters. La unidad La Carolina aparece más bien asociada a los clusters de muy bajos rendimientos, y en segundo lugar al cluster de bajos rendimientos, presenta una

asociación negativa con el cluster de rendimientos medios, como se observa no hubieron chacras asociadas a los clusters de altos y muy altos rendimientos sobre dicha unidad. La unidad Young aparece muy asociada al cluster de muy altos rendimientos -se ve claramente en el cuadro de desvíos de las proporciones, no presentado-, y levemente asociada al cluster de altos rendimientos. También debe señalarse que las dos unidades están mayormente localizadas en ambientes agroclimáticos separados.

Cuadro 60 - Proporción (%) de chacras por unidad de suelo según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Unidad de Suelo1															Total	
	s/d	Al	Bq	CC	Cñ		FB	LC	Li	Mc	M		SG				Yg
MB	4	0	9	13	4	0	22	9	0	4	0	9	9	4	13	0	100.0
A	10	5	15	3	23	0	0	3	5	0	10	3	0	3	0	23	100.0
MA	14	0	0	7	7	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	64	100.0
B	13	0	31	2	2	2	9	2	6	4	2	2	0	6	2	19	100.0
M	21	3	17	0	28	0	3	3	0	0	0	3	7	0	0	14	100.0
Total	13	2	19	4	13	1	7	3	3	2	3	3	3	3	3	20	100.0

Referencias: s/d = sin datos, Bq = Bequeló, CC = Cuchilla Corralito, CñN = Cañada Nieto, LC = La Carolina, SG-G = San Gabriel-Guaycurú, Yg = Young.

En el cuadro siguiente se presenta la proporción de chacras de cada cluster ubicadas según la aptitud agrícola de los suelos. En primer lugar se debe observar que siete de cada diez chacras se habrían sembrado sobre suelos de muy alta aptitud agrícola específica, ocho de cada diez si se agregan los suelos de alta aptitud. En el otro extremo y dado que como se decía se desconoce la localización de una de cada ocho chacras, muy pocas chacras se sembraron en suelos de aptitud marginal o directamente sobre suelos no agrícolas. En cualquier caso como se observa en el cuadro de proporciones, la aptitud de los suelos no parece constituir un buen ordenador de los clusters definidos, en particular el grupo más numeroso que son los suelos de muy alta aptitud, presenta desvíos ordenados pero de muy escasa magnitud, y en los demás casos no se visualiza ninguna tendencia consistente.

Cuadro 61 - Proporción (%) de chacras por aptitud agrícola según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Aptitud Agrícola					Total
	s/d	A	MA	Mg	ND	
MB	4.3	21.7	65.2	0.0	8.7	100.0
A	10.0	10.0	75.0	5.0	0.0	100.0
MA	14.3	7.1	71.4	0.0	7.1	100.0
B	13.0	11.1	70.4	5.6	0.0	100.0
M	20.7	3.4	69.0	0.0	6.9	100.0
Total	12.5	10.6	70.6	3.1	3.1	100.0

Referencias: s/d = sin datos, A = alta, MA = muy alta, Mg = marginal, ND = no determinada.

Las variables de manejo

Las variables de manejo evaluadas incluyeron: a) la actividad en maíz (modalidad de siembra), b) el antecesor inmediato, c) el antecesor no inmediato, d) la duración del barbecho, e) el manejo de suelos, f) la época de siembra, y g) la variedad sembrada. En ese conjunto de variables, la proporción de chacras sin datos –una medida inversa al nivel de riesgo en las eventuales conclusiones-, alcanzó a más de una cuarta (26,3%) parte de las chacras en el antecesor no inmediato y casi la mitad de las chacras en la duración del barbecho (47,2%). En las demás variables de manejo citadas la cantidad de chacras sin datos o con datos difusos no alcanzó como regla general a más de una cada veinte chacras de maíz.

Entre las variables con suficiente completitud en los datos, existen a su vez dos grupos según la cantidad de valores de cada variable. La modalidad de siembra, el manejo de suelos y la época de siembra –medida en meses- incluyen pocos valores para cada variable, mientras que se identificaron veinticinco antecesores inmediatos distintos, y como ya fue mostrado en la revisión bibliográfica, no menos de veintiseis cultivares de maíz positivamente identificados en la evaluación nacional de cultivares del período 2003-2008. En estos dos últimos casos la distribución no es homogénea, sino que se concentra sobre ciertos valores de cada variable, especialmente ese es el caso de los antecesores inmediatos, por lo cual se seleccionarán ciertos antecesores y ciertas variedades en el resumen para estas variables.

El cuadro siguiente que muestra la modalidad de siembra es muy sencillo y ya fue anticipado en el análisis introductorio. Sin embargo vale la pena visualizar las dos tendencias principales. Los maíces de primera que son largamente los más abundantes - cuatro de cada cinco chacras- aparecen en todos los clusters de rendimientos, aunque se asocian negativamente a los clusters de muy bajos y bajos rendimientos -en orden decreciente- y están positivamente asociados a los clusters de rendimientos medios, altos y muy altos –en orden creciente-. Los maíces de segunda que fueron claramente menos frecuentes, no aparecen en los clusters de muy altos rendimientos, y minimamente en el cluster de altos rendimientos, y se asociaron positivamente con los clusters de rendimientos medios, bajos y muy bajos –en orden creciente-.

Cuadro 62 - Proporción (%) de chacras por actividad según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Actividad		Total
	Maiz1	Maiz2	
MB	52.2	47.8	100.0
A	97.5	2.5	100.0
MA	100.0	0.0	100.0
B	70.4	29.6	100.0
M	89.7	10.3	100.0
Total	80.6	19.4	100.0

Tal como fue señalado en la revisión, la siembra directa como manejo de suelos, creció a lo largo de toda la década –medida a través de la proporción de superficie sembrada- y se volvió la tecnología dominante en todos los cultivos extensivos de secano incluyendo ambas modalidades de siembra en cultivos de verano. En el conjunto de la población de chacras de maíz analizada, tal como se observa solo una de cada veinte chacras fue sembrada con labranza mecánica de suelos, lo cual es más importante aún si se recuerda que el grueso de las chacras de maíz de la población fueron maíces de primera. En ese contexto en todos los clusters fue la tecnología dominante para el manejo de suelo en las chacras. El laboreo convencional mostró una cierta asociación con los clusters de rendimientos muy bajos y bajos pero la cantidad de chacras es exigua.

Cuadro 63 - Proporción (%) de chacras por manejo de suelos según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Manejo de Suelos				Total
	s/d	LC	ML	SD	
MB	0.0	8.7	0.0	91.3	100.0
A	0.0	2.5	0.0	97.5	100.0
MA	0.0	0.0	7.1	92.9	100.0
B	1.9	7.4	0.0	90.7	100.0
M	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
Total	0.6	4.4	0.6	94.4	100.0

Referencias: LC = laboreo convencional, ML = mínimo laboreo, SD = siembra directa.

La última variable de manejo sujeta a análisis individual es la época de siembra. La proporción de chacras sin datos fue baja, aunque resultó muy variable entre clusters tal como se observa. La temporada de siembras –expresada mensualmente- se extendió entre agosto y enero, pero quedó nitidamente cortada en dos partes dado que no hubieron siembras en noviembre. Si se miran las proporciones de chacras de ambas partes, muestran una alta coincidencia con las modalidades de siembra. Las conclusiones de las siembras tardías son entonces casi las mismas que las realizadas para los maíces de segunda, allí son muy escasas o nulas las chacras asociadas a los clusters de muy altos y altos rendimientos.

Y por el otro lado si bien las siembras tempranas –cuando se consideran grupalmente- aparecen más asociadas a los rendimientos medios, altos y muy altos, los meses de siembra en si mismos no ordenan consistentemente a los clusters. Sí es cierto que en setiembre-octubre se dan desvíos negativos en los clusters de rendimientos muy bajos y bajos y positivos para los demás, pero salvo ese corte general, las tendencias luego se pierden. La otra lectura es la opuesta y es importante, aparecen chacras asociadas a los clusters de muy bajos y sobretodo bajos rendimientos en el período de siembras agosto-octubre. De hecho la dispersión de rendimientos de los maíces de primera constituía un anticipo de este resultado, y el comportamiento agroclimático de las zafras estudiadas una de las explicaciones más prometentes.

Tal como fue señalado en la revisión bibliográfica (ver época de siembra), considerando los efectos combinados de la radiación, el fotoperíodo y las temperaturas y sin considerar directamente la variabilidad que puede tener el regimen hídrico en cortos períodos, tanto para nuestras latitudes como para las latitudes apenas más sureñas a las del litoral sur, las épocas de siembra recomendadas se centran en octubre o en setiembre-octubre. Si las épocas adecuadas que permiten aprovechar eficientemente los altos

niveles de radiación descriptos (ver condiciones agroclimáticas) así como las temperaturas medias óptimas citadas para el cultivo, ponen el período crítico en una situación de fuerte estrés hídrico, por deficientes niveles de agua en el suelo desde la primavera o por los efectos de un balance hídrico que se vuelve progresivamente dependiente de las lluvias, las ventajas señaladas pueden perderse.

Cuadro 64 - Proporción (%) de chacras por época de siembra según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Epoca de siembra*						Total	
	A	S	O	N	D	E		
MB	4.3	0.0	39.1	8.7	0.0	39.1	8.7	100.0
A	2.5	2.5	70.0	20.0	0.0	5.0	0.0	100.0
MA	0.0	28.6	50.0	21.4	0.0	0.0	0.0	100.0
B	11.1	5.6	33.3	14.8	0.0	24.1	11.1	100.0
M	6.9	3.4	51.7	31.0	0.0	3.4	3.4	100.0
Total	6.3	5.6	48.1	18.8	0.0	15.6	5.6	100.0

Referencias: * expresada por mes entre agosto y enero.

El cuadro siguiente presenta una síntesis parcial para tres variables de manejo, la época de siembra así como la modalidad de siembra ya analizadas, junto a algunos valores frecuentes de los antecesores inmediatos, que en su conjunto estuvieron antes de los maíces en cuatro de cada cinco chacras. Ya se había anticipado que las tendencias más claras visualizadas tanto en la época de siembra como en la modalidad de siembra – que estuvieron altamente correlacionadas-, están en las siembras de diciembre-enero y en los maíces de segunda donde prácticamente no existen chacras dentro de los clusters de rendimientos muy altos y altos. Si se miran los antecesores inmediatos, como cabría esperar, las chacras sobre cebada o trigo, en su conjunto se parecen bastante a las siembras tardías y los maíces de segunda, la avena (grano) en baja frecuencia aparece asociada al cluster de muy bajos rendimientos.

¿Qué sucedió con el resto de los antecesores?: a) El barbecho químico –que no queda claramente definido en su significado-, no solamente fue el antecesor de la mitad de las chacras sino aún cuando apareció en chacras de todos los clusters, ordena lógicamente los clusters, fue muy poco frecuente en las chacras del cluster de muy bajos rendimientos y aumentó progresivamente hasta alcanzar frecuencias muy altas en las chacras del cluster de muy altos rendimientos. Las praderas sembradas que fueron acumuladas –en sus diferentes edades aparentes- mostraron tendencias erráticas, pero sobretodo vale observar que su frecuencia como antecesoras de maíz fue muy baja. Los sorgos que fueron antecesores aún menos frecuentes –una de cada cuarenta chacras-,

aparecieron asociadas a los clusters de muy bajos y bajos rendimientos. Aunque los datos no se presentan, si se suman los cultivos de cobertura –muy escasos-, los verdeos de invierno y algunas pasturas permanentes no definidas como praderas, en conjunto estuvieron antes de algo más de una cada veinte chacras.

Cuadro 65 - Proporción (%) de chacras por valor-variable de manejo según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Variable de manejo						
	BQ	Cebada	Trigo	PSx	Sgx	D-E	Maiz2
MB	8.7	17.4	30.4	4.3	13.0	47.8	47.8
A	77.5	0.0	10.0	2.5	0.0	5.0	2.5
MA	92.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
B	33.3	7.4	20.4	3.7	1.9	35.2	29.6
M	65.5	6.9	13.8	6.9	0.0	6.9	10.3
Total	51.9	6.3	16.3	3.8	2.5	21.3	19.4

Referencias: BQ = barbecho químico, PSx = praderas sembradas de diversa edad, Sgx = sorgos de primera o segunda, D-E = siembras en diciembre-enero.

Finalmente se presenta una síntesis del comportamiento de los principales cultivares sembrados, los mismos fueron seleccionados por su peso en la cantidad de chacras sobre las cuales estaban. Como se observa esos seis cultivares estuvieron sobre más de la mitad de las chacras de la población analizada. Como subgrupo de cultivares, aparece fuertemente asociado al cluster de muy altos rendimientos y poco asociado al cluster de bajos rendimientos, pero el resto de las tendencias son claramente erráticas. Los dos cultivares con comportamiento más claro son DK700 MG que apareció asociado a los clusters de muy bajos y bajos rendimientos –en orden decreciente-, y fuera del resto de los clusters. Por su parte P2053Y se asoció positivamente al cluster de muy altos rendimientos, y no fue sembrado en chacras que quedaron dentro del cluster de muy bajos rendimientos.

El cultivar DK700 MG fue utilizado por lo menos durante cuatro años en los ensayos de la evaluación nacional de cultivares de maíz dentro del período 2004-2008, en algunos años no se distingue significativamente de la media del ensayo, mientras que en otros años quedó significativamente por encima de la misma; en todos los casos su rendimiento medio (localidades de evaluación por épocas de siembra) se situó por encima del rendimiento medio anual conjunto. Tanto P2053Y como P2069Y, son cultivares que aparecieron en los ensayos de la evaluación nacional del año 2008. Los ensayos de ese año estuvieron signados por una intensa sequía –reseñada en la evaluación de cultivares de maíz y descrita en el comportamiento agroclimático para

cultivos de verano-. En esos ensayos donde todos los materiales enfrentaron un ambiente adverso, P2053Y estuvo entre los de mejor comportamiento, pero no existe información de más amplia cobertura.

Cuadro 66 - Proporción (%) de chacras por cultivar sembrado según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Cultivar sembrado						subtotal
	AW190MG	DK699MG	DK700MG	NK900 TD.MAX	P2053Y	P2069Y	
MB	13.0	13.0	17.4	26.1	0.0	0.0	69.6
A	7.5	2.5	0.0	20.0	10.0	15.0	55.0
MA	0.0	7.1	0.0	21.4	57.1	7.1	92.9
B	1.9	3.7	7.4	22.2	3.7	3.7	42.6
M	0.0	0.0	0.0	27.6	13.8	13.8	55.2
Total	4.4	4.4	5.0	23.1	11.3	8.1	56.3

Los dos siguientes cuadros presentan una variable –el tamaño de chacra de maíz– que no fue incluida en el análisis general, de hecho no es una variable ambiental ni una variable de manejo en sentido estricto, sino que está relacionada con la estructura de los sistemas de producción. Se vuelve a recordar que no es la superficie de maíz por agricultor, ni menos la superficie de chacra por agricultor. Los rangos del cuadro fueron definidos a partir de la media general de las chacras, más y menos los desvíos que abarcaran al conjunto de las chacras. Salvo quizás la asociación de las chacras más pequeñas con los clusters de rendimientos bajos y muy bajos, y la de las chacras más grandes con el cluster de altos rendimientos, no aparecen otras tendencias definidas. De hecho las chacras de tamaño intermedio (60 ha-100 ha) se asocian positivamente con el cluster de muy altos rendimientos y negativamente con el de muy bajos rendimientos.

Cuadro 67 - Proporción (%) de chacras por superficie de maíz (ha) según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Superficie (ha)					Total
	0-20	20-60	60-100	100-140	>140	
MB	13.0	65.2	13.0	4.3	4.3	100.0
A	2.5	57.5	25.0	0.0	15.0	100.0
MA	7.1	42.9	42.9	7.1	0.0	100.0
B	14.8	46.3	22.2	11.1	5.6	100.0
M	0.0	55.2	34.5	10.3	0.0	100.0
Total	8.1	53.1	25.6	6.9	6.3	100.0

Cuadro 68 - Desvíos de las proporciones por superficie de maíz (ha) según cluster.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Superficie (ha)					Total
	0-20	20-60	60-100	100-140	>140	
MB	60.5	22.8	-49.1	-36.8	-30.4	0.0
A	-69.2	8.2	-2.4		140.0	0.0
MA	-12.1	-19.3	67.2	3.9		0.0
B	82.3	-12.9	-13.3	61.6	-11.1	0.0
M		3.9	34.6	50.5		0.0
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

4.3.1.2. El árbol de regresión

En los maíces el punto de partida del análisis estuvo dado por el conjunto de las 161 chacras con rendimientos en la base de datos multizafras. El rendimiento medio general fue 6.070 kg ha^{-1} , y su coeficiente de variación = 36,0%, (cebada: CV=25,8%, y trigo: CV= 29,7%; sojas CV=36,9%). En el primer nivel –las dos ramas principales-, generaron dos subgrupos separados por una diferencia de rendimiento medio de 2.683 kg ha^{-1} , las 69 chacras (42,9%) de la rama baja promediaron 4.495 kg ha^{-1} (CV=37,0%) y las 92 chacras (57,1%) de la rama alta promediaron 7.178 kg ha^{-1} (CV=24,6%).

La partición de las dos ramas principales en los maíces, no se parece a ninguno de los cultivos antes analizados, mientras en trigo la rama superior era más grande (2,0

veces), en cebada y en soja la rama inferior era mayor (4,8 veces en cebada y 2,3 veces en soja). En maíz las ramas de primer nivel resultaron bastante balanceadas, con una leve superioridad de la rama de rendimientos superiores; a su vez la separación de los rendimientos medios de cada una, de la media general de la población mantuvo un relativo equilibrio. La dispersión de los rendimientos en la población general tal como se anotó, resultó muy similar a la de soja e inferior a de los cultivos de invierno.

El diagrama completo del árbol generado en el análisis de la variación de rendimientos en los maíces se presenta a continuación. Siguiendo la tendencia señalada, es relativamente equilibrado en una primera lectura. Las dos ramas de primer nivel generan subramas de hasta cuarto nivel, la rama inferior de primer nivel genera seis grupos finales de rendimiento, mientras que la rama superior de primer nivel genera cuatro grupos finales de rendimiento. El modelo estadístico detrás del diagrama estaría explicando el 60,8% de la variación observada de rendimientos de maíz, un nivel más de un tercio superior al del modelo equivalente en cebada.

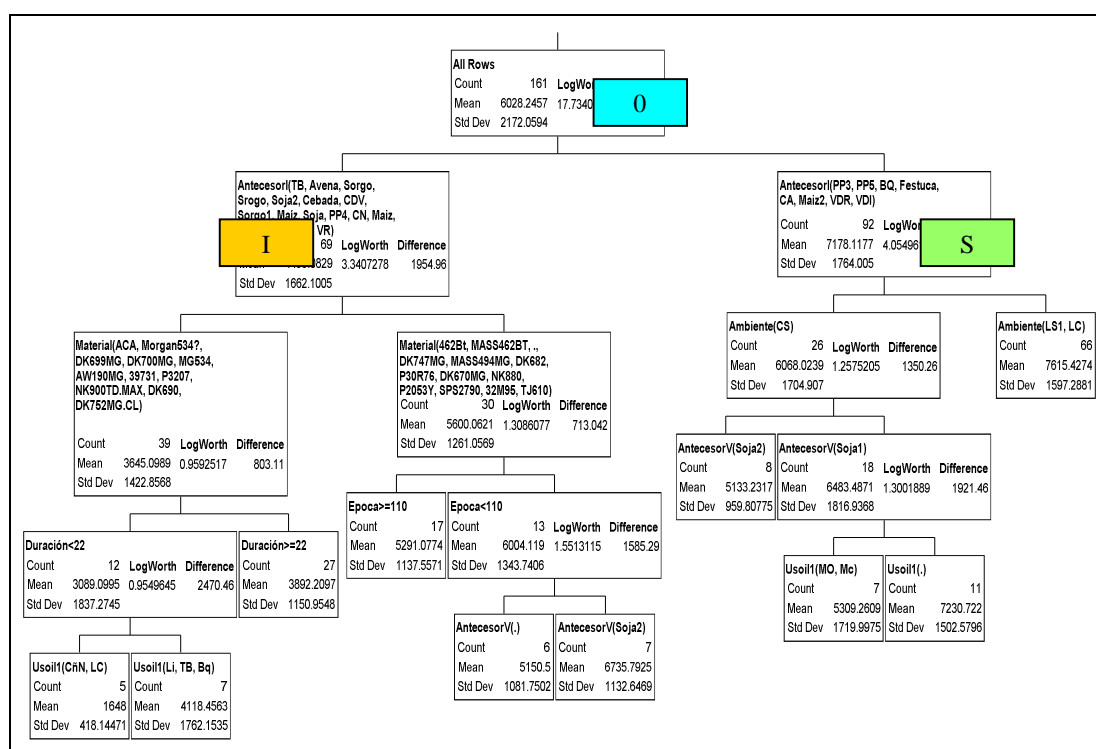


Figura 21 - Árbol de regresión para 161 chacras CREA de maíz (2006/2007-2009/2010)

La lectura abajo-arriba

El árbol de regresión permitió identificar diez (10) diferentes grupos finales de rendimiento partiendo de la población general de 161 chacras. Los diez grupos contienen entre 5 (2/60) y 66 (2/5) chacras, y van desde rendimientos medios de 1.648,0 kg ha⁻¹ (CV=25,4%) –por debajo del nivel del cluster de muy bajos rendimientos- hasta rendimientos medios de 7.615,4 kg ha⁻¹ (CV=21,0%) –por debajo del nivel medio del cluster de altos rendimientos-. Es decir que los caminos de construcción de esos grupos permiten identificar los factores que contribuyeron a generar una variación de seis toneladas en los rendimientos medios, pero quizás no permiten explicar las determinantes parciales de los –en este estudio denominados- muy altos rendimientos.

La tabla siguiente contiene los datos básicos de los diez grupos identificados en el procedimiento, ordenados de acuerdo a su rendimiento medio creciente. Como puede verse tanto en el diagrama general como en la tabla derivada del mismo, hay grupos de chacras (grupos de rendimiento) explicados por dos a cuatro variables. Justamente el grupo final de más altos rendimientos fue el único determinado por solo dos variables -incluyendo una variable de manejo y una variable ambiental. Es decir que en pocos pasos –determinados por los valores específicos de un escaso número de variables- quedó definida una parte relativamente importante de la variabilidad observada en los rendimientos, tanto para llegar a rendimientos muy bajos como para alcanzar altos rendimientos.

La estructura de los grupos es peculiar en por los menos dos sentidos: a) en primer lugar el tamaño de los grupos finales de rendimiento fue muy heterogéneo, y al igual que pasara con cebada cervecera, existe un grupo –una décima parte de los grupos- que es más del doble en tamaño del segundo grupo, pero sobretodo y como ya se adelantara en la introducción, por sí solo representa dos quintas partes (41,0%) de la población de chacras. El mismo grupo para el cual la porción del rendimiento explicado, se debió a solo dos variables. b) En segundo lugar, además de que no “apareció” un grupo que refleje el cluster de muy altos rendimientos, más de la mitad de los grupos (6/10) reflejarían los niveles de rendimientos equivalentes al cluster de bajos rendimientos, o sea que en realidad muestran diferentes caminos por los cuales se llegó a esos niveles de rendimiento (o se quedó en en los mismos).

Tabla 8 - Parámetros y variables de construcción de rendimientos según grupo.
Maíces (2006/2007-2009/2010)

Grupo	Camino	Pasos (cantidad)	Chacras (cantidad)	Chacras (%)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Rendimiento relativo	CV (%)
1	III	4	5	3.1	1.648	21.6	25.36
2	IIS	3	27	16.8	3.892	51.1	29.57
3	IIS	4	7	4.3	4.118	54.1	42.79
4	SII	3	8	5.0	5.133	67.4	18.70
5	ISSI	4	6	3.7	5.151	67.6	21.20
6	ISI	3	17	10.6	5.291	69.5	21.51
7	SISI	4	7	4.3	5.309	69.7	32.40
8	ISSS	4	7	4.3	6.736	88.5	16.82
9	SISS	4	11	6.8	7.231	95.0	20.79
10	SS	2	66	41.0	7.615	100.0	20.97
			161	100.0			

El grupo de muy bajos rendimientos

Este supergrupo quedó integrado solo por el primer grupo, cuyo rendimiento medio fue de 1.648 kg ha⁻¹ (CV=25,4%). El mismo quedó una tonelada por hectárea por debajo del rendimiento medio del cluster de muy bajos rendimientos, por lo cual sin dudas este grupo mostraría un camino, un conjunto de valores de cuatro variables para el caso, que llevaron a esos niveles de rendimientos. La limitante -si puede verse así- es que es el único grupo que ilustra esa situación, la ventaja estaría en que realmente ilustra rendimientos muy bajos. A su vez mientras que el cluster de muy bajos rendimientos incluye una de cada siete chacras, este grupo final de rendimiento solo incluye una de cada treinta chacras de la población general.

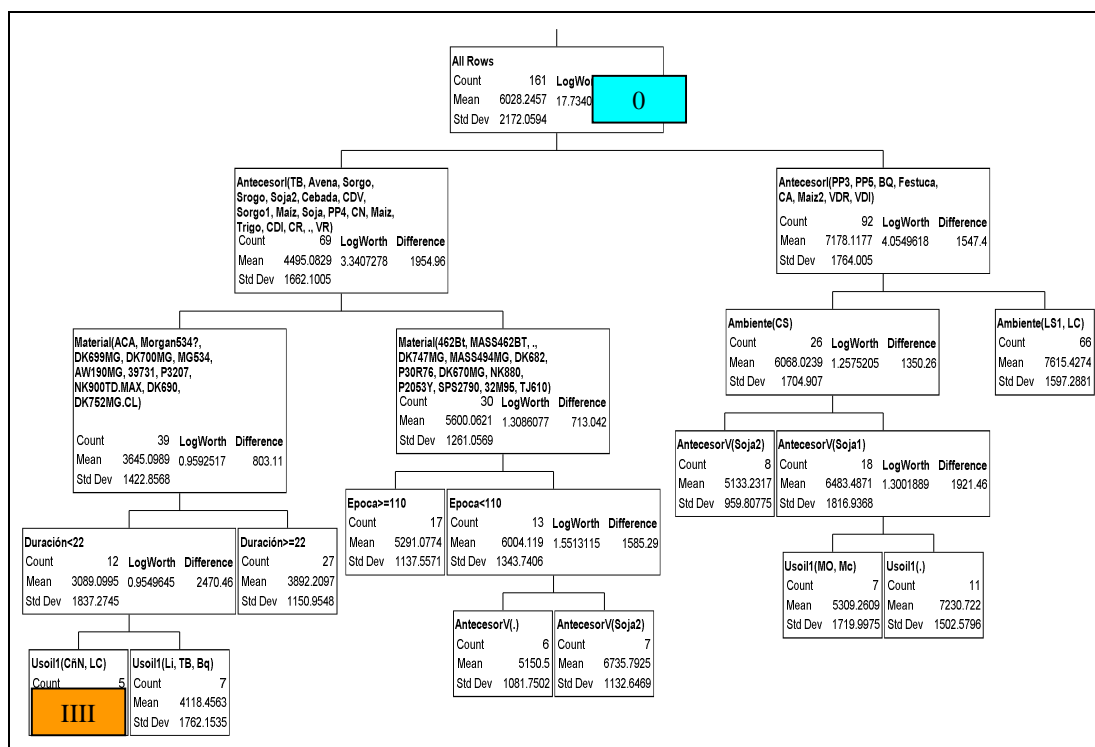


Figura 22 - Grupo de muy bajos rendimientos del árbol de regresión para maíz. (2006/2007-2009/2010)

El primer grupo (III) entonces de cinco (5) chacras, se generó en la interacción de cuatro variables: a) el antecesor inmediato, dado por los cultivos de invierno, los sorgos, las sojas y los maíces de primera, algunas de las praderas y algunos verdes y coberturas además del campo natural; b) un grupo de hasta once cultivares de maíz – entre los claramente identificados se incluyen AW190MG, DK699MG, DK700MG, DK752MG.CL y NK900TD.MAX-; c) períodos de barbecho cortos, inferiores a veintidós (22) días y d) la aptitud agrícola general dada por dos unidades de suelo – Cañada Nieto y La Carolina-.

Los grupos de bajos rendimientos

Este supergrupo como ya se adelantó, quedó constituido por seis grupos finales de rendimiento, que acumularon casi la mitad (44,7%) de las chacras de la población. Los rendimientos medios de los seis grupos oscilaron entre 3.892,0 kg ha⁻¹ -en la frontera inferior del cluster de bajos rendimientos- y 5.309 kg ha⁻¹ -más de media tonelada por encima del rendimiento medio del mismo cluster-. Ello significa que se

situaron entre la mitad (51,1%) y más de dos tercios (69,5%) del rendimiento del grupo de mayores rendimientos identificado en el análisis. Los grupos fueron también distintos en tamaño –medido por el número de chacras-, entre seis y veintisiete chacras y en dispersión interna, incluyendo grupos de baja variabilidad a grupos de alta variabilidad.

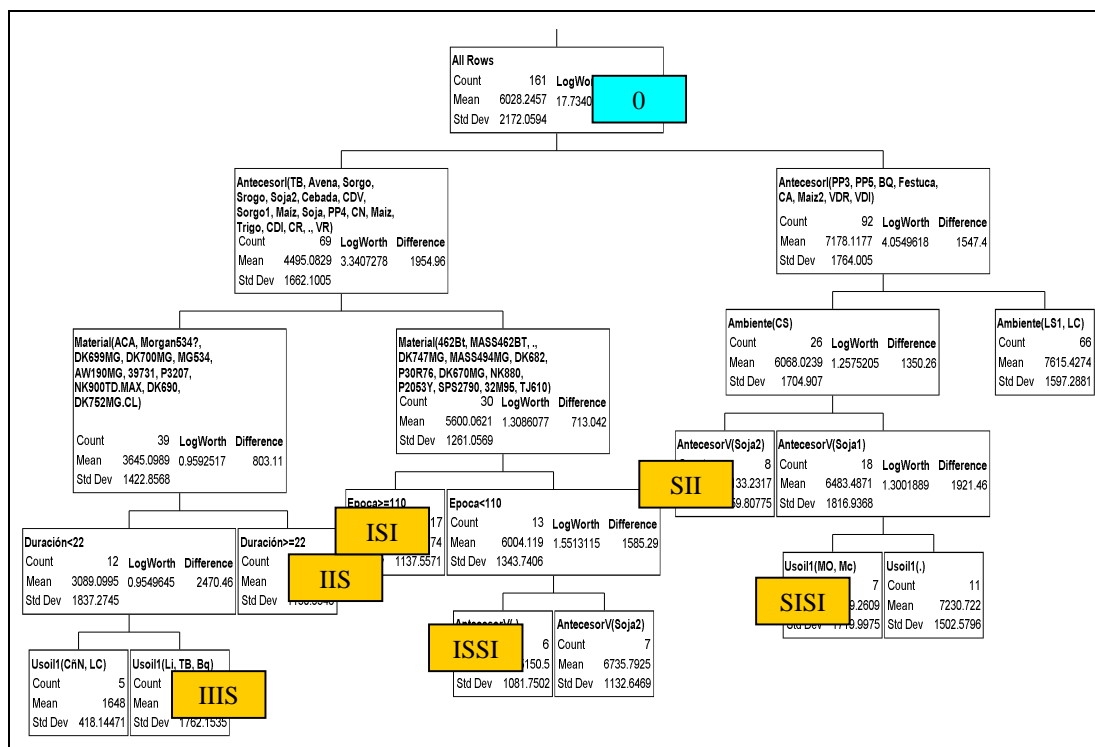


Figura 23 - Grupo de bajos rendimientos del árbol de regresión para maíz (2006/2007-2009/2010)

El segundo grupo (IIS) incluyó veintisiete (27) chacras –una de cada seis chacras- y alcanzó el ya señalado rendimiento medio de 3.892 kg ha⁻¹. Se generó en la interacción de tres variables, las dos primeras son las mismas que las del primer grupo: a) el antecesor inmediato, dado por los cultivos de invierno, los sorgos, las sojas y los maíces de primera, algunas de las praderas y algunos verdes y coberturas además del campo natural; b) un grupo de hasta once cultivares de maíz –entre los claramente identificados se incluyen AW190MG, DK699MG, DK700MG, DK752MG.CL y NK900TD.MAX-; y c) períodos de barbecho no cortos, superiores a veintidós (22) días. Los barbechos más largos lo habrían llevado cerca de una toneladas hacia arriba.

El tercer grupo (IIS) de siete (7) chacras –una de cada veintitrés en la población general-, alcanzó un rendimiento medio de 4.118 kg ha⁻¹ (CV=42,8%). El mismo se generó en la interacción de cuatro variables, y es el hermano del primer grupo. Si se

recuerda: a) el antecesor inmediato, dado por los cultivos de invierno, los sorgos, las sojas y los maíces de primera, algunas de las praderas y algunos verdeos y coberturas además del campo natural; b) un grupo de hasta once cultivares de maíz ya señalados; c) períodos de barbecho cortos, inferiores a veintidós (22) días y, d) la aptitud agrícola general dada por tres unidades de suelo: Bequeló, Libertad y Tres Bocas. Al menos en parte, esas unidades le habrían otorgado la superioridad de unas 2,5 t m ha^{-1} , las mismas muestran además un patrón general sur-norte a lo largo del litoral.

El cuarto grupo (SII) de ocho (8) chacras alcanzó un rendimiento medio de 5.133 kg ha $^{-1}$ (CV=18,7%) –prácticamente en el nivel de dos tercios del rendimiento del grupo de mayores rendimientos-. Este grupo se generó en la interacción de tres variables, y fue el primero que partió de la rama de primer nivel de rendimientos superiores. Las variables fueron: a) un conjunto de antecesores inmediatos, dado por los barbechos químicos, los maíces de segunda, verdeos y coberturas de invierno y las festucas; b) un ambiente agroclimático que fue el Centro Sur; y, c) un antecesor de verano que fueron las sojas de segunda. En este caso vale la aclaración, porque esta variable por un lado tenía una proporción importante de datos incompletos, y por su nombre, significaría que había un antecesor de invierno, denominado aquí antecesor inmediato.

El quinto grupo (ISSI) de seis (6) chacras alcanzó un rendimiento medio de 5.151 kg ha $^{-1}$ (CV=21,2%); prácticamente en todos sus parámetros similar al grupo anterior, sin embargo este grupo se generó en la interacción de cuatro variables, pero nuevamente a partir de la rama inferior de primer nivel. La génesis entonces fue: a) el antecesor inmediato, dado por los cultivos de invierno, los sorgos, las sojas y los maíces de primera, algunas de las praderas y algunos verdeos y coberturas además del campo natural; b) un conjunto de hasta doce cultivares -incluyendo DK682, DK670MG, DK747MG, MASS462BT, NK880, P2053Y y SPS2790-, que constituye una rama superior; c) fechas de siembras anteriores al 18 de octubre –también una rama superior-; y; d) uno o más antecesores de verano desconocidos -una rama inferior-.

El sexto grupo (ISI) de diecisiete (17) chacras -una de cada diez en la población general-, tuvo un rendimiento medio de 5.291 kg ha $^{-1}$ (CV=21,5%); muy similar a los dos grupos anteriores y apenas por encima de dos tercios del rendimiento del grupo de mayores rendimientos. Este grupo combinó tres variables: a) el antecesor inmediato, dado por los cultivos de invierno, los sorgos, las sojas y los maíces de primera, algunas de las praderas y algunos verdeos y coberturas y campo natural; b) un conjunto de hasta doce cultivares –incluyendo DK682, DK670MG, DK747MG, MASS462BT, NK880, P2053Y y SPS2790-, que constituye una rama superior; c) y fechas de siembra posteriores al 17 de octubre. Este grupo es igual al anterior en sus dos primeras variables, y queda condicionado por las siembras más tardías.

El séptimo grupo (SISI) de siete (7) chacras llegó a un rendimiento medio de 5.309 kg ha⁻¹ (CV=32,4%); este grupo es también bastante similar al anterior, salvo que su variabilidad interna fue mayor. Al igual que el cuarto grupo partió de la rama superior de primer nivel. El camino de construcción fue: a) un conjunto de antecesores inmediatos –una rama superior-: barbechos químicos, los maíces de segunda, verdeos y coberturas de invierno y festucas; b) un ambiente agroclimático que fue el Centro Sur – una rama inferior-; c) un antecesor de verano que fueron las sojas de primera –una rama superior-; y d) la aptitud agrícola general dada por dos unidades de suelo: Manuel Oribe y Montecoral -ambas asociadas claramente el ambiente Centro Sur-.

Los grupos de rendimientos medios

Este supergrupo –manteniendo la equivalencia- nuevamente quedó constituido por un solo grupo final de rendimiento. El octavo grupo alcanzó un rendimiento medio de 6.735,8 kg ha⁻¹, (CV=16,8%) ese valor quedó a medio camino entre el rendimiento medio -6.474 kg ha⁻¹- del cluster de rendimientos medios y su límite superior -6.962,0 kg ha⁻¹. Indudablemente ese cluster que incluyó veintinueve (29) chacras fue muy homogéneo en su constitución interna. Este grupo de rendimientos constituye la única herramienta que ayudaría a comprender como se alcanzaron rendimientos levemente superiores a la media del cluster y si se recuerda a la media de la población general de chacras.

El octavo grupo (ISSS) de siete (7) chacras cuyo rendimiento fue casi equivalente a nueve décimos del grupo de mayores rendimientos del análisis, fue el último grupo que se generó a partir de la rama inferior de primer nivel. Su rendimiento habría estado condicionado entonces por: a) los antecesores inmediatos que incluyeron los cultivos de invierno, los sorgos, las sojas y los maíces de primera, algunas de las praderas y algunos verdeos y coberturas además del campo natural; b) un conjunto de hasta doce cultivares -incluyendo DK682, DK670MG, DK747MG, MASS462BT, NK880, P2053Y y SPS2790-, una rama superior; c) fechas de siembra anteriores al 18 de octubre -también una rama superior- y; d) un antecesor de verano que fueron las sojas de segunda -que en este caso fue una rama superior-.

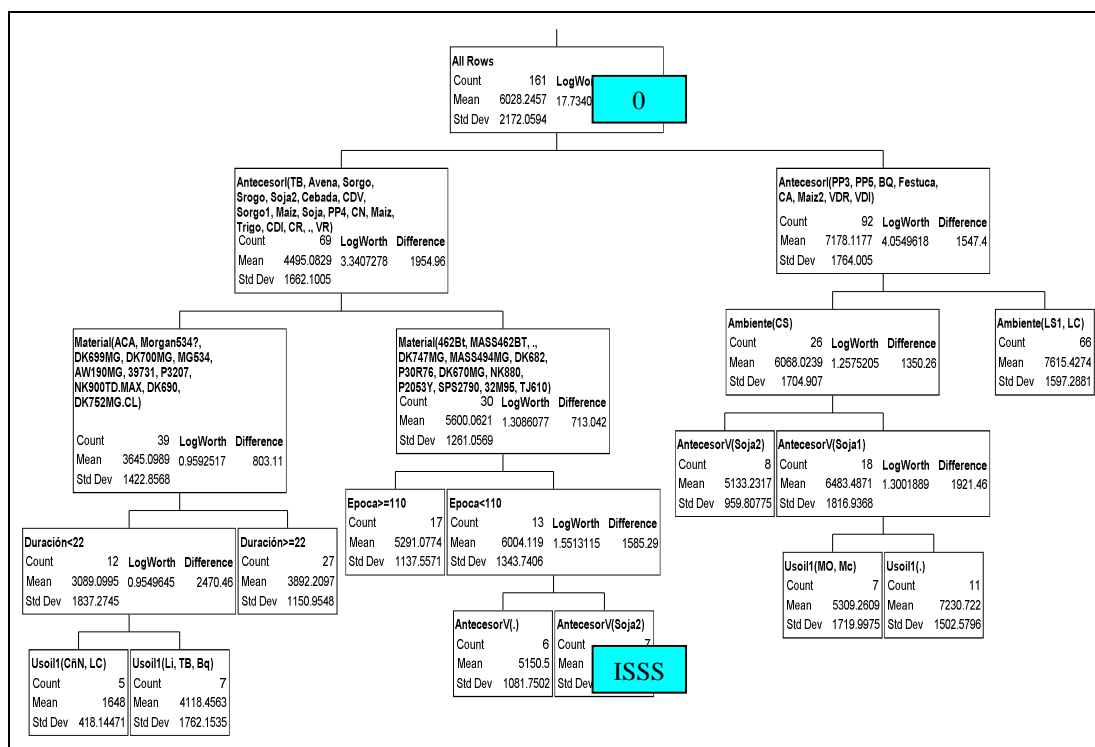


Figura 24 - Grupo de rendimientos medios del árbol de regresión para maíz (2006/2007-2009/2010)

Los grupos de altos rendimientos

Este fue el último supergrupo tal como se adelantó. El mismo incluyó los dos últimos grupos del análisis, los cuales sumaron setenta y siete (77) chacras, es decir cerca de la mitad (47,8%) de las chacras de la población analizada. Sus rendimientos medios relativos fueron 95,0%-100,0% pero no llegan sin embargo al nivel del rendimiento medio $-7.974,0 \text{ kg ha}^{-1}$ del cluster de altos rendimientos, de hecho quedaron entre el límite inferior y la media aritmética del cluster. Como se verá en detalle en la descripción individual, la génesis de estos grupos parte de la rama superior de primer nivel que estuvo dada por los antecesores inmediatos, y que fue quizás la diferencia determinante con el supergrupo anterior –de rendimientos medios–.

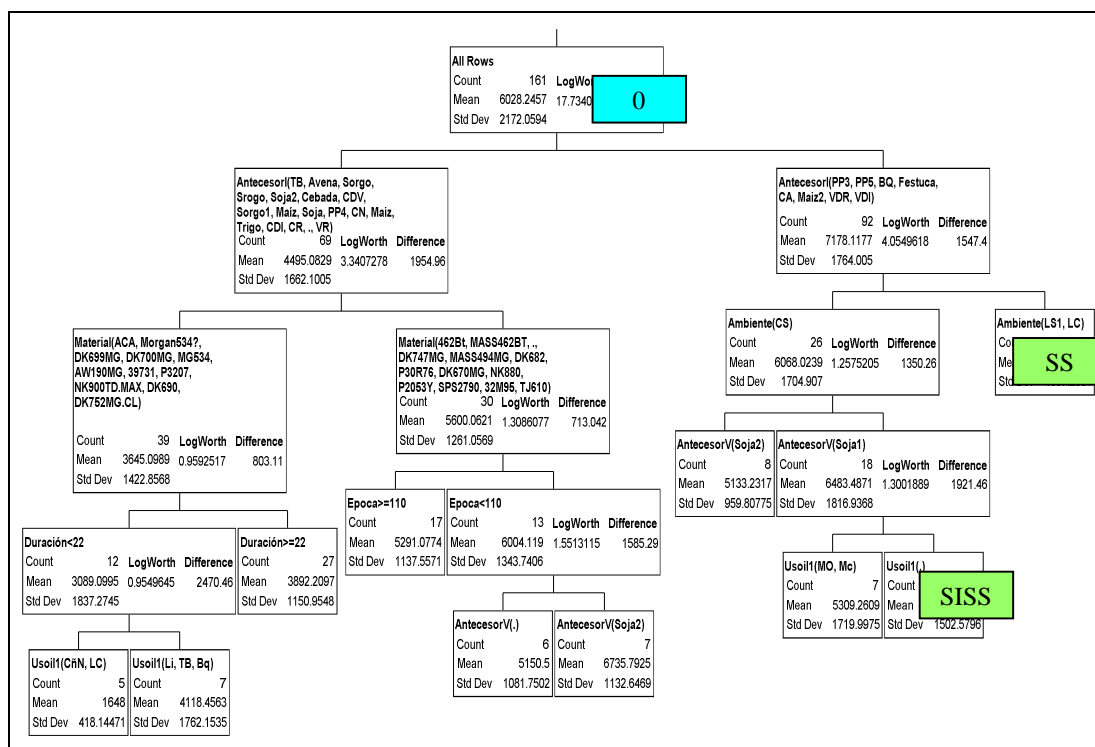


Figura 25 - Grupos de altos rendimientos del árbol de regresión para maíz (2006/2007-2009/2010)

El noveno grupo (SISS) de once (11) chacras llegó a un rendimiento medio de $7.231,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=20,8\%$). El mismo quedó parcialmente determinado por la combinación de cuatro variables que fueron: a) un conjunto de antecesores inmediatos, dado por los barbechos químicos, los maíces de segunda, verdeos y coberturas de invierno y las festucas; b) un ambiente agroclimático que fue el Centro Sur –una rama inferior-; c) un antecesor de verano que fueron las sojas de primera –una rama superior-; y d) y la aptitud agrícola general dada por una o más unidades de suelo que no pudieron ser identificadas, pero que también constituyen una rama superior. Este grupo es hermano del séptimo grupo, y justamente las unidades de suelo explicarían una cierta parte de la diferencia de casi $2,0 \text{ tm ha}^{-1}$.

El décimo grupo (SS) de sesenta y seis (66) chacras alcanzó como fue anticipado un rendimiento medio de $7.615,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=21,0\%$). Este grupo -el de mayores rendimientos medios que pudo identificar el análisis- se explicaría al menos en parte por la interacción de solo dos variables. Las mismas fueron: a) un conjunto de antecesores inmediatos, dado por los barbechos químicos, los maíces de segunda, verdeos y coberturas de invierno y las festucas; y b) la localización de las chacras en los ambientes Litoral Sur 1 y Litoral Centro. Se puede recordar que el litoral centro -donde se situaron

algo menos de un tercio (46) de las chacras fue el único ambiente que ordenó aceptablemente bien los clusters, y mostró un sesgo muy positivo con el cluster de muy altos rendimientos.

4.3.2. Sorgo granífero

Los objetivos de este capítulo son presentar el conjunto de análisis realizados sobre la base de datos multizafría de sorgo granífero, y a partir de los mismos intentar explicar el comportamiento productivo del cultivo. En la sección relativa a la selección de variables, se presentaron las limitaciones de información, y las posibles variables explicativas. Se debe recordar que la base de datos multizafría (2006/2007-2009/2010) de sorgo granífero contiene 187 registros, de los cuales 167 tienen datos de productividad, la cual es la variable dependiente. Como se observa, hasta allí la situación es similar a la del cultivo de maíz antes analizado.

Al igual que en los demás cultivos, las productividades utilizadas fueron recalculadas tomando la información disponible en las bases de datos originales; esta incluía tres variables: a) los rendimientos de chacra (con diversos niveles de humedad), b) la humedad del grano recibido y c) los rendimientos de grano seco, ajustados a un nivel de humedad de 13,0% en grano. El gráfico siguiente muestra la distribución de rendimiento de sorgo granífero en las cuatro zafra disponibles. El procedimiento habitual fue armar clases construidas a partir de la media aritmética menos n desvíos y más n desvíos, donde n es un número entero que va de $n=1$ hasta $n=5$ según cual sea el cultivo y la zafra analizada, el n para sorgo fue ± 3 .

La cantidad de chacras de sorgo granífero fue relativamente balanceada entre zafra agrícolas, en un claro contraste con lo que sucedió en maíz; por lo cual a pesar de la similar cantidad total de chacras en la población analizada, en sorgo granífero las distribuciones de rendimiento por zafra agrícola tienen entre 37 y 49 datos de rendimiento. El juego de curvas del gráfico muestra claramente que los rendimientos de la zafra agrícola 2007/2008 fueron levemente superiores a los de la zafra 2006/2007, y a su vez la zafra agrícola 2008/2009 está aún más corrida hacia la derecha, indicando otro pequeño salto en los rendimientos. Sin embargo, la curva correspondiente a los rendimientos de la zafra agrícola 2009/2010 -aunque también levemente- está corrida hacia la izquierda de la zafra agrícola 2006/2007.

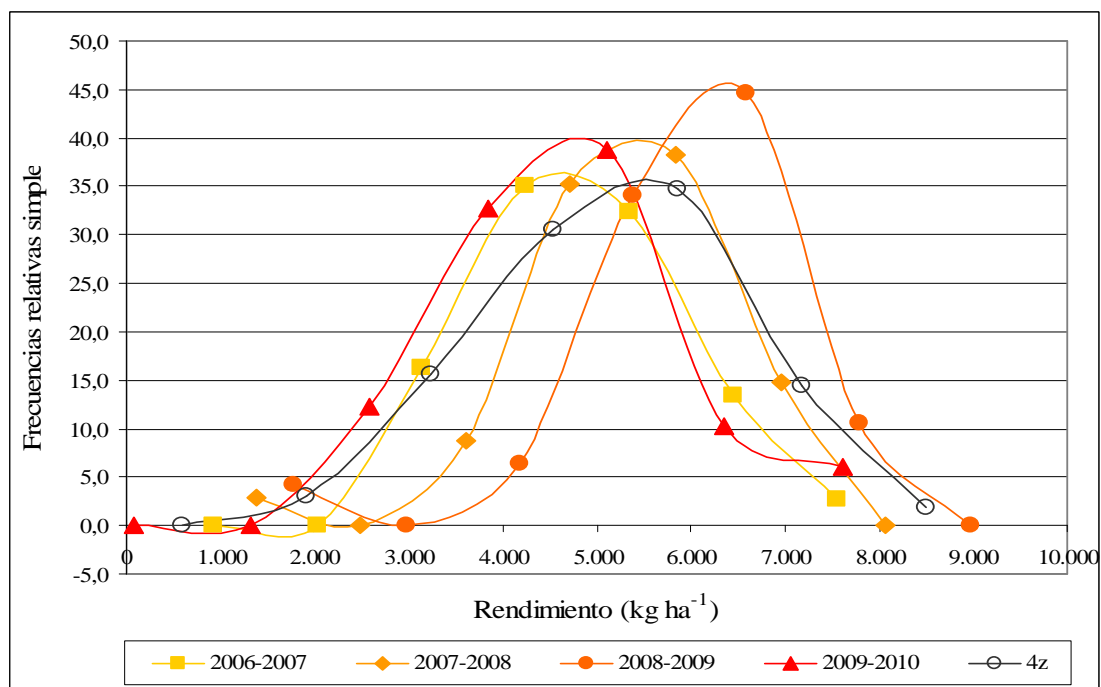


Gráfico 39 - Distribución de rendimientos (kg ha⁻¹) de chacras CREA de sorgo por zafra (2006/2007-2009/2010)

En el conjunto tanto si se miran las distribuciones de rendimiento como las medias aritméticas de los mismos, se observa el comportamiento señalado. Los rendimientos medios quedaron separados entre 1/2 y 2/3 de tonelada en esa secuencia: 2009/2010 (3,844,4 kg ha⁻¹) < 2006/2007 < 2007/2008 < 2008/2009 (5.376,2 kg ha⁻¹), de tal manera que los rendimientos medios de las zafras extremas quedaron separados por 1,5 tm ha⁻¹. Las cuatro distribuciones tienen una amplitud de entre 4,1 y 4,9 desvíos -los cuales son similares en valores absolutos- entre sus rendimientos extremos, y aunque las dos distribuciones (zafras agrícolas) de mayor rendimiento medio son las más amplias en ese sentido, son las de menor variabilidad de rendimientos.

Si se apunta a la variación de rendimientos, en el caso de sorgo granífero tal como se puede inferir de los datos anteriores, aún con las diferencias de rendimiento medio y mediano, las distintas zafras agrícolas mostraron brechas absolutas del orden de 4,5 tm ha⁻¹ (2006/2007) a cerca de 6,0 tm ha⁻¹ (2008/2009). En el conjunto de la población de chacras y más allá de zafras agrícolas, localizaciones geográficas u otras variables, la brecha absoluta superó las 6,5 tm ha⁻¹. Aún sino se consideran ni la décima peor parte de las chacras ni la décima mejor parte de las mismas -siempre medidas en sus rendimientos de grano-, la brecha global -para las cuatro zafras agrícolas- de rendimientos alcanzó las 3,4 tm ha⁻¹. Son los diversos rendimientos de grano que quedan

entre esos extremos los que se intenta explicar parcialmente en este estudio, utilizando las variables ambientales y de manejo disponibles.

La segunda aproximación será la modalidad de siembra. En el cuadro debajo se presenta la descripción estadística de los rendimientos de las chacras de sorgo de primera, los mismos constituyeron las tres quintas partes (59,3%) de las chacras de sorgo analizadas –menos que en maíz-, y la distribución interzafra fue muy estable a lo largo del período de análisis, de tal modo que cada zafra aportó casi exactamente la cuarta parte del total. Los rendimientos medios y los rendimientos medianos oscilaron en números gruesos entre 4,1 tm ha⁻¹ y 5,1 tm ha⁻¹; los rendimientos más bajos –los medianos en particular- fueron los de la zafra 2009/2010 y los más altos en la zafra 2008/2009. La variabilidad de los rendimientos salvo la zafra 2009/2010 (media) fue media-baja en el resto de las zafras, y la mayor brecha de rendimientos en la zafra 2009/2010, no alcanzó las 6,0 tm ha⁻¹; más baja que la observada en maíz.

Cuadro 69 - Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto.
Sorgos de primera (2006/2007-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra agrícola				Sorgo1
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Chacras	26	24	24	25	99
Producción (kg)	119.171	122.303	130.833	110.623	482.931
Mínimo*	3.000,0	3.900,0	1.600,0	2.452,0	1.600,0
Máximo*	7.000,0	6.319,8	7.480,3	6.796,0	7.480,3
Rango*	4.000,0	2.419,8	5.880,3	4.344,0	5.880,3
Media*	4.583,5	5.096,0	5.451,4	4.424,9	4.878,1
Mediana*	4.600,0	5.105,3	5.452,9	4.137,9	4.910,0
Desvío*	1.072,6	789,6	1.244,5	1.292,4	1.174,7
CV%	23,4	15,5	22,8	29,2	24,1

Referencias: * kg ha⁻¹

En el cuadro siguiente se presenta por su parte la descripción estadística de los rendimientos de las chacras de sorgos de segunda, los cuales constituyeron las dos quintas partes (40,7%) restantes de las chacras de sorgo analizadas. En este caso la cantidad de chacras quedó separada en dos grupos, las zafras 2006/2007-2007/2008 con 10-11 chacras por una parte y las zafras 2008/2009-2009/2010 con más del doble de chacras y en los niveles de los sorgos de primera. Los rendimientos medianos oscilaron en el intervalo 3,2 tm ha⁻¹-5,5 tm ha⁻¹. Los rendimientos medios subieron a lo largo de las tres primeras zafras hasta alcanzar los 5.287 kg ha⁻¹ para caer en la zafra 2009/2010 a niveles por debajo de la zafra 2006/2007. La variabilidad de los rendimientos osciló

entre niveles bajos y medios, pero en el conjunto fue más alta que la variabilidad observada en sorgos de primera.

Cuadro 70 - Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto.
Sorgos de segunda (2006/2007-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra agrícola				Sorgo2
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Chacras	11	10	23	24	68
Producción (kg)	38.039	38.242	121.846	77.751	275.879
Mínimo*	2.500,0	897,7	1.586,0	1.367,2	897,7
Máximo*	4.891,0	5.200,0	7.025,9	4.828,4	7.025,9
Rango*	2.391,0	4.302,3	5.439,9	3.461,1	6.128,2
Media*	3.458,1	3.824,2	5.297,7	3.239,6	4.057,0
Mediana*	3.300,0	4.042,3	5.490,0	3.226,2	4.026,2
Desvío*	730,6	1.305,5	1.179,7	901,2	1.370,8
CV%	21,1	34,1	22,3	27,8	33,8

Referencias: * kg ha⁻¹

En estos datos la zafra de mejor comportamiento medida a través de los rendimientos medios tanto para sorgos de primera como para sorgos de segunda fue la zafra 2008/2009, una situación muy distinta a la descrita para el cultivo de maíz, en la comparación de los cultivos de primera. A su vez la peor zafra tanto para los sorgos de primera como para los sorgos de segunda, fue la zafra 2009/2010, si se recuerda la misma fue la zafra más lluviosa en el período 2007/2008-2009/2010, tanto en los nueve meses del período agosto-abril de la estación de crecimiento de los cultivos de verano, como en los seis meses del período octubre-marzo. La zafra 2008/2009 fue un tercio más lluviosa (77,2 mm) que la zafra 2009/2010 sobre el final de la estación de crecimiento en el período febrero-abril. Más allá del comportamiento del sorgo frente a situaciones de déficit hídrico, los resultados observados no dejan de llamar la atención.

El gráfico siguiente presenta las distribuciones de rendimiento -simplificadas- para los sorgos de primera, los sorgos de segunda y el conjunto de las 167 chacras de sorgo analizadas, para el período 2006/2007-2009/2010. Como se ve la distribución de rendimientos de los sorgos de primera está corrida hacia arriba en relación a la distribución de los sorgos de segunda, en el nivel de la mediana esa diferencia se situó en 884 kg ha⁻¹, o sea que los sorgos de primera tuvieron en promedio una productividad 22,0% superior en el período, aunque como ya fue establecido esa diferencia fue mínima -a favor de los sorgos de segunda- en la zafra 2008/2009 y fue mayor y más amplia en las demás zafras, especialmente en la zafra 2006/2007. En la medida que la variabilidad de rendimientos de los sorgos de primera es menor, esa diferencia se ve reflejada a nivel

de los rendimientos mínimos –donde la brecha se reduce a $723,4 \text{ kg ha}^{-1}$ - y en los rendimientos máximos donde es menor aún $-454,4 \text{ kg ha}^{-1}$ -.

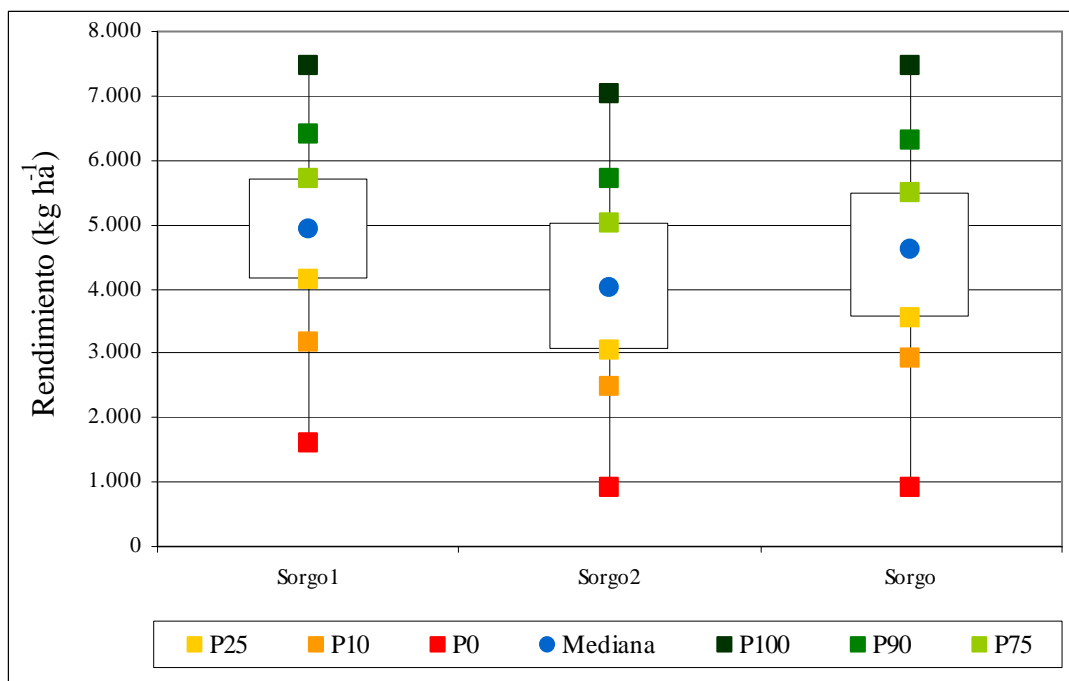


Gráfico 40 - Distribuciones de rendimiento de sorgos de primera/segunda y total (2006/2007-2009/2010)

4.3.2.1. El procedimiento de clusters

Al igual que en los demás cultivos de secano estudiados, el primer análisis para identificar las variables explicativas del comportamiento productivo del sorgo granífero (medido por el rendimiento físico de grano sano, seco y limpio), fue el análisis de agrupamientos utilizando el mismo método de enlace promedio (average linkage). En el caso del sorgo el análisis por modalidades de siembra y el análisis por zafras agrícolas mostró resultados distintos a los vistos para maíz pero no porque el rendimiento mediano quedara casi $1,5 \text{ tm ha}^{-1}$ por debajo para el conjunto de las chacras sino por la evolución de los rendimientos zafrales en el contraste de zafras agroclimáticamente diferentes. Por lo cual en el cultivo de sorgo para grano, se deberá investigar cuales fueron las posibles variables explicativas de su distribución de rendimientos, que igualmente mostró una brecha de más de $6,5 \text{ tm ha}^{-1}$ entre los rendimientos extremos y cerca de $3,5 \text{ tm ha}^{-1}$ entre los rendimientos interdecílicos (P90-P10)

Como en el resto de los casos el diagrama siguiente ilustra los clusters armados por el procedimiento de ligamiento medio (average linkage) así como la distancia euclídea. Si bien nuevamente es imposible visualizar los registros (las chacras) en el eje que sería el eje de ordenadas (en este diagrama), allí se deberían contar 167 chacras de sorgos de primera (99) o sorgos de segunda (68). La línea vertical introducida en la figura señala conceptualmente la elección realizada en la determinación de la cantidad de clusters. Tanto en sorgo como en maíz -los dos cultivos con menor cantidad de chacras en sus bases de datos multizafrá-, se mantuvo el número de clusters para estudiar las posibles variables explicativas entre los que se ha denominado rendimientos muy bajos, bajos, medios, altos y muy altos. Justamente los granos forrajeros mostraron las mayores diferencias -en términos absolutos- entre sus rendimientos extremos.

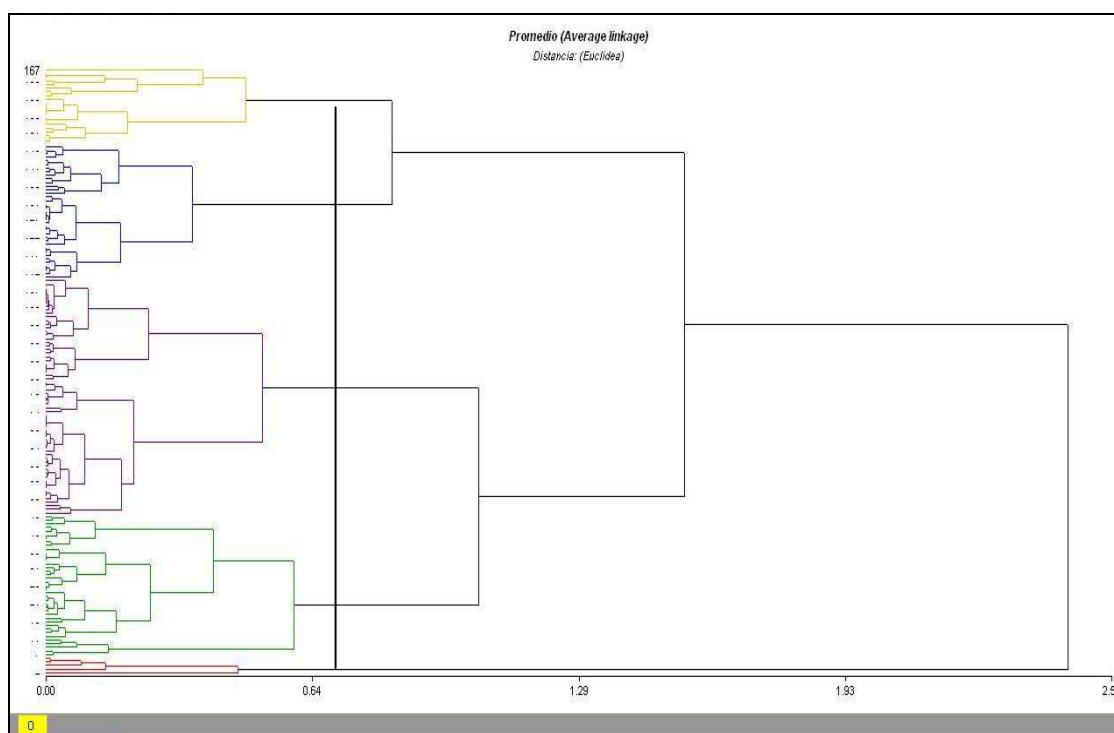


Figura 26 - Dendrograma para 167 chacras de sorgo granífero de agricultores CREA (2006/2007-2009/2010)

El gráfico siguiente muestra entonces a través de los diagramas de caja, la distribución de rendimientos de cada uno de los cinco grupos para el cultivo de sorgo. Aunque la dispersión global de rendimientos vista a través del recorrido de los cinco clusters no fue tan grande como en maíz, fue igualmente notable. En este cultivo, el recorrido intercuartílico del cluster central -rendimientos medios- fue aparentemente el más extendido, lo cual contrasta con la situación observada en maíz. El cluster de muy

bajos rendimientos –el primero desde la izquierda- muestra un comportamiento distinto incluyendo aparentemente datos atípicos, por lo cual habrá que ver la descripción estadística de los conglomerados para ver las fronteras exactas de los mismos.

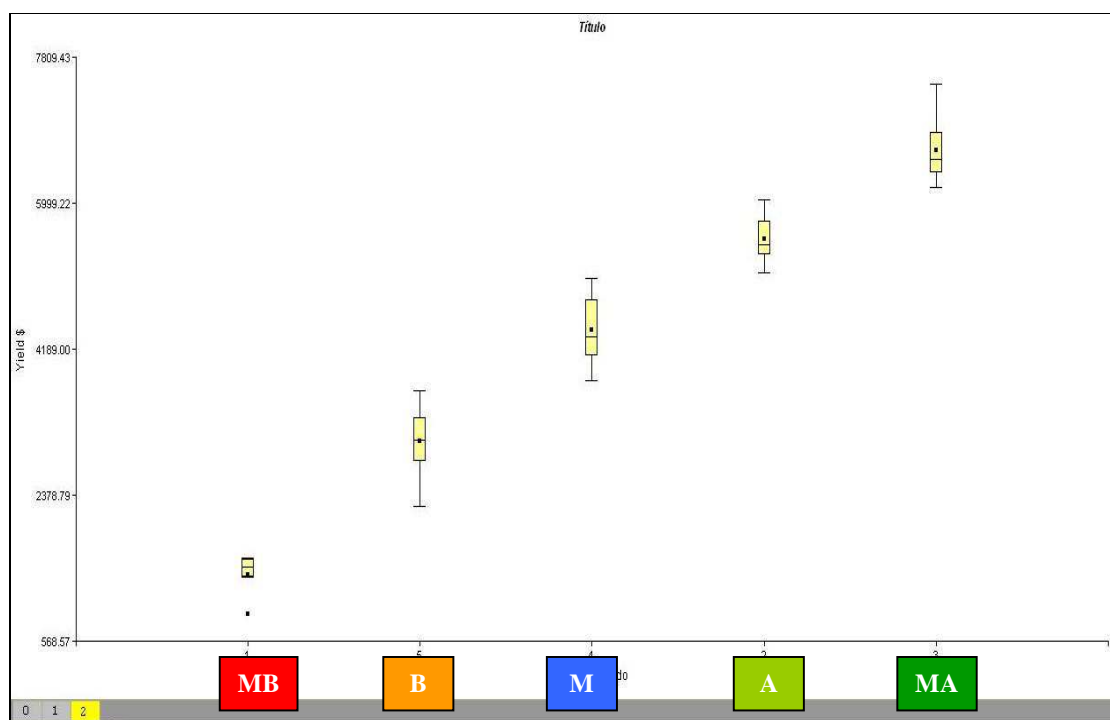


Gráfico 41 - Rendimientos (kg ha^{-1}) de las chacras de sorgo según cluster (2006/2007-2009/2010)

Referencias: MB = muy bajo, B = bajo, M = medio, A = alto, y MA = muy alto.

El cuadro siguiente presenta la descripción estadística básica de los clusters definidos para el cultivo de sorgo. La estructura de clusters definida es bien distinta a la de los restantes cultivos de verano, los dos primeros clusters –incluyendo muy bajos y bajos rendimientos- suman apenas una cuarta parte del total de chacras de la población en análisis, en particular el cluster de muy bajos rendimientos es de reducido tamaño –en número de chacras- aunque también con una baja dispersión y un rendimiento medio muy bajo -de hecho la mitad que el cluster equivalente en maíz-. Aún cuando los techos de rendimiento en sorgo fueron ostensiblemente más bajos que en maíz $-4,5 \text{ tm ha}^{-1}$ si se toman el extremo superior o $2,5 \text{ tm ha}^{-1}$ si se toman rendimientos más frecuentes-, igualmente la estructura de clusters permite explorar las variables que generan una variación de rendimientos superior a $5,0 \text{ tm ha}^{-1}$.

El cluster central o de rendimientos medios es enorme medido en cantidad de chacras, y marca la tendencia general de la población, que como ya se visualizaba en los diagramas de caja, también en este caso muestra rendimientos medios unas 2,0 tm ha⁻¹ por debajo de los de maíz. Finalmente existe una cierta simetría de tamaño a ambos lados del cluster central, aunque el cluster de rendimientos muy altos incluye una octava parte de la población de chacras, y es por lo tanto cuatro veces más grande que el cluster de rendimientos muy bajos. Salvo el cluster de muy bajos rendimientos que muestra un nivel de variabilidad medio-bajo, el resto muestran dispersiones bajas a muy bajas; y también salvo el primer cluster, una situación muy similar a la observada en el cultivo de maíz. Las medidas de tendencia central de los clusters quedaron entonces separadas entre sí por 1,0 tm ha⁻¹ a 1,5 tm ha⁻¹.

Cuadro 71 - Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Chacras		Rendimiento (kg ha ⁻¹)				
	(cantidad)	(%)	Mínimo	Máximo	Media	Desvío	CV%
MB	5	3.0	898	1.600	1.387	289	20.8
B	39	23.4	2.234	3.678	3.051	386	12.7
M	65	38.9	3.800	5.060	4.430	379	8.6
A	37	22.2	5.130	6.041	5.547	263	4.7
MA	21	12.6	6.200	7.480	6.650	366	5.5
Total	167	100.0	898	7.480	4.544	1.318	29.0

Las variables ambientales

Las cuatro variables ambientales incluidas en el estudio actual, fueron: a) el efecto año dado por las zafas agrícolas, b) el ambiente agroclimático determinado por la ubicación subregional de las chacras, c) la aptitud agrícola general asociada a la unidad de suelo sobre la cual más probablemente estaba cada chacra, y d) la aptitud agrícola específica que refleja en este caso la aptitud para el desarrollo de cultivos de verano. Si bien el efecto año fue presentado antes y para cada modalidad de siembra de sorgo, faltaba visualizar cual es la imagen analítica cuando se consideran todas las chacras de sorgo como un único conjunto. Los dos cuadros siguientes presentan el comportamiento de las zafas visto a través de los clusters

Cuadro 72 - Proporción (%) de chacras por zafra agrícola según cluster.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Zafra agrícola				Total
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
MB	0.0	20.0	40.0	40.0	100.0
A	8.1	29.7	48.6	13.5	100.0
MA	14.3	14.3	57.1	14.3	100.0
M	24.6	24.6	21.5	29.2	100.0
B	38.5	7.7	2.6	51.3	100.0
Total	22.2	20.4	28.1	29.3	100.0

En primer lugar, cuando se integran los sorgos de primera con los sorgos de segunda, la distribución de chacras entre zafras muestra el mismo salto entre las zafras 2007/2008-2008/2009 que mostraban los sorgos de segunda, en la medida que los sorgos de primera mostraban una enorme estabilidad en la cantidad de chacras. En segundo lugar, mientras que la zafra 2008/2009 no muestra tendencias claras, la zafra 2009/2010 muestra una asociación positiva con los clusters de muy bajos y bajos rendimientos, si bien no los ordena del todo bien, las tendencias son visibles. La zafra 2006/2007 que no incluye chacras del cluster de muy bajos rendimientos, igualmente aparece asociada positivamente con los clusters de rendimientos bajos y medios. En tercer lugar, salvo la excepción anterior, y las tendencias señaladas, en todas las zafras hubieron chacras en toda la gama de rendimientos identificada por los clusters.

Cuadro 73 - Desvíos de las proporciones por zafra agrícola según cluster.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Zafra				Total
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
MB		-1.8	42.1	36.3	0.0
A	-63.4	46.0	72.9	-53.9	0.0
MA	-35.5	-29.8	103.0	-51.3	0.0
M	11.1	20.9	-23.5	-0.4	0.0
B	73.6	-62.2	-90.9	74.8	0.0
Total	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

La segunda variable ambiental, el ambiente agroclimático, se muestra en los siguientes cuadros. Tal como se observa, el cultivo de sorgo aún cuando aparece en cinco ambientes –aunque con escasa cantidad de chacras en tres de ellos-, es el cultivo que dentro de la agricultura de secano de FUCREA muestra la mayor concentración observada, aún más que la que mostraba el propio cultivo de cebada cervecera. Entre ocho y nueve de cada diez chacras fueron sembradas en el Litoral Sur en el período analizado, y casi la totalidad a lo largo del litoral oeste. El Litoral Sur 1 con esa enorme concentración de las chacras, no muestra asociaciones nítidas con los clusters, mientras que en el Litoral Centro donde no hubieron chacras de muy bajos rendimientos -que de hecho fueron muy escasas-, si muestra una asociación positiva con el cluster de bajos rendimientos y negativa con los demás.

Cuadro 74 - Proporción (%) de chacras por ambiente agroclimático según cluster.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Ambiente agroclimático					Total
	LC	LS1	LS2	SE1	SE2	
MB	0.0	80.0	0.0	20.0	0.0	100.0
A	5.4	86.5	2.7	0.0	5.4	100.0
MA	4.8	90.5	0.0	0.0	4.8	100.0
M	4.6	87.7	6.2	0.0	1.5	100.0
B	10.3	84.6	2.6	2.6	0.0	100.0
Total	6.0	86.8	3.6	1.2	2.4	100.0

El análisis de la aptitud agrícola general permitió identificar dieciséis (16) unidades de suelo sobre las cuales probablemente se sembraron las chacras de sorgo; de todos modos quedaron veintiún (21) chacras –una de cada ocho chacras de la población, que llega a una de cada cuatro chacras en el cluster de rendimientos muy altos- donde no fue posible identificar la unidad de suelo. Entre las unidades identificadas, las seis que siguen explicarían la ubicación de 7/10 del total: Bequeló, Cañada Nieto, Cuchilla Corralito, La Carolina, Risso y San Gabriel-Guaycurú. Los resultados se mostrarán junto al resumen de las variables ambientales en los siguientes cuadros. Para la aptitud agrícola específica -dado el común origen de los datos-, la situación de falta de completitud fue similar. El cuadro siguiente muestra entonces una selección de los valores de las cuatro variables ambientales incluidas en el estudio.

La selección de valores específicos de las cuatro variables tiene siempre un grado de subjetividad. Las principales derivaciones de la información resumida debajo son: a) en la zafra 2009/2010 con menos de un tercio de las chacras de sorgo, aparecen claramente sobrerrepresentados los clusters de rendimientos bajos y muy bajos; b) el Litoral Sur fue como se dijo, largamente el principal ambiente de las chacras de sorgo en todos los clusters; las diferencias son pequeñas, pero son más escasas las chacras de los clusters de rendimientos bajos y muy bajos; c) las unidades Bequeló y Cañada Nieto, parecen ordenar relativamente bien los clusters de sorgo, son muy escasas o nulas las chacras de los clusters de bajos y muy bajos rendimientos; d) la unidad La Carolina y sobre todo la unidad San Gabriel-Guaycurú, aparecen más asociadas a las chacras de los rendimientos bajos a muy bajos; y e) la aptitud agrícola “no determinada” está asociada a los suelos sin capacidad agrícola.

Cuadro 75 - Proporción de chacras (%) por valor/variable ambiental según cluster.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Valores de variables ambientales						
	2009/2010	LS1	Bq	CñN	LC	SG-G	ND
MB	40.0	80.0	0.0	0.0	0.0	40.0	40.0
A	13.5	86.5	40.5	10.8	0.0	5.4	8.1
MA	14.3	90.5	33.3	9.5	0.0	0.0	0.0
M	29.2	87.7	23.1	4.6	9.2	4.6	6.2
B	51.3	84.6	15.4	2.6	10.3	12.8	12.8
Total	29.3	86.8	25.7	6.0	6.0	7.2	8.4

Referencias: LS1 = litoral sur 1, Bq = Bequeló, CñN = Cañada Nieto, LC = La Carolina, SG-G = San Gabriel-Guaycurú, ND = aptitud agrícola específica no determinada.

Las variables de manejo

Las variables de manejo tabuladas así como la proporción de chacras sin datos – en el conjunto de la población- son las siguientes: a) antecesor inmediato (2,4%), b) antecesor anterior (74,9%), c) manejo de suelos (1,8%), d) duración del barbecho (21,6%), e) época de siembra (6,6%), e) variedad sembrada (8,4%), y f) largo de ciclo (34,7%). Tal como se observa, en algunas variables ya señaladas en materiales y métodos, la proporción de chacras que estaban sin datos y/o no fue posible establecer valores confiables fue muy alta. Se recuerda que incluso en variables con niveles bajos de chacras sin datos, esa proporción puede llegar a ser importante en algunos clusters, sobretodo si son de tamaño relativamente pequeño.

Se determinaron veintidós (21) antecesores inmediatos distintos entre las 167 chacras de sorgo, si bien algunos de ellos tales como los cultivos de invierno, las sojas, los sorgos, las praderas sembradas o los verdeos de invierno, constituyen familias de antecesores. Si se suman tres familias abundantes que fueron: a) los cultivos de invierno, b) los verdeos de invierno y c) las praderas sembradas más el campo natural; cerca de nueve de cada diez chacras de sorgo granífero tuvieron como antecesores inmediatos una de las actividades vegetales de una de esas familias. En la lectura de los datos de todos los cuadros en sorgo granífero, debe recordarse que el cluster de muy bajos rendimientos es muy pequeño, y una sola observación en más o en menos, cambia significativamente las proporciones

Cuadro 76 - Proporción de chacras (%) por antecesor inmediato según cluster.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Antecesor inmediato				St
	PSx	CN	CdI	VdI	
MB	20.0	0.0	60.0	0.0	80.0
A	16.2	10.8	37.8	16.2	81.1
MA	19.0	14.3	33.3	19.0	85.7
M	12.3	12.3	36.9	23.1	84.6
B	15.4	10.3	59.0	7.7	92.3
Total	15.0	11.4	42.5	16.8	85.6

Referencias: PSx = praderas sembradas (de diversa edad), CN = campo natural, CdI = cultivos de invierno, VdI = verdeos de invierno, St = subtotal.

Entre las familias presentadas en el cuadro superior, dos son las que muestran ciertas tendencias en la lectura de clusters: a) la familia de los cultivos de invierno que muestra una tendencia a la asociación con los clusters de rendimientos bajos y muy bajos, pero que al mismo tiempo constituyen antecesores inmediatos de sorgo granífero en toda la gama de clusters. b) las verdes de invierno que se muestran poco representados como antecesores de las chacras de bajos y muy bajos rendimientos, pero muestra la asociación más fuerte con el cluster de rendimientos medios, por lo cual no ordenan naturalmente a los clusters.

En el manejo de suelos, la siembra directa es absolutamente dominante (92,2%) en el conjunto de las chacras de sorgo de los agricultores de FUCREA y en las chacras dentro de cada uno de los clusters. Es importante recordar que aún sin las proporciones mostradas en maíz entre cultivos de primera y cultivos de segunda; en esta población de chacras de sorgo, las siembras de primera también fueron más frecuentes que las de segunda. La duración del barbecho fue una de las variables con niveles importantes de falta de datos, los cálculos indican que el rango de los barbechos se habría extendido entre períodos tan cortos como un día y tan largos como un año, en todo caso para más de una quinta parte de las chacras no se pudo calcular la duración, y en tres quintas partes de las chacras fue menos de 91 días.

El cuadro debajo presenta los resultados completos para la época de siembra entre las chacras de sorgo granífero. En primer lugar como se observa, las siembras de enero y en cierta medida las siembras de diciembre aparecen positivamente asociadas con los clusters de muy bajos, y bajos rendimientos en menor medida; y negativamente asociadas con los clusters de rendimientos altos y muy altos; en el otro extremo las siembras de octubre-noviembre se asociaron más fuertemente a los clusters de rendimientos altos y muy altos. En segundo lugar en todos los meses del período octubre-diciembre, se encontraron chacras que quedaron ubicadas en el resto de los clusters salvo el de muy bajos rendimientos.

En tercer lugar y entrando en la comparación entre los granos forrajeros, tres son las diferencias visibles en este grupo de chacras entre ambos cultivos: a) la temporada de siembras de maíz va de agosto a enero y la de sorgo de setiembre a enero –allí la diferencia no parece relevante-, b) más de la mitad de las chacras de maíz ya estaban sembradas antes de comenzar el mes de octubre, mientras que eso sucedió con menos de una de cada cien chacras de sorgo; aún cuando esa lectura se realice atendiendo a las proporciones relativas de siembras de primera de cada cultivo, la diferencia continúa siendo relevante, y c) en las siembras de sorgo no aparece un mes de corte como en maíz, por el contrario en noviembre se sembró un tercio de las chacras.

Cuadro 77 - Proporción de chacras (%) por época de siembra según cluster.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Epoca de siembra					Total	
	.	S	O	N	D		E
MB	0.0	0.0	0.0	0.0	40.0	60.0	100.0
A	5.4	2.7	21.6	45.9	24.3	0.0	100.0
MA	0.0	0.0	19.0	52.4	28.6	0.0	100.0
B	12.3	0.0	9.2	29.2	40.0	9.2	100.0
M	2.6	0.0	2.6	23.1	46.2	25.6	100.0
Total	6.6	0.6	11.4	33.5	36.5	11.4	100.0

Referencias: . = sin datos, S = setiembre, O = octubre, N = noviembre, D = diciembre y E = enero.

Se detectaron hasta treinta (30) cultivares de sorgo granífero entre los materiales sembrados, tal como se anticipó en la revisión bibliográfica, si se toman solo los que fueron encontrados en los ensayos de la evaluación nacional de cultivares de sorgo granífero, la cantidad de cultivares se reduce a veintitrés (23), de los cuales poco menos de una cuarta parte fueron sembrados en la mitad de las chacras. En el resumen de cultivares se presentarán las principales tendencias observadas. La última variable de manejo incluida –ex post- fue el largo de ciclo, pero lamentablemente no fue establecido el ciclo para un tercio de los cultivares de la población, esa proporción alcanzó casi la mitad de las chacras en el cluster de muy altos rendimientos, por lo cual las variaciones calculadas no son confiables.

El cuadro siguiente resume algunas de las principales tendencias observadas en las variables de manejo; tanto el antecesor inmediato como la época de siembra ya fueron presentadas en detalle, por lo cual los datos novedosos son los de duración del período de barbecho. El procedimiento seguido fue dividir todo el período de manera arbitraria en tramos de treinta días, los dos tramos seleccionados, el de barbechos más cortos de 0-30 días, y el de barbechos de 61-90 días son los que mostraron tendencias más claras en relación a los clusters, tanto en la duración intermedia de 31-60 días como en los barbechos más largos las mismas se diluyen o se pierden. En todo caso en los barbechos cortos si bien las asociaciones son relativamente claras, existen niveles de rendimiento asociados a todos los clusters.

Cuadro 78 - Proporción de chacras (%) por valor/variable de manejo según cluster.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Variables de manejo					
	CdI	VdI	0-30 días	61-90 días	O	D
MB	60.0	0.0	40.0	0.0	0.0	40.0
A	37.8	16.2	21.6	24.3	21.6	24.3
MA	33.3	19.0	28.6	33.3	19.0	28.6
B	36.9	23.1	24.6	12.3	9.2	40.0
M	59.0	7.7	51.3	10.3	2.6	46.2
Total	42.5	16.8	31.1	16.8	11.4	36.5

Referencias: CdI = familia de cultivos de invierno, VdI = familia de verdeos de invierno, O = octubre y D = diciembre.

El último cuadro presenta seis de los cultivares de sorgo granífero más sembrados entre los agricultores de FUCREA durante el período analizado. Los mismos a su vez fueron elegidos porque presentan asociaciones más o menos claras con determinados grupos de clusters. Los cultivares ACA558, DK61T, MS109 y TS281 tienden a mostrar asociaciones positivas con los clusters de altos y muy altos rendimientos, mientras que los cultivares DK39T y Flash10, mostraron un comportamiento contrario. Justamente en estos dos casos vale más la lectura inversa, es decir no se encontraron o se encontraron en proporciones menores a las esperadas en las chacras de los clusters de altos y muy altos rendimientos.

Mas allá de lo anterior, ACA558 (2004-2005) y MS109 (2005-2006) que aparecieron en los ensayos de evaluación de cultivares de los años señalados entre paréntesis, no se distinguieron significativamente de los rendimientos medios de los ensayos. Por su parte DK61T (2005-2006-2007-2008) y TS281 (2005) que se incluyeron en los ensayos de evaluación de cultivares de los años indicados entre paréntesis quedaron en todos los casos dentro del grupo de materiales que superaron a la media en una relación igual o mayor a 110/100, aunque en el caso de DK61T las diferencias de en torno a 1,0 tm ha⁻¹ sobre la media conjunta anual, no llegaron a ser significativas al 5%. Por último DK39T (2003-2004-2005-2006-2007) y Flash10 (2006) en los años señalados entre paréntesis superaron a la media conjunta del ensayo en una relación igual o superior a 105/100 (2005-2007 para DK39T) o igual o superior a 110/100 para el resto de los años.

Cuadro 79 - Proporción de chacras por valor/variable de manejo según cluster.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Cultivar sembrado					
	ACA558	DK39T	DK61T	Flash10	MS109	TS281
MB	0.0	20.0	0.0	20.0	0.0	0.0
A	8.1	0.0	21.6	2.7	13.5	10.8
MA	9.5	0.0	19.0	0.0	9.5	28.6
B	3.1	20.0	6.2	6.2	7.7	3.1
M	0.0	23.1	5.1	7.7	5.1	2.6
Total	4.2	13.8	10.8	5.4	8.4	7.8

4.3.2.2. El árbol de regresión

En los sorgos el punto de partida del análisis estuvo dado por el conjunto de las 167 chacras con rendimientos en la base de datos multizafrá. El rendimiento medio general fue 4.453,8 kg ha⁻¹, con un coeficiente de variación igual a 29,0%, (cebada: CV=25,8%, y trigo: CV= 29,7%; sojas: CV=36,9%; maíz: CV=36,0%). En el primer nivel –las dos ramas principales–, se generaron dos subgrupos separados por una diferencia de rendimiento medio de 1.535,0 kg ha⁻¹, debido a una variable de manejo que fue la época de siembra. Las 33 chacras (19,8%) de la rama baja promediaron 3.212,1 kg ha⁻¹ (CV=34,5%) y las 134 chacras (80,2%) de la rama alta 4.847,1 kg ha⁻¹ (CV=24,3%).

La partición de las dos ramas principales en los sorgos, se parece en términos de tendencia solo a la ocurrido en trigo, donde la rama superior era más grande (2,0 veces); en sorgo la rama superior medida en cantidad de chacras resultó cuatro veces más grande que la rama inferior. Mientras por su parte en cebada y en soja ocurría lo contrario con una rama inferior más grande (4,8 veces en cebada y 2,3 veces en soja), y en el maíz las ramas de primer nivel resultaron bastante balanceadas, con una leve dominancia de la rama de rendimientos superiores. Si bien la estructura de chacras entre zafras agrícolas y entre localidades varía de cultivo en cultivo, la variación de rendimientos en sorgo es más similar a la de los cultivos de invierno.

El diagrama completo del árbol generado en el análisis de la variación de rendimientos en los sorgos (el plural se remarca para recordar que están incluidas tanto las chacras de sorgo de primera como las de sorgo de segunda) se presenta debajo. La rama inferior de primer nivel produce subdivisiones de hasta cuarto nivel en algunos grupos, y termina en cuatro grupos finales de rendimiento; mientras que la rama superior

extremos exploraron una brecha de más de cinco toneladas (5.263 kg ha^{-1}) -entre los rendimientos medios de esos clusters-; dentro de una brecha total que en sorgo superó las seis toneladas y media (6.582 kg ha^{-1}).

La tabla siguiente contiene los datos básicos de los catorce grupos identificados en el procedimiento, ordenados de acuerdo a su rendimiento medio creciente. Como puede verse tanto en el diagrama general como en la tabla derivada del mismo, hay grupos de chacras (grupos de rendimiento) cuyos rendimientos están parcialmente explicados por dos variables hasta grupos explicados por seis variables. En este caso el único grupo parcialmente determinado por dos variables fue el único grupo que quedó más allá de la frontera superior del cluster de muy bajos rendimientos –en maíz ocurrió justamente lo contrario, el grupo final de más altos rendimientos fue el único determinado por solo dos variables-. El árbol de determinación de rendimientos de sorgo es solo inferior al de trigo cuya base de datos es más de 4,5 veces mayor y al de soja cuya base de datos es más de 8,0 veces más grande.

Tabla 9 - Parámetros y variables de construcción de rendimiento según grupo.
Sorgos (2006/2007-2009/2010)

Grupo	Camino	Pasos (nro.)	Chacras (nro.)	(%)	Rendimiento (kg ha^{-1})	(%)	CV (%)
1	II	2	7	4.2	2165.5	34.6	43.87
2	ISI	3	8	4.8	2932.0	46.9	30.90
3	SIII	4	6	3.6	2943.7	47.0	15.03
4	ISSI	4	10	6.0	3326.2	53.2	21.44
5	SISI	4	12	7.2	3677.5	58.8	21.90
6	SIISI	5	14	8.4	3759.1	60.1	20.83
7	SIISSI	6	15	9.0	3987.2	63.7	12.40
8	ISSS	4	8	4.8	4677.9	74.8	7.38
9	SISSS	6	7	4.2	4796.8	76.7	11.31
10	SISSI	5	8	4.8	4832.6	77.2	11.56
11	SSI	3	11	6.6	4891.3	78.2	15.38
12	SSSI	4	13	7.8	5312.4	84.9	11.29
13	SISSS	5	30	18.0	5585.0	89.3	14.96
14	SSSS	4	18	10.8	6257.0	100.0	12.01
			167	100.00			

El grupo de muy bajos rendimientos

Este supergrupo quedó a medias integrado solo por el primer grupo, cuyo rendimiento medio fue de 2.165,5 kg.ha⁻¹ (CV=43,9%). El mismo se sitúa en realidad a medio camino entre el rendimiento medio del cluster de muy bajos rendimientos y el rendimiento medio del cluster de bajos rendimientos. En cualquier caso este grupo –sin considerar el procedimiento de clusters, ilustraría un camino de construcción -si puede decirse- que llevó a rendimientos bajos-muy bajos. A su vez si se recuerda, mientras que el cluster de muy bajos rendimientos incluye solo cinco chacras, este grupo final de rendimiento incluye siete chacras.

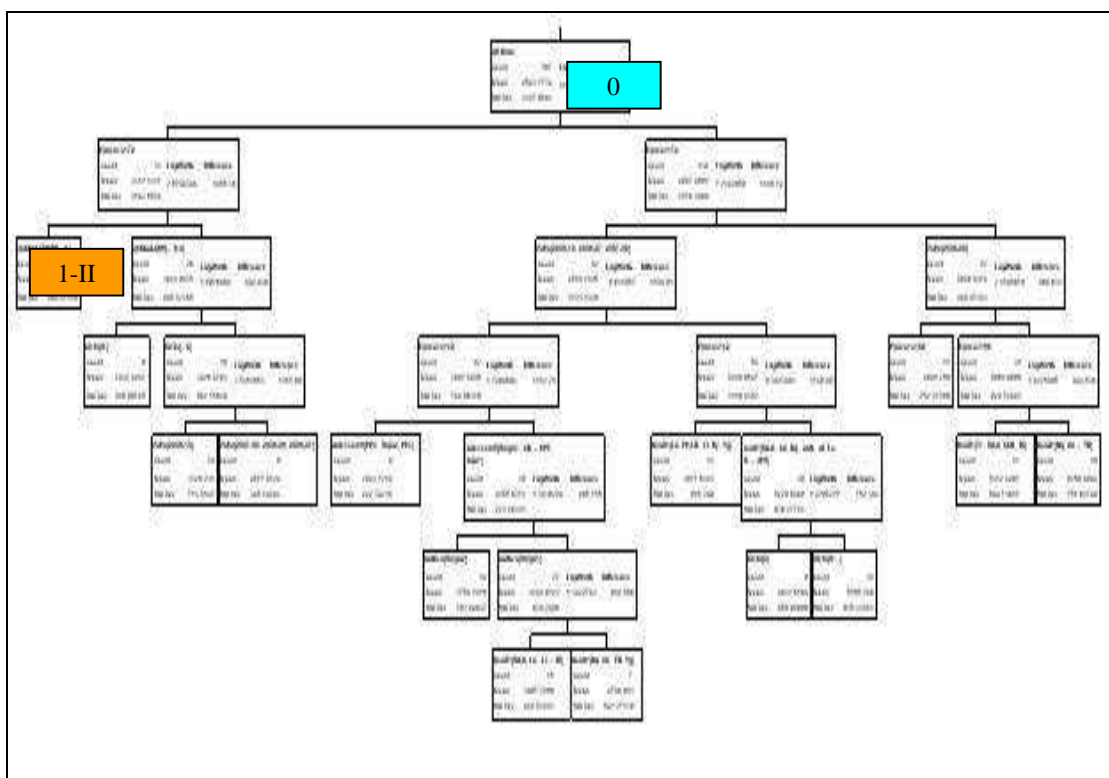


Figura 28 - Grupo de muy bajos rendimientos del árbol de regresión en sorgos (2006/2007-2009/2010)

El primer grupo (II) entonces de siete (7) chacras, se generó en la interacción de las siguientes dos variables: a) la época de siembra, incluyendo todas las fechas desde el 19 de diciembre en adelante -la rama inferior de primer nivel-; y b) dos o más unidades de suelo cuya aptitud agrícola específica –para el desarrollo de cultivos de verano- fue

no determinada o alta, no se puede saber cuales unidades y en que proporción debajo de esas escasas chacras estaban. Las fechas de siembra por sí solas dejaron a las treinta y tres (33) chacras de la rama en $3.312,1 \text{ kg ha}^{-1}$ pero aún –tal como ser verá- con una fuerte variabilidad interna, la otra tonelada perdida se habría originado al menos en parte en las propiedades de los suelos.

Los grupos de bajos rendimientos

Este supergrupo quedó integrado por tres grupos finales de rendimiento e incluyó veinticuatro (24) chacras –una séptima parte de las chacras de la población general-, los grupos son pequeños, por debajo de lo que sería el tamaño medio de grupo en sorgo y de tamaños relativamente similares. Los rendimientos medios fueron desde $2.932,0 \text{ kg ha}^{-1}$ (CV=30,9%) hasta $3.326,2 \text{ kg ha}^{-1}$ (CV=21,4%). Los rendimientos medios relativos de los grupos se situaron entonces apenas por debajo (46,9%) y apenas por encima (53,2%) del rendimiento medio del grupo de mayores rendimientos identificado por el procedimiento. La variabilidad interna de estos grupos que es importante en el primero, luego disminuye en los dos restantes.

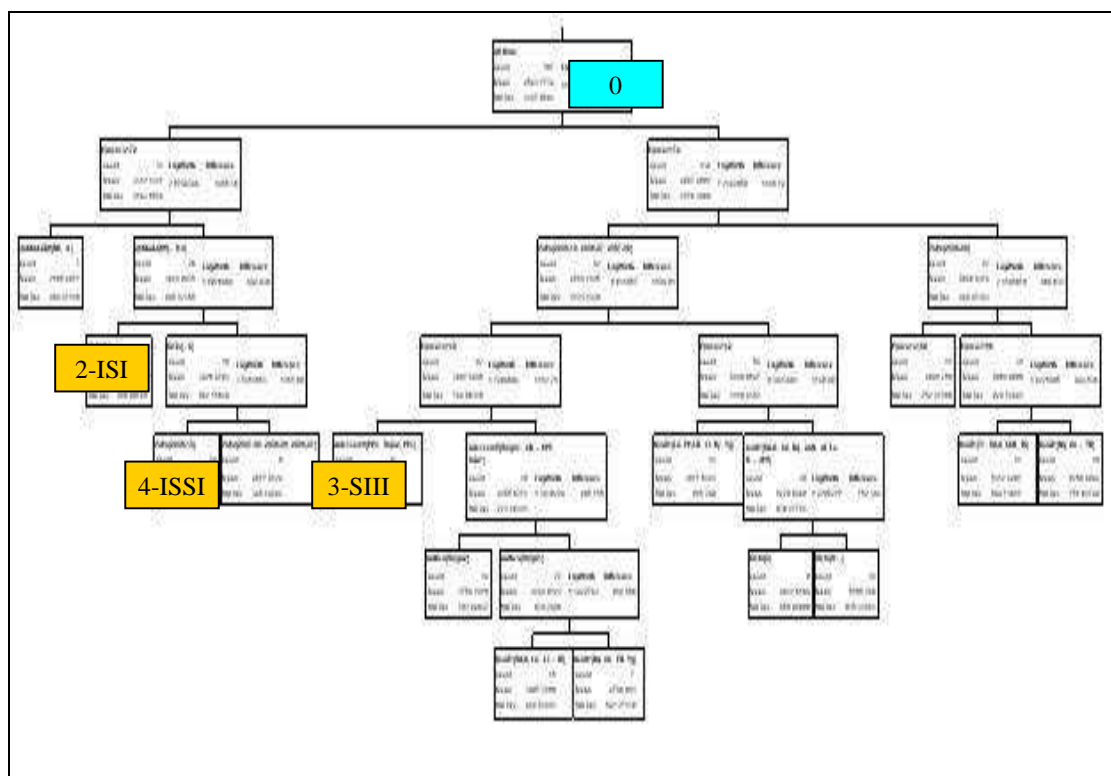


Figura 29 - Grupos de bajos rendimientos del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)

El segundo grupo (ISI) –el primero de este supergrupo- final de rendimientos incluyó ocho (8) chacras para el rendimiento final señalado de 2.932 kg ha^{-1} . El mismo se generó en la interacción de tres variables: a) la época de siembra, dada por todas las fechas desde el 19 de diciembre en adelante -la rama inferior de primer nivel-; b) un conjunto de suelos de aptitud agrícola específica muy alta o desconocida -en las bases de datos utilizadas-, y c) los cultivares de ciclo medio, una variable que contiene una proporción importante de registros sin datos. Si bien la aptitud agrícola dejó a las chacras de la rama madre por encima del nivel medio de rendimiento de la rama abuela –la rama de primer nivel-, el ciclo llevó el rendimiento nuevamente por debajo.

El tercer grupo (SIII) de seis (6) chacras alcanzó un rendimiento medio muy similar $2.943,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=15,0\%$) a través de un camino muy distinto. Este grupo quedó parcialmente determinado por la interacción de cuatro variables: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre –la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por tres de las cuatro zafas agrícolas salvo la zafra 2008/2009, –una rama inferior; c) nuevamente la época de siembra, incluyendo en este caso las fechas desde el 19 de octubre en adelante; y d) antecesores no inmediatos que incluyeron praderas

sembradas y sojas de segunda. Las fechas de siembra habían puesto a la rama bisabuela –la rama de primer nivel- casi dos toneladas por encima del nivel de rendimiento medio de este grupo.

El cuarto grupo (ISSI) de diez (10) chacras llegó a un rendimiento medio de 3.326,2 kg ha⁻¹ (CV=21,4%). Los rendimientos de este grupo se construyeron en la interacción de cuatro variables: a) la época de siembra, incluyendo las fechas desde el 19 de diciembre en adelante -la rama inferior de primer nivel-; b) un conjunto de suelos de aptitud agrícola específica muy alta o desconocida; c) los cultivares de ciclo corto además de otros de ciclo no especificado; y d) el efecto año dado por las condiciones agroclimáticas de la zafra 2009/2010. Las aptitudes de los suelos y los cultivares sembrados habrían dejado a la rama madre en 3.927,0 kg ha⁻¹, por lo cual la zafra agrícola tuvo un efecto medio de pérdida en más de 600 kg ha⁻¹.

Los grupos de rendimientos bajos-medios

Este es un supergrupo de frontera entre el cluster de bajos rendimientos y el cluster de rendimientos medios, por lo cual se solaparía en parte con los dos. El mismo quedó integrado por dos grupos finales de rendimiento incluyendo veintiseis (26) chacras –una séptima parte de las chacras de la población general-, los dos grupos de similar tamaño, en torno a la media general para los grupos en sorgo. Los rendimientos medios relativos de los grupos -también similares entre sí- se situaron en torno a las tres quintas partes del rendimiento medio del grupo de mayores rendimientos identificado por el procedimiento. La variabilidad interna es baja y muy similar entre ambos.

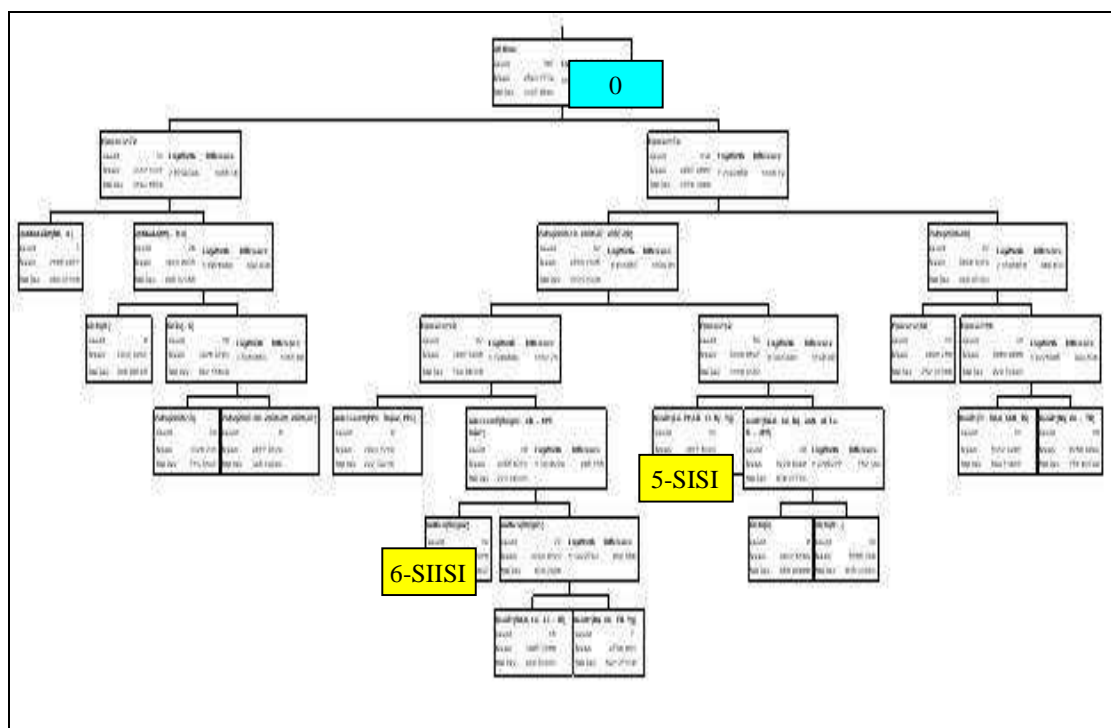


Figura 30 - Grupo de bajos-medios rendimientos del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)

El quinto grupo (SISI) estuvo integrado por doce (12) chacras y alcanzó un rendimiento medio de $3.677,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=21,9\%$). Este grupo quedó parcialmente determinado por la interacción de cuatro variables: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre –la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por tres de las cuatro zafras agrícolas, salvo la zafra 2008/2009 –una rama inferior-; c) la época de siembra por segunda vez, dada por las fechas anteriores al 19 de noviembre –una rama superior-; y d) la aptitud agrícola general, un conjunto de cinco unidades de suelo que incluyen a Ecilda Paulier-Las Brujas, Kiyú, La Carolina, Libertad y Young -llamativamente una rama inferior, dado que incluye mayormente tierras agrícolas de muy alta y alta aptitud-.

El sexto grupo (SIISI) contuvo catorce (14) chacras y llegó a un rendimiento medio similar al anterior, $3.759,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=20,8\%$). Quedó parcialmente explicado en un camino de cinco variables, las dos primeras del grupo anterior: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre –la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por tres zafras agrícolas: 2006/2007, 2007/2008 y 2009/2010; y las siguientes tres ramas: c) la época de siembra que acotó las fechas al período entre el 19 de noviembre y el 18 de diciembre; d) un conjunto de antecesores no inmediatos que

incluyeron sojas de primera y sorgos de primera, campo natural y praderas sembradas además de algunos no identificados -una rama superior- y; e) la modalidad de cultivo que indica que todas las chacras fueron sorgos de segunda –una rama inferior-.

Los grupos de rendimientos medios

Este supergrupo fue el mayor de todos los supergrupos -utilizando los clusters como referencia- e incluyó cinco grupos finales de rendimiento, sumando 49 chacras lo cual equivale a tres de cada diez chacras de sorgo en la población general. Los rendimientos medios relativos se situaron en el rango que va desde menos de dos tercios (63,7%) hasta más de tres cuartas partes (78,2%) del rendimiento medio del grupo de mayores rendimientos identificado en el análisis. Los grupos contienen entre siete (7) y quince (15) chacras y la variabilidad interna es en todos los casos baja a muy baja. En este supergrupo están incluidos los dos grupos con el camino de construcción de rendimiento más largo entre los de sorgo en el análisis realizado.

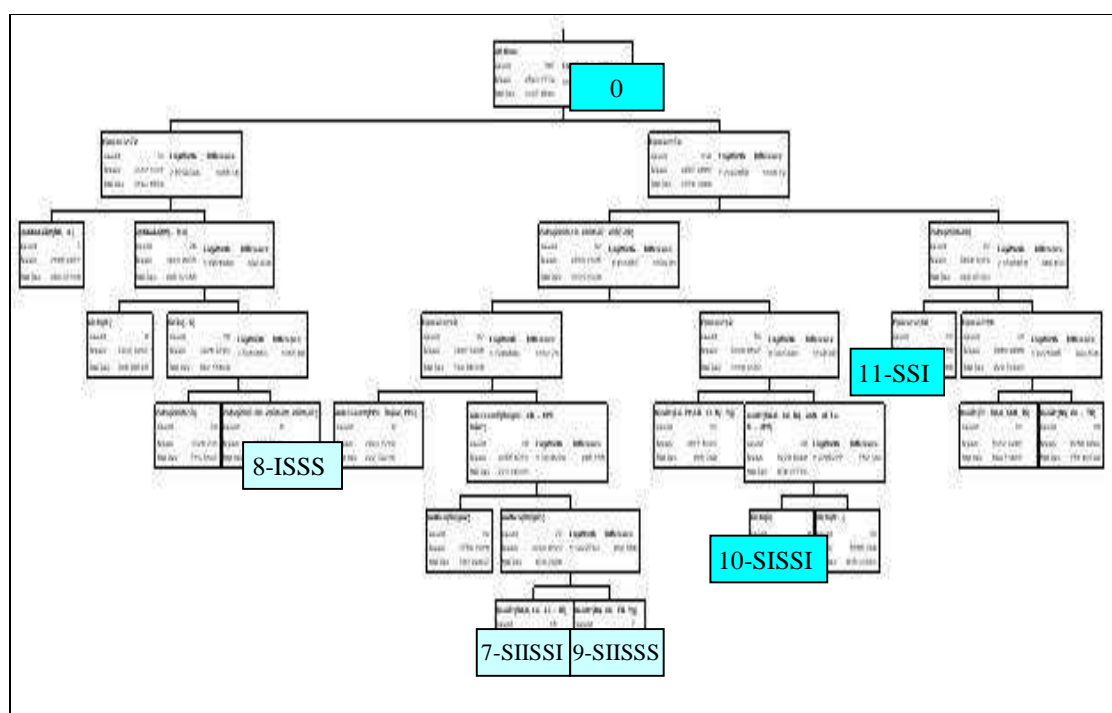


Figura 31 - Grupos de rendimientos medios del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)

El séptimo grupo (SISSI) contuvo quince (15) chacras y llegó a un rendimiento medio de $3.987,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=12,4\%$). Este grupo quedó parcialmente determinado en un camino de seis variables: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre –la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por tres zafra agrícolas: 2006/2007, 2007/2008 y 2009/2010 –una rama inferior-; c) la época de siembra ajustada al período entre el 19 de noviembre y el 18 de diciembre –una rama inferior-; d) un conjunto de antecesores no inmediatos que incluyeron sojas de primera y sorgos de primera, campo natural y praderas sembradas además de algunos no identificados –una rama superior-; e) la modalidad de cultivo por la cual todas las chacras fueron sorgos de primera –una rama superior-; y f) un conjunto de unidades de suelo –una rama inferior- que incluyó a La Carolina, Libertad, Risso y San Gabriel-Guaycurú además de una o más no identificadas.

El octavo grupo (ISSS) incluyó ocho (8) chacras y tuvo un rendimiento medio de $4.677,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=7,4\%$). Los rendimientos de este grupo se construyeron a través de la interacción de cuatro variables: a) la época de siembra, incluyendo las fechas desde el 19 de diciembre en adelante -la rama inferior de primer nivel-; b) un conjunto de suelos de aptitud agrícola específica muy alta o desconocida; c) los cultivares de ciclo corto además de otros de ciclo no determinado; y d) el efecto año dado por las condiciones agroclimáticas de las zafra agrícolas distintas a la zafra 2009/2010. Este grupo es hermano del cuarto grupo –en los rendimientos bajos-, por lo cual la última condición lo eleva más de 1.300 kg ha^{-1} en los rendimientos medios por encima de su hermano. Es el último grupo que se generó a partir de la rama inferior de primer nivel.

El noveno grupo (SISSS) incluyó siete (7) chacras y llegó a un rendimiento medio de $4.796,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=11,3\%$). Los rendimientos de este grupo quedaron parcialmente determinados en un camino de seis variables: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre –la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por tres zafra agrícolas: 2006/2007, 2007/2008 y 2009/2010; c) la época de siembra ajustada al período entre el 19 de noviembre y el 18 de diciembre; d) un grupo de antecesores no inmediatos que incluyeron sojas de primera y sorgos de primera, campo natural y praderas sembradas además de algunos no identificados –una rama superior-; e) la modalidad de cultivo, todas las chacras fueron sorgos de primera –una rama superior-; y f) la aptitud agrícola general dada por las unidades de suelo: Bequeló, Cuchilla Corralito, Fray Bentos y Young. En la medida que este grupo es hermano del séptimo, esa última condición explicaría parte de la diferencia de los 800 kg ha^{-1} en más.

El décimo grupo (SISSI) incluyó ocho (8) chacras y llegó a un rendimiento medio de $4.832,6 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=11,6\%$), tuvo parámetros muy similares al grupo anterior. Su camino de construcción de rendimientos estuvo dado por cinco variables: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre –la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por tres de las cuatro zafra agrícolas, menos la zafra 2008/2009 –una rama inferior-; c) la época de siembra por segunda vez, dada por las fechas anteriores al

19 de noviembre –una rama superior-; y d) un muy diverso conjunto de unidades de suelo que incluyen a Bequeló, Cañada Nieto, Cuchilla Corralito y Risso en el litoral oeste, San Gabriel-Guaycurú, y Alferez, José Pedro Varela y Lascano en el este; y e) cultivares de sorgo granífero de ciclo corto –una rama inferior-.

El décimo primer grupo (SSI) estuvo formado por once (11) chacras para un rendimiento medio de $4.891,3 \text{ kg ha}^{-1}$ (CV=15,4%). La determinación parcial de los rendimientos de este grupo estuvo dada por solo tres variables que fueron: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre –la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por la zafra agrícola 2008/2009 –una rama superior-; y c) nuevamente la época de siembra, dada por las fechas desde el 15 de diciembre en adelante –una rama inferior-. Véase que estas once chacras fueron sembradas en los cuatro días comprendidos entre el 15 y el 18 de diciembre de la zafra 2008/2009, y –en buena medida- ese par de condiciones las dejó en cerca de cinco toneladas de rendimiento medio.

Los grupos de rendimientos altos

Este supergrupo fue el segundo mayor de todos los supergrupos pero incluyó solo dos grupos finales de rendimiento, sumando 43 chacras –o sea una cuarta parte de las chacras de sorgo de la población analizada-. Los rendimientos medios relativos se situaron en el rango que va entre 85/100 (84,9%) y 90/100 (89,3%) del rendimiento medio del grupo de mayores rendimientos identificado en el análisis. Los dos grupos contienen trece (13) y treinta (30) chacras y la variabilidad interna es en ambos casos baja. El décimo tercer grupo es el mayor de los catorce grupos del árbol de regresión para sorgo, o sea unas dos veces y medias por encima del nivel medio general entre los grupos.

El duodécimo grupo (SSSI) contuvo trece (13) chacras y con sus $5.312,4 \text{ kg ha}^{-1}$ (CV=11,3%) fue el primero en superar las cinco toneladas de rendimiento medio. Su camino de construcción de rendimientos quedó parcialmente explicado por cuatro variables: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre –la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por la zafra agrícola 2008/2009 –una rama superior-; c) por segunda vez la época de siembra que corrige la fecha límite al 14 de diciembre –una rama superior-, y d) un conjunto de cuatro unidades de suelo que fueron Cañada Nieto, Risso, San Gabriel-Guaycurú y Trinidad –una rama inferior-. Como se observa, las determinantes parciales están dadas por el comportamiento de dos variables ambientales dentro de una extendida temporada de siembras.

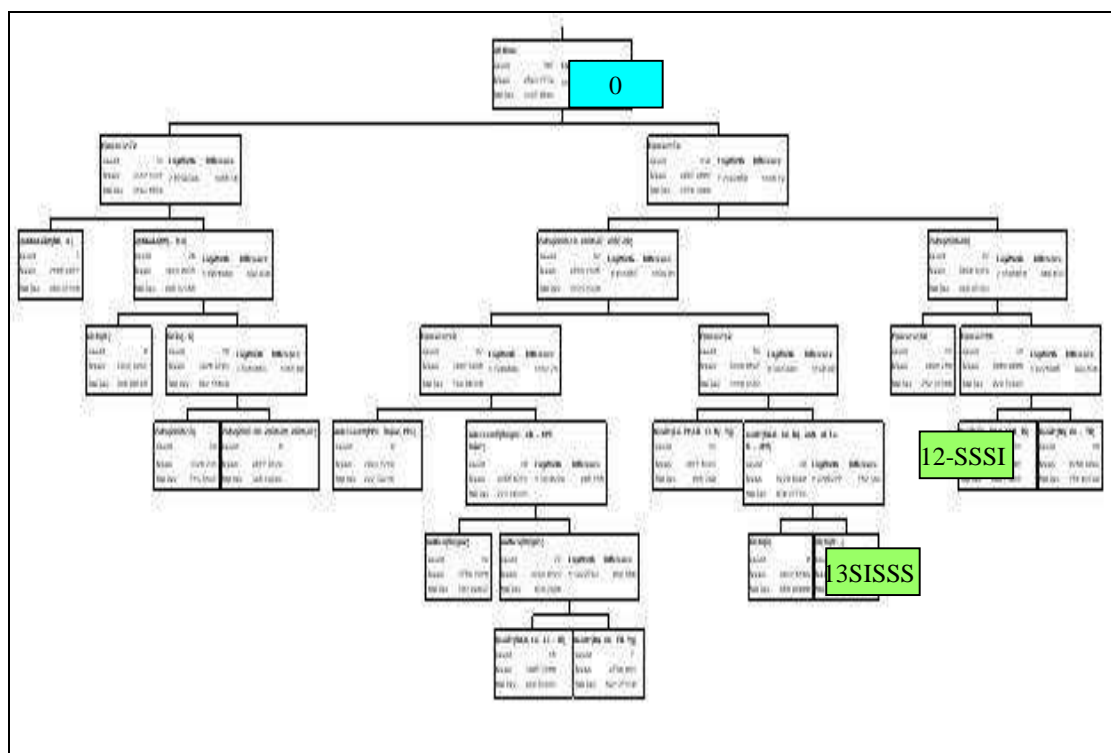


Figura 32 - Grupos de altos rendimientos del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)

El décimo tercer grupo (SISSS) incluyó treinta (30) chacras y llegó a $5.585,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=15,0\%$). Los rendimientos de las chacras estuvieron explicados en parte por la interacción de cinco variables: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre; b) el efecto año dado por las zafras agrícolas 2006/2007, 2007/2008 y 2009/2010 –una rama inferior-; c) la época de siembra por segunda vez, dada por las fechas anteriores al 19 de noviembre –una rama superior-; y d) un conjunto de unidades de suelo que incluyen a Bequeló, Cañada Nieto, Cuchilla Corralito y Risso en el litoral oeste, San Gabriel-Guaycurú y Alferez, José Pedro Varela y Lascano en el este; y e) cultivares de sorgo granífero de ciclo medio y cultivares sin ciclo especificado –una rama superior-.

El décimo tercer grupo es hermano del décimo grupo, entre ellos existe una brecha de tres cuartos de tonelada por hectárea ($752,4 \text{ kg ha}^{-1}$) para la cual la explicación disponible es el ciclo de los cultivares en cada grupo. A diferencia de los que sucedía con la misma variable en las fechas de siembra tardías (desde el 19 de diciembre), donde los materiales de ciclo corto presentaban mejor comportamiento; en las fechas de siembra más tempranas –recién citadas- y aún en malas zafras son los cultivares de ciclo medio los que mostraron mejor comportamiento.

El grupo de muy altos rendimientos

Este supergrupo quedó constituido por un solo grupo final de rendimiento. El décimo cuarto grupo (SSSS) contuvo 18 (chacras) y alcanzó el rendimiento máximo de los catorce grupos con sus $6.257,0 \text{ kg ha}^{-1}$ ($CV=12,0\%$). El rendimiento del mismo quedó parcialmente construido a partir de cuatro ramas superiores, las mismas fueron: a) las fechas de siembra anteriores al 19 de diciembre -la rama superior de primer nivel-; b) el efecto año dado por la zafra agrícola 2008/2009; c) por segunda vez la época de siembra que corrige la fecha límite al 14 de diciembre, y d) un conjunto de unidades de suelo que fueron Bequeló, Cuchilla Corralito y Tres Bocas. Este grupo es hermano del duodécimo grupo, al cual supera en alguna medida merced a la última variable en 945 kg ha^{-1} de rendimiento medio.

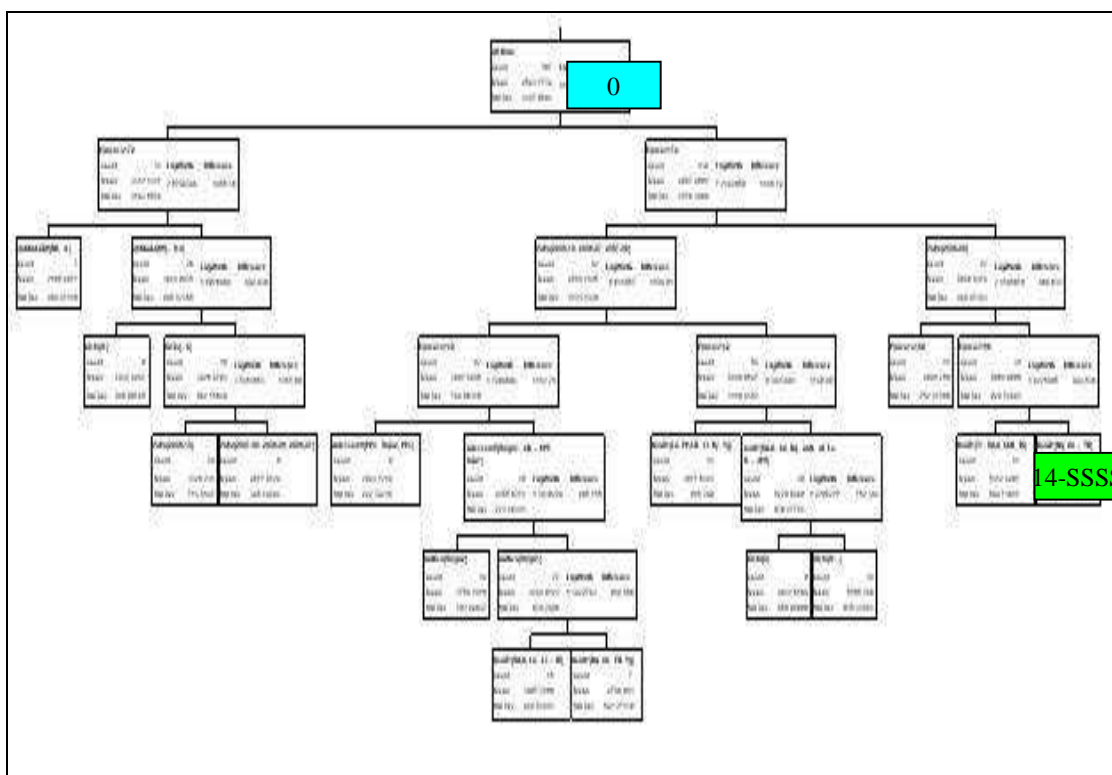


Figura 33 - Grupo de muy altos rendimientos del árbol de regresión para sorgos (2006/2007-2009/2010)

4.3.3. Sojas

El título no es casual, en el caso de las sojas al igual que en los granos forrajeros era posible seguir dos caminos, el estudio separado de las sojas de primera de las sojas de segunda, o el análisis combinado de ambas bases de datos multizafras, la diferencia con los granos forrajeros está en el tamaño de las bases de datos, la base de datos de soja de primera es cuatro veces más grande que las de los granos forrajeros combinadas. Igualmente se siguió el segundo camino, donde la pregunta clave fue, ¿en que medida los métodos de análisis separarán ambas poblaciones?, que en realidad era, ¿son claramente dos poblaciones distintas medidas a través de la variable productividad?.

La base de datos multizafras (2006/2007-2009/2010) de soja contiene 1.447 registros (188,9% si tomamos trigo como 100,0%), de los cuales 1.366 tienen datos de productividad. Como se observa la base de datos completa abarca cuatro zafras, e incluye 629 (43,5%) chacras de soja de primera y 818 (56,5%) chacras de soja de segunda. La base de datos analizada contiene 591 (43,3%) chacras de soja de primera y 775 (56,7%) chacras de soja de segunda.

El cuadro siguiente resume la descripción estadística para cada zafra y para la población total de las sojas de primera, y a continuación se presenta la información equivalente para las sojas de segunda. Si bien más adelante los diagramas elaborados mostrarán luego las distribuciones de cada una de estas poblaciones así como análisis conjunto de ambas poblaciones para todas las zafras, esta es la primera visualización de las similitudes y diferencias, siguiendo el tradicional corte del análisis separado.

Cuadro 80 - Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto.
Soja de primera (2006/2007-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra agrícola				Conjunto
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
N	88	114	68	359	629
Mínimo*	650,0	1.321,0	375,6	226,7	226,7
Máximo*	4.400,0	3.200,0	3.707,0	4.693,8	4.693,8
Rango*	3.750,0	1.879,0	3.331,4	4.467,1	4.467,1
Media*	2.167,5	1.921,4	2.164,5	2.620,1	2.393,0
Mediana*	2.080,0	1.713,0	2.050,0	2.695,4	2.360,8
CV%	30,7	24,3	28,2	30,0	31,8

Referencias: * (kg ha^{-1})

Los rendimientos medios de tres de las cuatro zafras de soja de primera se ubican en torno a las 2,0 tm ha⁻¹, y debido al rendimiento medio de la zafra 2009/2010 –que contiene 57,1% de las chacras de toda la población analizada, el rendimiento medio conjunto (e incluso el rendimiento mediano) para las cuatro zafras llega al borde de las 2,4 tm ha⁻¹. Los rendimientos mínimos –salvo la zafra 2007/2008- son muy bajos, y los rendimientos máximos superan en todas las zafras las 3,0 tm ha⁻¹ y las 4,0 tm ha⁻¹ en la mitad. Es así que salvo la zafra 2007/2008, la variabilidad de rendimientos tiende a ser media-alta, y en general mayor a la observada en cebada y trigo.

Los rendimientos medios de soja de segunda en tres de las cuatro zafras se ubican en torno a 1,7 tm ha⁻¹, para la soja de segunda la mejor zafra fue la 2008/2009 donde incluso superó levemente el rendimiento medio de la soja de primera, por ello y debido el mismo desbalance en la cantidad de chacras por zafra –en este caso la zafra 2009/2010 representa 62,6%-, el rendimiento medio conjunto (y también el rendimiento mediano conjunto que es casi exactamente igual) se ubica en esas 1,8 tm ha⁻¹. Los rendimientos mínimos quedan siempre por debajo de 1,0 tm ha⁻¹ y los rendimientos máximos nunca pasan de las 4,0 tm ha⁻¹, pero superan las 3,0 tm ha⁻¹, salvo la zafra 2006/2007. La variabilidad es media en algunas zafras y llega a ser alta en otras.

Cuadro 81 - Valores de los estadígrafos por zafra agrícola y para el conjunto.
Soja de segunda (2006/2007-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra agrícola				Conjunto
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
N	61	94	151	512	818
Mínimo*	800,0	10,0	711,0	306,8	10,0
Máximo*	1.895,0	3.186,0	3.403,0	3.822,0	3.822,0
Rango*	1.095,0	3.176,0	2.692,0	3.515,1	3.812,0
Media*	1.895,0	1.515,1	2.178,0	1.755,4	1.822,2
Mediana*	1.935,0	1.501,5	2.190,0	1.727,5	1.823,8
CV%	25,2	31,8	24,2	40,5	36,9

Referencias: * (kg ha⁻¹)

Los datos anteriores indican que para los agricultores de FUCREA si bien las sojas de primera muestran la mayor parte de las veces rendimientos medios superiores a las sojas de segunda, las curvas se solapan parcialmente todas las zafras y en alguna de la mismas –ejemplificada en ese caso por la zafra 2008/2009-, el solapamiento es casi total, por lo cual sería difícil saber cuales son las sojas de segunda y cuales las sojas de primera observando simplemente la distribución de los datos. Mientras, ¿qué sucedía a nivel nacional durante esas zafras?.

Cuadro 82 - Superficie y rendimiento de soja a nivel nacional por zafra agrícola.
Soja de primera, Sojas de segunda y datos conjuntos (2006/2007-2009/2010)

Estadígrafo	Zafra agrícola				Conjunto
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
Sojas de primera					
Superficie (ha)	197.429	233.188	257.427	354.866	1.042.910
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	2.213	1.826	1.815	2.611	2.163,7
Sojas de segunda					
Superficie (ha)	169.105	228.696	320.390	508.292	1.226.483
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	2.028	1.518	1.752	1.752	1.746,4
Las sojas					
Superficie (ha)	366.500	461.900	577.800	863.200	2.269.400
Rendimiento (kg ha ⁻¹)	2.128	1.673	1.780	2.105	1.938,0

Fuente: elaborado con datos de URUGUAY. MGAP. DIEA (2009c, 2010c, 2011c).

El cuadro anterior muestra lo que sucedía a nivel nacional en las mismas zafas agrícolas. Mientras que en la zafra 2006/2007 los rendimientos medios nacionales estaban por encima de los de FUCREA para las dos sojas, lo contrario sucedía dos zafas después, en el verano 2008/2009. Las dos zafas restantes mostraron comportamientos más similares entre la muestra de la población nacional de chacras y el subconjunto de las chacras de FUCREA, particularmente en la zafra 2009/2010 los rendimientos medios fueron prácticamente los mismos.

En el análisis conjunto de las cuatro zafas los rendimientos de los agricultores de FUCREA quedan levemente por encima de los rendimientos medios nacionales para las dos sojas. En particular en las sojas de primera y para el conjunto de las cuatro zafas, los rendimientos de los agricultores de FUCREA son 10,6% superiores, una diferencia que se genera sobretodo en la zafra 2007/2008 (+19,3%). En las soja de segunda, la misma diferencia se reduce a +4,3%, pero las diferencias entre los rendimientos medios por zafas son más variables, van desde -6,6% en la zafra 2006/2007, a +24,3% en la zafra 2008/2009.

Como puede observarse además, en tres de las cuatro zafas y en ambos universos, la brecha de rendimientos medios de las sojas de primera sobre las sojas de segunda varía entre 0 y 400 kg ha⁻¹, salvo la zafra 2009/2010 donde la brecha entre las sojas de primera y los sojas de segunda supera los 800 kg ha⁻¹ tanto en las chacras de FUCREA como en la muestra de la Dirección de Estadísticas Agropecuarias para el conjunto de las chacras de soja del país.

El gráfico siguiente muestra las distribuciones de las poblaciones multizafras (2006/2007-2009/2010) de las sojas de primera y de las sojas de segunda. A diferencia de los demás cultivos analizados, las gráficas fueron construidas usando para cada valor de x (productividad), el valor de y dado por la $f(x)$ normal usando en la misma la media aritmética y el desvío estándar de la población de datos de rendimientos de cada una de las sojas. Si bien también se contruyeron estas gráficas siguiendo el procedimiento utilizado en los demás cultivos, en este caso se escogieron estas gráficas “perfectamente” normalizadas para visualizar los contrastes en ese contexto.

Si bien para las sojas de primera el eje de simetría de la distribución tiende a ubicarse sobre los 2.400 kg ha^{-1} , mientras en las sojas de segunda se ubica levemente por encima de los 1.800 kg ha^{-1} , el conjunto de datos por encima de los 2.400 kg ha^{-1} en las sojas de segunda incluye la cola superior de la distribución, en particular claramente - como se muestra en la gráfica- más de una sexta parte de las chacras de soja de segunda muestran rendimientos que coinciden con los de la mitad superior de las chacras de soja de primera.

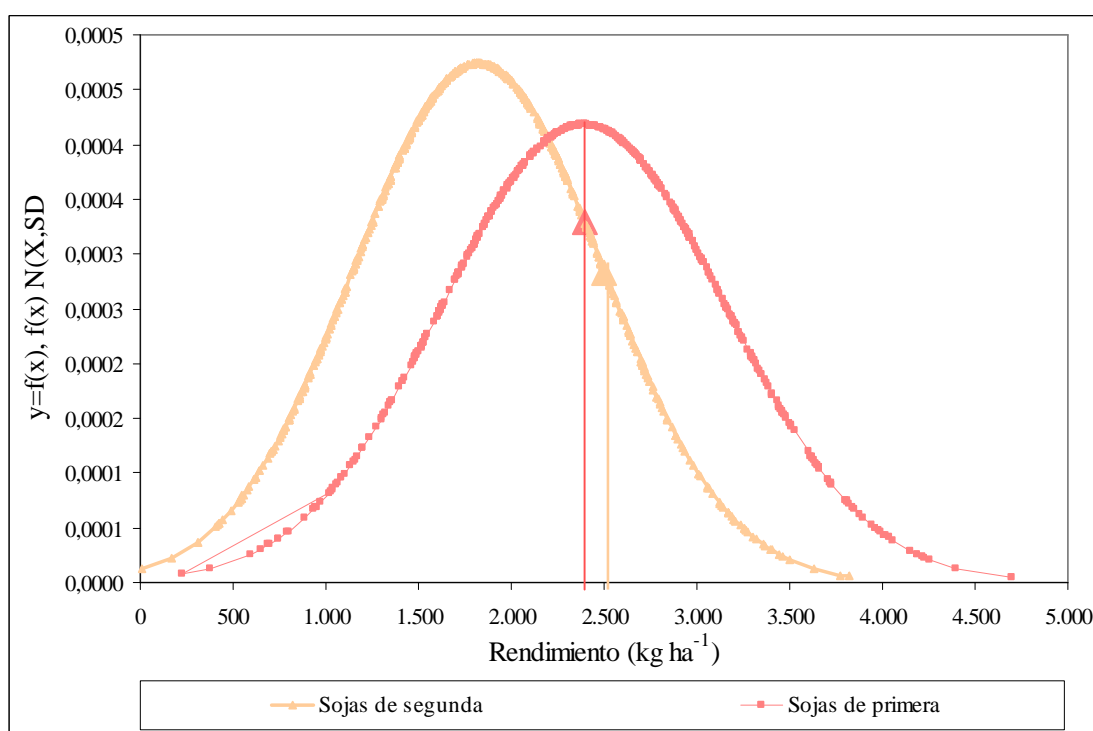


Gráfico 42 - Distribución de probabilidades normalizada de rendimientos (kg ha^{-1}). Sojas de primera y Sojas de segunda (2006/2007-2009/2010)

Los diagramas de cajas elaborados de acuerdo a los distintos percentiles de cada población de chacras de soja y para la población global, permiten extraer algunas conclusiones más ajustadas a las reales diferencias entre las dos modalidades de siembra; pero claro está limitadas a la información disponible, condicionada al conjunto de zafras evaluadas, la cantidad de chacras con datos, así como la distribución espacial-temporal de las mismas.

- Los rendimientos mínimos fueron “muy bajos” ($< 500 \text{ kg ha}^{-1}$), cualquiera sea la modalidad de siembra.
- Mientras que el peor 10% de las chacras de sojas de segunda quedaron por debajo de los 1.000 kg ha^{-1} , el límite superior fue 1.500 kg ha^{-1} en sojas de primera.
- Los rendimientos máximos se situaron en el rango de 4.500 kg ha^{-1} - 5.000 kg ha^{-1} en sojas de primera y en el rango de 3.500 kg ha^{-1} - 4.000 kg ha^{-1} en sojas de segunda.
- El mejor 10% de las chacras de sojas de segunda partieron de un piso de 2.700 kg ha^{-1} , mientras que en chacras de sojas de primera ese piso fue 3.365 kg ha^{-1} .
- La mitad de las chacras de sojas de primera y menos de la cuarta parte de las chacras de soja de segunda alcanzaron rendimientos superiores a 2.360 kg ha^{-1} .

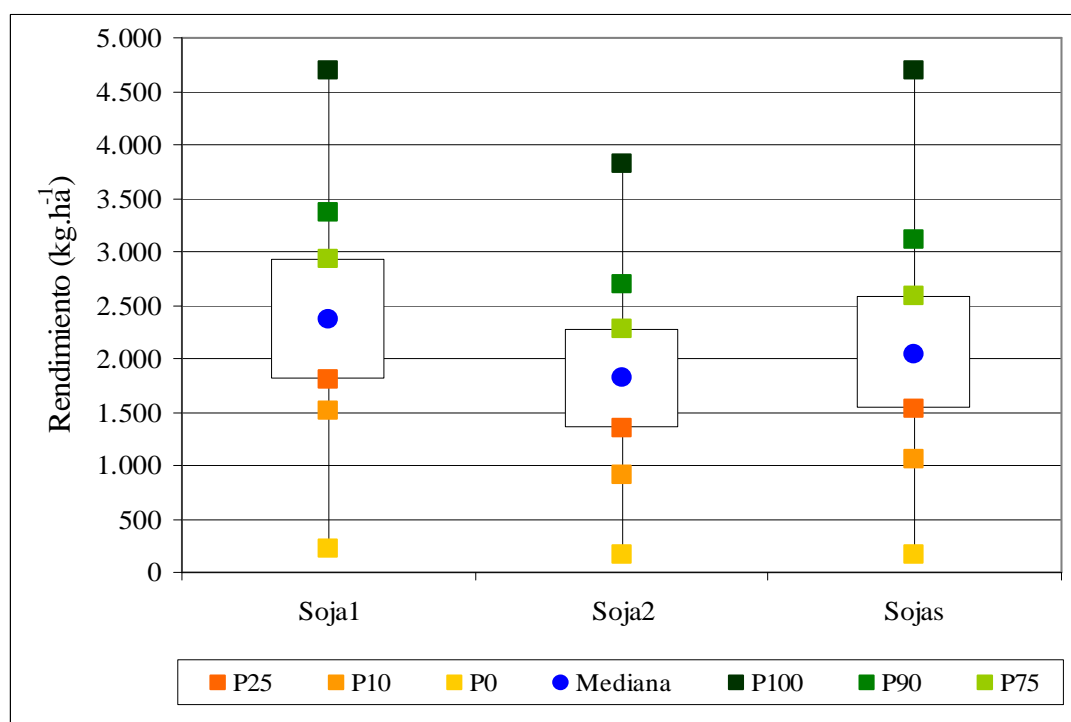


Gráfico 43 – Rendimientos (kg ha^{-1}) de sojas de primera/segunda y globales de chacras CREA (2006/2007-2009/2010)

En cualquier caso y más allá del análisis anterior, el objetivo es intentar explicar la variabilidad de rendimientos que se observa a nivel de chacras. El gráfico muestra las distribuciones de rendimiento de cada una de las cuatro zafras para todas las sojas (sojas de primera y sojas de segunda indistintamente), así como la distribución de toda la población de chacras. La dispersión de rendimientos es alta en general y las diferencias de rendimiento entre el máximo y el mínimo varían entre $3,0 \text{ tm ha}^{-1}$ y casi $4,5 \text{ tm ha}^{-1}$ según la zafra considerada.

Si bien como indican los datos y como se observa en las curvas (suavizadas) la zafra 2007/2008 está levemente escorada a la izquierda –con su media de rendimientos por debajo de las $2,0 \text{ tm ha}^{-1}$ –, y las zafras 2008/2009 y 2009/2010 quedan levemente corridas hacia la derecha –con sus medias de rendimientos por encima de las $2,0 \text{ tm ha}^{-1}$ –. Los rendimientos medios (del conjunto de las sojas) no se apartan en ninguna zafra sustantivamente de ese rendimiento medio global. Ahora bien, ¿indican los datos disponibles algo más sobre las zafras?.

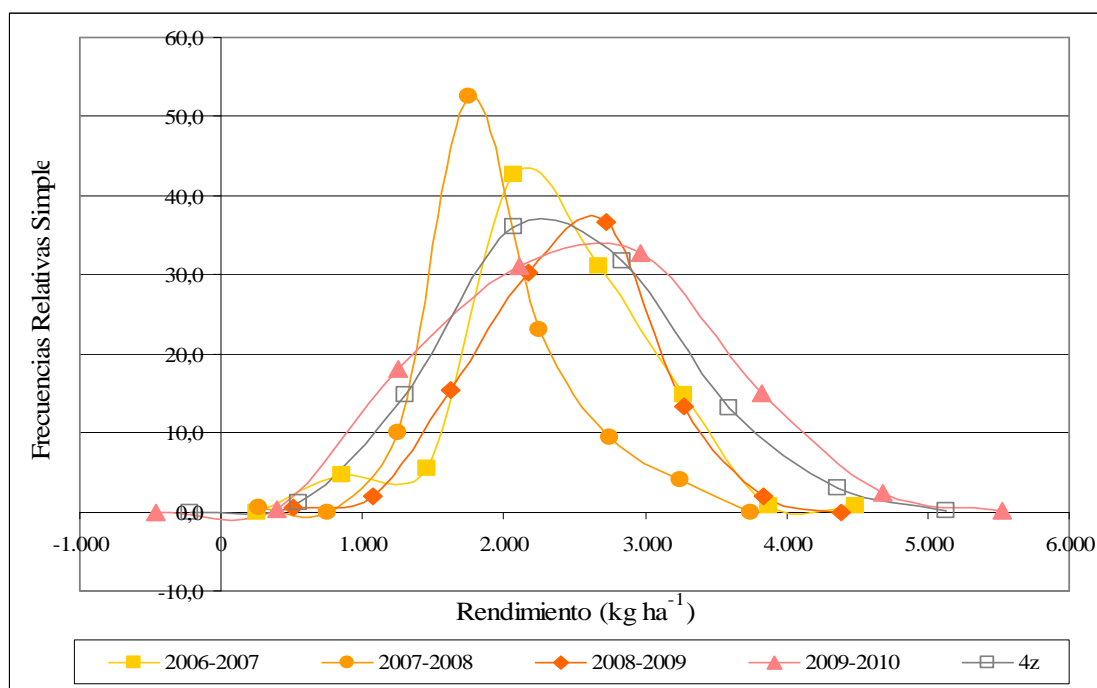


Gráfico 44 - Frecuencias relativas simples según rendimiento medio (kg ha^{-1}) \pm desvíos. Soja (2006/2007-2009/2010)

El gráfico siguiente presenta los diagramas de caja de las sojas de primera y las sojas de segunda para cada zafra, una mirada detenida de los diagramas sugiere algunas tendencias de comportamiento. Se recuerda que la cantidad de chacras es variable entre

sojas y entre zafras y va desde un mínimo de 61 chacras (sojas de primera 2008/2009 y sojas de segunda 2006/2007) hasta 501 chacras en las sojas de segunda de la zafra 2009/2010.

- a) Los rendimientos mínimos (P0) fueron habitualmente más bajos en sojas de primera que en sojas de segunda, de hecho en el período analizado, las sojas de primera suman tres de cuatro mínimos.
- b) Cuando se visualiza para las chacras de más bajos rendimientos el peor 10%, el techo se sitúa en los 1.500 kg ha⁻¹, y en este caso las sojas de segunda quedan igual o por debajo de las de primera.
- c) Salvo una ligera excepción, la peor cuarta parte de las chacras para ambas sojas y en todas las zafras, tuvieron rendimientos por debajo de los 2.000 kg ha⁻¹.
- d) Cuando se observan los rendimientos medianos, salvo la zafra 2009/2010 donde las sojas de primera quedaron casi una tonelada por encima, en las demás zafras las diferencias son pequeñas.
- e) Salvo las chacras de sojas de primera de la zafra 2009/2010, la mitad de las chacras alcanzaron rendimientos por debajo de los 2.000 kg ha⁻¹, siete poblaciones en cuatro zafras distintas.
- f) En este conjunto de datos, recién en el 10% de las chacras de productividad más alta –aunque no en todas las zafras-, es donde las sojas de primera abrieron una diferencia apreciable sobre las sojas de segunda.
- g) Los rendimientos máximos absolutos (P100) variaron entre 3,2 tm ha⁻¹ y 4,7 tm ha⁻¹; en este caso las sojas de segunda nunca superaron el techo de las 4,0 tm ha⁻¹.
- h) Tal como muestran los diagramas, parece no existir una relación clara entre los rendimientos medianos y la dispersión de los datos -leída entre sus extremos o a través de la mitad central-.

Además de las zafras agrícolas, la otra variable que cruza transversalmente los datos originales es la localización geográfica, cuyo corte principal fue denominado ambiente agroclimático en la descripción de los datos en la población multizafra de todos los cultivos. El cuadro siguiente presenta los descriptores básicos de los seis ambientes identificados donde se sembraron chacras con sojas de primera o sojas de segunda.

La cantidad de chacras de sojas es muy variable entre ambientes; si se toman solo los cuatro departamentos del litoral oeste (desde Paysandú hasta Colonia), allí se encuentran 1.061 chacras de la población global, cerca de cuatro de cada cinco chacras (77,7%). Sin embargo la totalidad de las chacras ubicadas en los ambientes menos tradicionales (CS, SE1, SE2) fueron sembradas en la zafra 2009/2010.

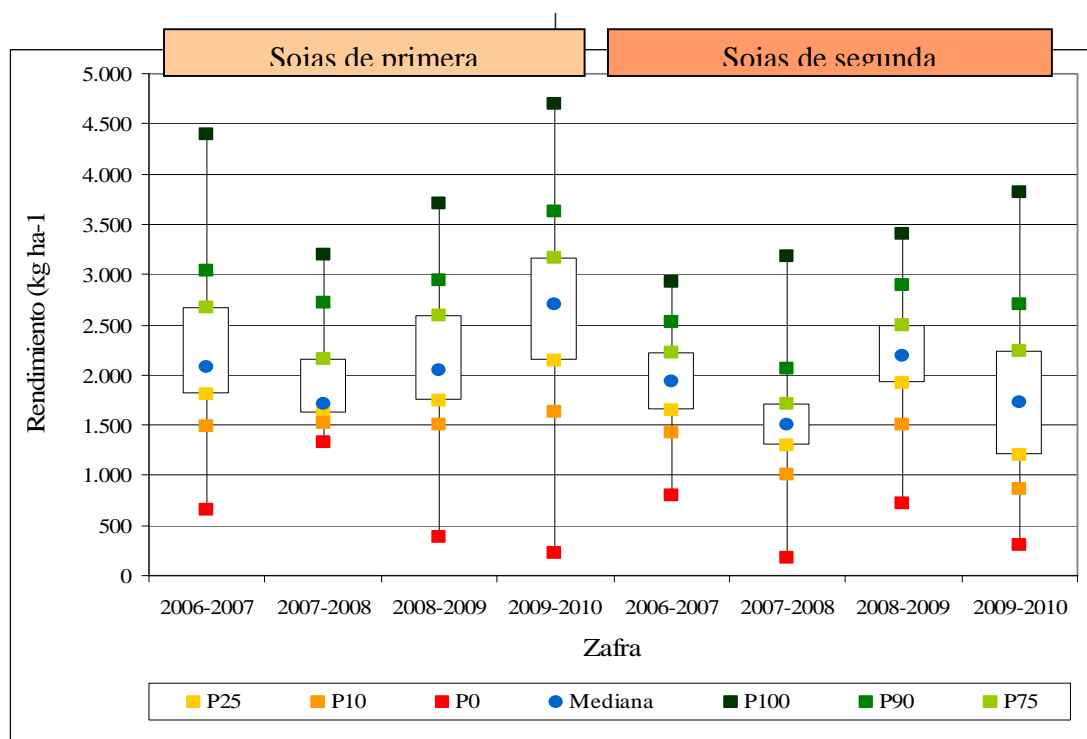


Gráfico 45 – Rendimientos (kg ha^{-1}) de sojas de primera y de sojas de segunda en chacras CREA por zafra (2006/2007-2009/2010)

Por lo cual si se considera solamente la última zafra analizada (2009/2010), el enorme desbalance a favor de los ambientes del litoral oeste se reduce parcialmente. En ese caso los mismos cuatro departamentos costeros suman 548 chacras de la población de la última zafra, o sea menos de dos tercios del total (64,7%); si solamente se consideran las zafras previas, toda las chacras en estas bases de datos estaban en los ambientes tradicionales.

En cualquier caso –y tal como se verá con mayor detalle en los diagramas de caja-, aún considerando únicamente la zafra 2009/2010, la variabilidad es muy diversa entre ambientes, desde media hasta muy alta y aunque no parece evidente, la dispersión de los rendimientos (medida a través del coeficiente de variación) mantiene una correlación media negativa (-0,660) con la cantidad de chacras en cada ambiente. En el conjunto de los datos, la población de chacras más destacada es las de sojas de primera de la zafra 2009/2010, que coincide con una primavera lluviosa. A diferencia las zafras anteriores, esa situación tuvo impacto en las chacras de maíz de primera de la misma zafra, pero no así en los maíces, los sorgos o las sojas de segunda, aunque tampoco en los sorgos de primera –situación en parte explicada por su temporada de siembras-.

Cuadro 83 - Valores de los estadígrafos por ambiente agroclimático.
Soja de primera + Soja de segunda (2006/2007-2009/2010)

Estadígrafo	Ambiente agroclimático					
	CS	LC	LS1	LS2	SE1	SE2
N	136	330	731	86	68	15
Mínimo*	443,9	170,0	375,6	408,6	226,7	308,2
Máximo*	3.206,5	4.186,1	4.693,8	3.645,9	3.376,7	2.950,0
Rango*	2.762,6	4.016,1	4.318,2	3.237,3	3.150,0	2.641,8
Media*	1.590,6	2.083,1	2.248,1	1.638,2	1.770,7	1.323,6
Mediana*	1.347,2	2.064,5	2.200,0	1.500,3	1.776,4	1.172,2
CV%	46,4	38,9	30,4	45,1	33,4	63,1

Referencias: * (kg ha^{-1}), CS = Centro Sur, LC = Litoral Centro, LS1 = Litoral Sur 1, SE1 = Sudeste 1.

Las distribuciones de los datos son muy simétricas en los ambientes Litoral Centro y Sudeste I, y muestran un sesgo positivo en los demás casos, en el Centro Sur el sesgo es el doble que en las demás ambientes. Allí una proporción reducida de las chacras que alcanzaron altos rendimientos eleva el promedio general de rendimientos, por lo cual en esos ambientes el valor de la mediana refleja mejor la tendencia central.

Finalmente salvo la distribución de rendimientos del Litoral Centro –que además de ser simétrica- es mesocúrtica, lo cual la convierte en una distribución prácticamente normal, las demás son más o menos elevadas o aplanadas. Las situaciones extremas son: las del ambiente Sudeste I que si bien es simétrica es bastante aplanada, y en el otro extremo las de los ambientes Centro Sur y Sudeste II que tienden a ser elevadas.

Cuadro 84 - Valores de los estadígrafos por ambiente agroclimático.
Soja de primera + Soja de segunda (2009/2010)

Estadígrafo	Ambiente agroclimático					
	CS	LC	LS1	LS2	SE1	SE2
N	136	275	273	80	68	15
Mínimo*	443,9	306,8	790,8	408,6	226,7	308,2
Máximo*	3.206,5	4.186,1	4.693,8	3.645,9	3.376,7	2.950,0
Rango*	2.762,6	3.879,3	3.903,0	3.237,3	3.150,0	2.641,8
Media*	1.590,6	2.126,4	2.611,7	1.657,3	1.770,7	1.323,6
Mediana*	1.347,2	2.138,3	2.504,2	1.511,7	1.776,4	1.172,2
CV%	46,4	40,5	25,9	46,0	33,4	63,1

Referencias: * (kg ha^{-1})

El siguiente diagrama de cajas describe las distribuciones de los rendimientos para los seis ambientes en la zafra agrícola 2009/2010; lamentablemente es justo esa - una sola zafra agrícola- la principal limitante a los efectos de derivar conclusiones robustas o enunciados enseñables de los mismos. Las mismas reúnen datos de 15 a 275 chacras según los ambientes, dentro de un total de 847 chacras de soja de primera o soja de segunda.

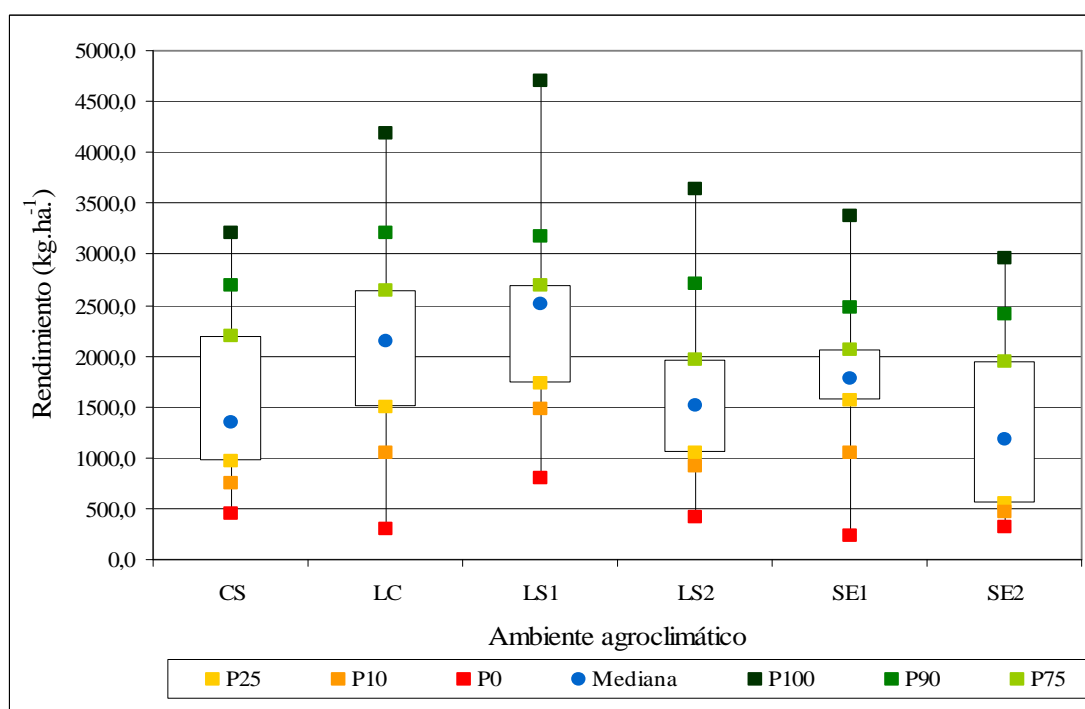


Grafico 46 – Rendimientos (kg ha^{-1}) de sojas de primera/segunda en chacras CREA por ambiente (2009/2010)

Teniendo entonces en cuenta sus limitaciones, las principales conclusiones son:

- Los rendimientos mínimos que oscilan en torno a los 400 kg ha^{-1} mostraron una alta dispersión en términos relativos, pero hubo justamente menos de 400 kg ha^{-1} entre los ambientes extremos. En todos los casos los mínimos fueron muy bajos rendimientos.
- Al observar la peor décima parte de las chacras en cada ambiente, si bien la dispersión relativa disminuye, los techos de esa décima parte se separaron más de una tonelada entre el ambiente Sudeste II y el Litoral Sur I.

- c) Lo mismo sucede al visualizar la cuarta parte inferior de cada distribución de rendimientos, la dispersión relativa es similar al caso anterior, quedando separados los techos por casi 1.200 kg ha^{-1} de diferencia entre los mismos ambientes.
- d) La consecuencia importante es entonces que, la cuarta parte de las chacras en el Sudeste I tuvieron rendimientos por debajo de 550 kg ha^{-1} , mientras que la misma cuarta parte quedó por debajo de 970 kg ha^{-1} en el Centro Sur, y por debajo de 1.730 kg ha^{-1} en el Litoral Sur I.
- e) Cuando se observan los rendimientos medianos, la variación relativa sigue cayendo pero la distancia entre ambientes se sitúa en 1.300 kg ha^{-1} , la mitad o más de las chacras de los ambientes Sudeste II y Centro Sur no alcanzan rendimientos superiores a 1.350 kg ha^{-1} .
- f) En el otro extremo, la mitad de las chacras en el ambiente Litoral Sur I alcanzan rendimientos superiores a 2.500 kg ha^{-1} . Si estos datos pudieran ser leídos como probabilidades, la lectura se vuelve esclarecedora (y más dramática).
- g) Si bien los rendimientos máximos de esa zafra igualan o superan los 3.000 kg ha^{-1} en todos los ambientes, tres cuartas partes de las chacras no superan o apenas superan los 2.000 kg ha^{-1} en el Centro Sur, Litoral Sur II, y los ambientes Sudestes.
- h) Finalmente, solamente en los ambientes Litoral Centro y Litoral Sur I se superaron los 4.000 kg ha^{-1} en la zafra analizada, y solamente en los mismos la décima parte de las chacras superaron los 3.150 kg ha^{-1} ; la cual es no obstante una pequeña proporción.

4.3.3.1. El procedimiento de Clusters

Al igual que en los cultivos de invierno, como primer análisis para identificar las variables explicativas del comportamiento productivo de soja (medido –recuérdese– por una sola variable cuantitativa, el rendimiento físico), se utilizó el análisis de agrupamientos (clusters procedure) utilizando el mismo método de enlace promedio (average linkage).

El diagrama debajo presenta los cinco clusters armados por el procedimiento señalado así como la distancia euclídea (utilizando el programa Infostat). Al igual que en los demás casos, si bien es imposible visualizar los registros (las chacras) en el eje que sería el eje de ordenadas (en este diagrama), allí se encuentran 1.366 chacras de sojas de primera o sojas de segunda.

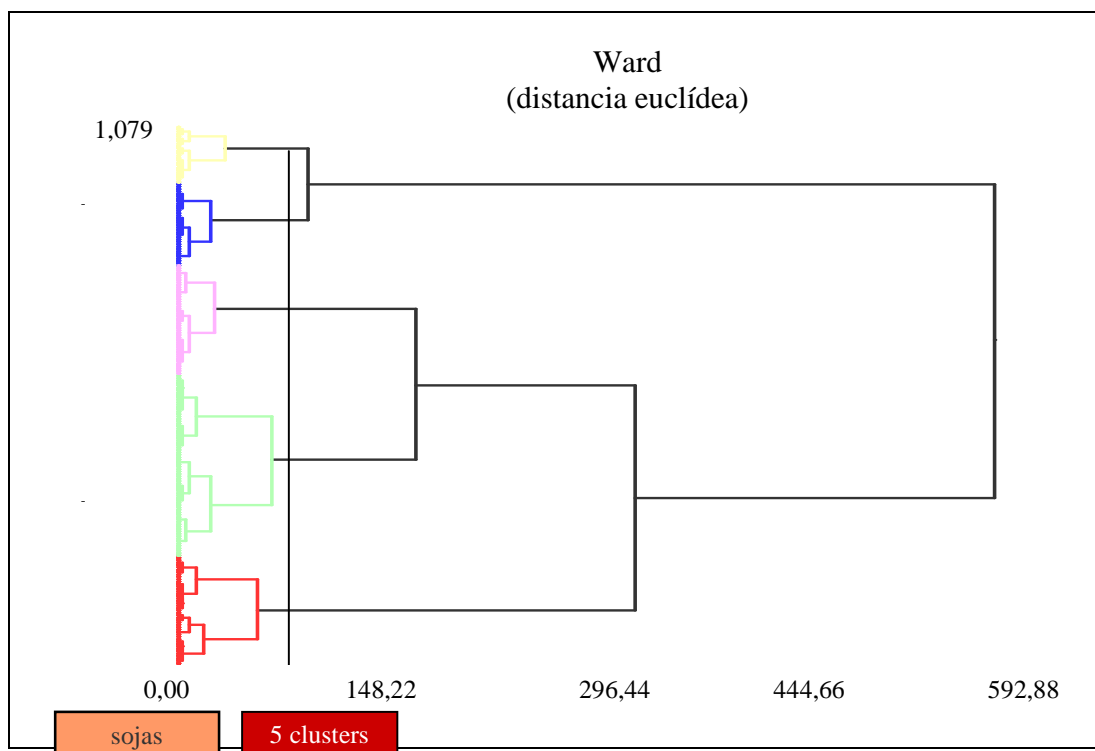


Gráfico 47 - Dendrograma para 1366 chacras CREA de soja
(2006/2007-2009/2010)

La línea vertical que une cinco ramas (cinco dedos) del diagrama nuevamente intenta indicar los –cinco- grupos seleccionados para el análisis de los datos. Los mismos son –como se mostrará a continuación- nítidamente distintos entre sí –tomando como variable dependiente el rendimiento de chacra corregido por humedad-, a la vez que conservan cierta variabilidad interna.

El gráfico siguiente presenta las medidas de tendencia central (media y mediana) de los rendimientos y las variabilidad dentro de cada grupo (cluster). Los cinco grupos que aparecen ordenados en el gráfico de menores a mayores rendimientos, se identifican como los clusters de rendimiento muy bajo (MB), bajo (B), medio (M), alto (A), y muy alto (MA), y –en ese orden en el gráfico, aunque no en las tablas de análisis-.

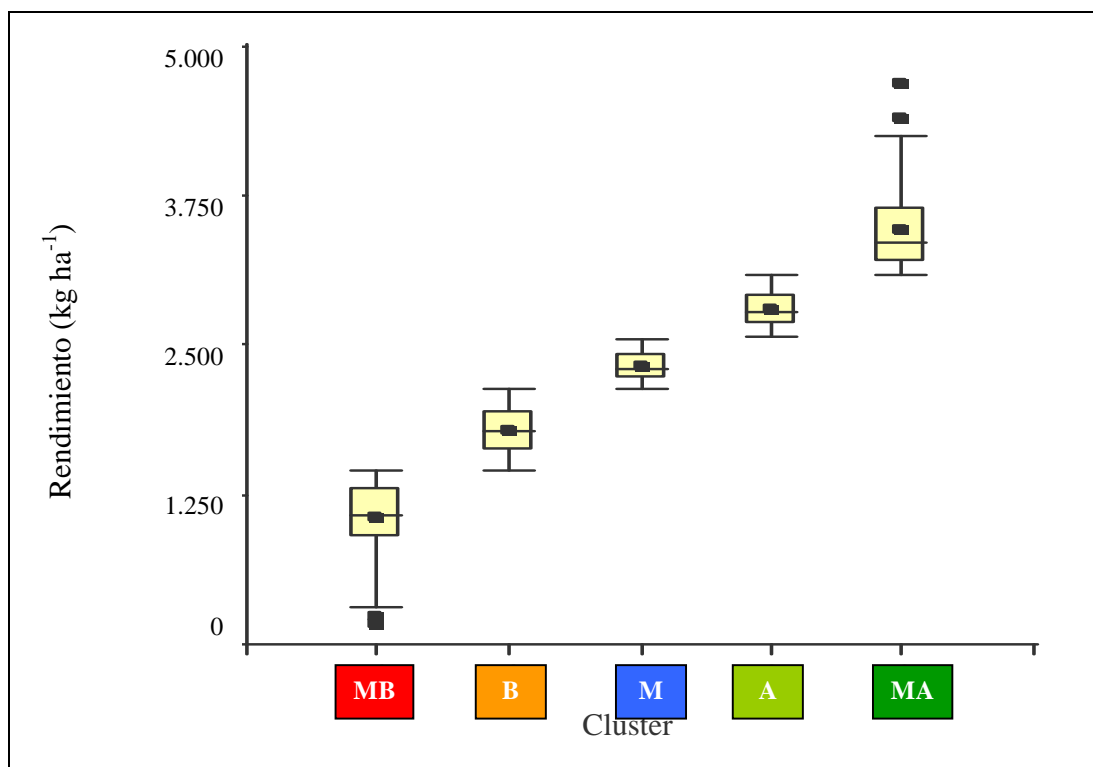


Gráfico 48 - Rendimientos (kg ha^{-1}) de las sojas según cluster (2006/2007-2009/2010)

Como se ve en el gráfico, la mitad de las chacras de cada cluster están muy concentradas en torno a la tendencia central, y salvo los grupos extremos (el de “muy bajos” rendimientos y el de “muy altos” rendimientos), la totalidad de las chacras muestran una alta concentración relativa en torno a sus medidas de tendencia central. No obstante los descriptores estadísticos no siempre confirman la imagen visual.

En ese sentido y antes de estudiar las variables disponibles que pueden explicar las diferencias entre grupos, es importante visualizar sus atributos básicos. El cuadro siguiente presenta parte de la descripción estadística. Las tres primeras constataciones son respecto al tamaño de los clusters, los dos primeros (que incluyen los muy bajos y bajos rendimientos) representan la mitad de las chacras en la población.

El cluster de bajos rendimientos –que por si solo es un tercio del total- es más de tres veces más grande que el cluster de “muy altos” rendimientos; y este apenas representa la décima parte de la población. Tal parece que lo que aquí se denominan rendimientos muy bajos y bajos fueran muy frecuentes, en realidad la media general de rendimientos queda incluida en el extremo superior del cluster de bajos rendimientos, y

el cluster de muy altos rendimientos incluye las chacras con productividades superiores a las 3,1 tm ha⁻¹.

En segundo lugar parece importante detenerse en los límites de clase y las tendencias centrales de cada cluster, el de muy bajos rendimientos incluye chacras de hasta 1.450 kg ha⁻¹, pero su centro de gravedad se sitúa en torno a 1.000 kg ha⁻¹. Como se mencionaba, el cluster de bajos rendimientos incluye todas las siguientes chacras con hasta 2.130 kg ha⁻¹ -apenas por encima de la media general de la población-, pero su centro de gravedad queda por debajo de 1.800 kg ha⁻¹.

El cluster de rendimientos medios va desde encima de la medida general hasta las chacras que llegan hasta 2.550 kg ha⁻¹, si bien su media se sitúa apenas encima de los 2.300 kg ha⁻¹; en ese sentido es casi simétrico al cluster anterior respecto a la media de la población. El cluster de rendimientos altos, incluye las chacras que llegan hasta 3.100 kg ha⁻¹, en torno a una media de 2.800 kg ha⁻¹. Finalmente vale decir que el grupo de muy altos rendimientos incluye chacras con hasta casi 4.700 kg ha⁻¹, aunque su media aritmética queda por debajo de 3.500 kg ha⁻¹.

Cuadro 85 - Valores de los estadígrafos según cluster y para la población de chacras. Sojas (2006/07-2009/10)

Cluster	Chacras		Rendimiento (kg ha ⁻¹)				
	(cantidad)	(%)	Mínimo	Máximo	Media	Desvío	CV%
MB	283	20,7	170,0	1.448,7	1.055,0	282,3	26,8
B	459	33,6	1.454,1	2.127,0	1.782,0	192,3	10,8
M	273	20,0	2.137,6	2.558,7	2.327,5	120,0	5,2
A	210	15,4	2.564,6	3.084,8	2.798,9	145,7	5,2
MA	141	10,3	3.101,0	4.693,8	3.464,9	330,3	9,5
Total	1.366	100,0	170,0	4.693,8	2.070,5	764,0	36,9

La última observación es la primera sobre la variabilidad observada, fueron muy escasos los rendimientos por debajo de 500 kg ha⁻¹ y por encima de 4.000 kg ha⁻¹, -menos de 1,0% de la población de chacras en cada caso-. Incluso las chacras con rendimientos superiores a 3.500 kg ha⁻¹ fueron también escasas, representan apenas 3,5% del total, o sea, apenas más de una de cada treinta chacras de esta población, superaron ese nivel de rendimiento.

Salvo el grupo de muy bajos rendimientos que presenta una variabilidad interna media, los demás grupos son muy homogéneos internamente, y la variabilidad es baja a muy baja en todos los casos; incluso el cluster de muy altos rendimientos que presenta chacras cuyas productividades son distantes al grueso de la población e incluso a la

mayor parte de su grupo (outliers), presenta una baja dispersión desde el punto de vista estadístico.

Las variables ambientales

Si bien luego se resumirá la información global atendiendo a la clasificación utilizada en cultivos de invierno, en la medida que se presentó con detalle el comportamiento (medido a través de la productividad) de las sojas en cada zafra, se presentan los resultados del procedimiento de clusters para la variable zafra; considerando que cerca de dos tercios de las chacras pertenecen a la zafra 2009/2010, y el resto se reparten en las tres zafras previas.

Cuando se toman las sojas de primera y las sojas de segunda como una sola población, la zafra de peor comportamiento del período analizado, fue la zafra 2007/2008 -con al grueso de su población centrada hacia la cola izquierda del intervalo de rendimientos-, mientras que la zafra 2008/2009 tiende a mostrar productividades más concentradas en el rango de $2,0 \text{ tm ha}^{-1}$ a $3,0 \text{ tm ha}^{-1}$, mientras que la zafra 2009/2010 muestra una enorme dispersión de rendimientos, que van desde los muy bajos a los muy altos.

En consecuencia y tal como se observa en el cuadro siguiente, las zafras agrícolas o el efecto año, -salvo la zafra 2007/2008- no son en general una variable explicativa de los clusters de rendimiento. Tan solo la zafra citada, tiende a semi ordenar los clusters. En particular el cluster de muy altos rendimientos tiene muy pocas chacras sembradas en esa zafra -menos de una décima parte de las que corresponderían-, y el cluster de bajos rendimientos, presenta más del doble de las que tendría en un reparto no sesgado. Justamente los sesgos confirman estas tendencias.

Cuadro 86 - Proporción de chacras (%) de soja por zafra agrícola según cluster (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Zafra				Total
	2006/2007	2007/2008	2008/2009	2009/2010	
MB	5,3	13,4	6,4	74,9	100,0
A	12,4	7,1	16,2	64,3	100,0
MA	3,5	1,4	8,5	86,5	100,0
B	15,7	21,6	16,8	46,0	100,0
M	11,0	5,5	22,3	61,2	100,0
Total	10,8	12,4	14,8	62,0	100,0

Además el cuadro permite extraer tres conclusiones adicionales sobre un eventual efecto año. Primero las zafra 2006/2007 y 2008/2009 que suman entre 150 y 200 chacras respectivamente, no ordenan los clusters, no contribuyen a explicar las tendencias de rendimiento observadas. Segundo, es similar el efecto de la zafra 2009/2010 donde están el grueso de las chacras de cada cluster; y tercero, hay chacras de todos los clusters de rendimiento en todas las zafras, aunque son muy escasas las del cluster “muy alto” en la zafra 2007/2008, pero también en la zafra 2006/2007.

Ahora bien, si –en este período- no hay un nítido efecto año que contribuya a explicar las diferencias de rendimientos observadas, salvo una tendencia a medias ilustrada por la zafra 2007/2008; el segundo componente mayor del entorno ambiental, ¿aportará mayor capacidad explicativa sobre las diferencias de rendimiento ilustradas por los cinco clusters identificados?. El cuadro siguiente muestra parte de la información generada.

Como puede observarse, salvo la ausencia de chacras del cluster de “muy altos” rendimientos en el ambiente Sudeste 2 -un ambiente que apenas reúne una de cada cien chacras de la población-, hay chacras de todos los clusters en todos los ambientes. En ese sentido la visión global es muy similar a aquella de las zafra agrícolas. Tampoco ningún ambiente ordena los clusters desde el de muy bajos rendimientos hasta el de rendimientos muy altos.

Cuadro 87 - Proporción de chacras (%) de soja por ambiente según cluster
(2006/2007-2009/2010)

Cluster	Ambiente						Total
	CS	LC	LS1	LS2	SE1	SE2	
MB	25,4	25,8	25,1	14,5	5,7	3,5	100,0
A	8,6	22,4	64,3	2,4	1,9	0,5	100,0
MA	2,1	30,5	62,4	3,5	1,4	0,0	100,0
B	5,7	21,4	58,8	5,4	8,3	0,4	100,0
M	6,2	25,3	61,2	3,7	2,9	0,7	100,0
Total	10,0	24,2	53,5	6,3	5,0	1,1	100,0

Sin embargo este ambiente agroclimático aporta algunas contribuciones parciales en el sentido de comenzar a dilucidar una parte de las variables que pueden explicar las diferencias de rendimiento observadas. En primer lugar, el ambiente Centro Sur agrupa la cuarta parte de las chacras de muy bajos rendimientos, cuando apenas debería contener una décima parte de las mismas; mientras que solo suma una de cada cincuenta chacras de muy altos rendimientos.

Un efecto similar –aunque ya no desde la proporción de chacras del cluster, sino de las relaciones entre las proporciones-, sucede con los ambientes Litoral Sur II y Sudeste II. Sin embargo en los dos casos la eventual asociación con rendimientos pobres, se pierde en el escalón siguiente, ya en el cluster de bajos rendimientos. El único ambiente agroclimático donde este cluster está sobre representado, es el Sudeste II, donde hay escasas chacras de los clusters “alto” y “muy alto”.

En el otro extremo, en el Litoral Sur I donde estaban más de la mitad de las chacras de toda la población, y más de la mitad de los datos en casi todos los clusters, se sembraron la cuarta parte de las chacras que quedaron en el cluster de muy bajos rendimientos. Una lectura probabilística diría que si bien es posible obtener muy bajos rendimientos en dicho ambiente, fue menos probable que obtener rendimientos “bajos”, “medios”, ..., “muy altos”; esa tendencia no se observa en ningún otro ambiente.

En una síntesis general de los ambientes agroclimáticos identificados, en el ambiente Centro Sur están muy sobre representadas las chacras de muy bajos rendimientos, y están subrepresentadas las chacras de los demás clusters, en particular el cluster de muy altos rendimientos. Algo similar sucede en el ambiente Litoral Sur II -aunque en este caso el sesgo más negativo ocurre con el cluster de altos rendimientos-, y en el ambiente Sudeste II –aunque existen menos chacras-.

En el ambiente Litoral Centro si bien está sobre representado el cluster de muy altos rendimientos –también lo está aunque menos claramente el cluster de “muy bajos”. El ambiente no muestra un comportamiento consistente, quizás porque Río Negro se parece –en este análisis- más a Soriano y Colonia, y Paysandú muestra tendencias similares a Durazno (en el ambiente Centro Sur).

El ambiente Litoral Sur I es la imagen reversa del ambiente Centro Sur, y como se decía antes está muy subrepresentado el cluster de muy bajos rendimientos, y los demás clusters muestran sesgo positivo, incluso el cluster de bajos rendimientos, aunque es el más pequeño en términos comparativos.

Finalmente el ambiente Sudeste I separa los clusters de “muy bajos” y “bajos” rendimientos –con sesgo positivo- de los restantes –con sesgo negativo-. La diferencia en este caso es que el cluster más asociado al ambiente es el de bajos rendimientos, y no como en la primera familia –Centro Sur, Litoral Sur II y Sudeste II-, donde lo era el cluster de muy bajos rendimientos.

En el cuadro siguiente se presentan las demás variables ambientales para las cuales se generó información. Ellas son lo que antes llamamos la aptitud agrícola general y la aptitud agrícola específica. En este caso se optó por cambiar el enfoque de análisis para la primera variable, se seleccionaron tres de las unidades de suelo en las cuales aparentemente se situaron más de un tercio de las chacras. Vale la pena recordar que se identificaron veintisiete unidades de suelo distintas, sin contar 61 chacras (4,5%) para las cuales ello no fue posible.

Las tres unidades de suelo están entre las seis más frecuentes en la población general, Bequeló (349 chacras), Libertad (78 chacras) y Trinidad (65), y tienen como factor común haber sido clasificadas como tierras agrícolas de la clase muy alta, muy aptas para cultivos de invierno y también para cultivos de verano (Durán, 1991). La diferencia principal como lo indica en cierta medida su denominación, está en su localización dominante (aunque en el presente estudio la unidad Libertad aparece representada por las chacras del departamento de Colonia).

Si bien existen diferencias adicionales en variables como las pendientes dominantes, la fertilidad natural, o aún en características asociadas como el riesgo de erosión, no resulta sencillo explicar las diferencias observadas entre la unidad Libertad, donde los clusters aparecen “lógicamente” ordenados, e incluso los sesgos negativos o positivos parecen coherentes, con la unidad Trinidad, donde está nítidamente sobre representado el cluster de muy bajos rendimientos.

Siguiendo el mismo enfoque, vale decir que unidades como Algorta, Chapicuy, San Jorge y Vergara –que en conjunto suman sesenta chacras, menos del 5,0% del total de la población-, muestran un sesgo claramente positivo para el cluster de muy bajos

rendimientos; pero la tendencia se pierde fuera de ese cluster. Lo mismo sucede al evaluar unidades como Andresito, José Pedro Varela, Manuel Oribe y Montecoral.

Cuadro 88 - Proporción (%) por valor específico de variables ambientales según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Variables ambientales							
	2007/2008	CS	SE1	Bq	Li	Tr	MA ₁	MA ₂
MB	13,4	25,4	5,7	9,5	0,7	11,3	54,8	36,7
A	7,1	8,6	1,9	31,0	10,0	1,9	79,0	65,2
MA	1,4	2,1	1,4	20,6	10,6	3,5	84,4	73,0
B	21,6	5,7	8,3	29,0	4,6	3,9	70,6	55,8
M	5,5	6,2	2,9	34,8	7,0	2,2	80,2	60,8
Total	12,4	10,0	5,0	25,5	5,7	4,8	72,0	56,1

Referencias: CS = Centro Sur, SE1 = Sudeste1, Bq = Bequeló, Li = Libertad, Tr = Trinidad, MA₁ = muy alta aptitud agrícola específica de la unidad de suelo más probable.

Finalmente en las últimas dos columnas, se seleccionó uno de los valores de la aptitud agrícola específica. En los dos casos se muestra la proporción de chacras “muy aptas” para cultivos de verano dentro de cada cluster y en el conjunto de la población. La diferencia entre MA₁ y MA₂ consiste en la probabilidad de acierto en la asignación; esto es la primera reúne las asignaciones más probables para cada chacra, y la segunda, la asignación alternativa, (solo) cuando la primera no parecía tan clara.

Los niveles de error –dados por la proporción de chacras sin datos- son bajos en esta variable y en sus dos asignaciones (4,5% y 7,3%). Cualquiera sea la asignación, más de la mitad de las chacras se habrían sembrado en suelos muy aptos para cultivos de verano, lo mismo habría ocurrido para las chacras de cada cluster, salvo el de “muy bajos” rendimientos en la lectura de la segunda asignación o asignación alterna.

Es decir que se pudieron lograr desde rendimientos “muy altos” a rendimientos “muy bajos” sobre suelos calificados como muy aptos para estos cultivos, pero en ambas asignaciones aparecen sesgos negativos justamente en los clusters de “muy bajos” y “bajos” rendimientos, particularmente en el primero de estos dos clusters. Se puede decir que la probabilidad de obtener “muy bajos” rendimientos disminuye en esas condiciones, aunque está lejos de desaparecer.

Las variables de manejo

Hasta aquí las denominadas variables ambientales contribuyeron parcialmente a explicar las diferencias de rendimiento encontradas entre los grupos identificados, el efecto año en particular solo tuvo un efecto consistente en la peor zafra del período (2007/2008), mientras que el ambiente agroclimático “separó” el cluster de muy bajos rendimientos (Centro Sur, Litoral Sur II y Sudeste II -positivamente-, y Litoral Sur I –negativamente-) o los dos clusters inferiores (Sudeste I).

Entonces, ¿cuanta de la variación observada y de los grupos de rendimiento identificados, pueden asociarse a variables de manejo?. Las variables efectivamente exploradas en las sojas fueron: la modalidad de siembra (primera o segunda), el antecesor inmediato (no siempre el antecesor de invierno claro está), el manejo de suelos, la variedad sembrada, el grupo de madurez y la fecha de siembra.

La importante ausencia de datos para variables como el antecesor de verano (41,4% de las chacras sin datos), el largo de barbecho (41,1% sin datos), la realización de análisis de suelo (23,2%), así como otras en las bases de datos originales (aplicaciones de herbicidas, fungicidas, plaguicidas, ...), implicó que en la práctica quedaran excluidas de la interpretación de resultados; aún cuando ello no impide que puedan ser relevantes en la explicación de las diferencias observadas.

En esta sección se incluyen las variables de manejo disponibles, seleccionando los principales valores en cada uno de los casos, de tal manera de alcanzar simultáneamente dos objetivos, por un lado ver la composición dominante de la tecnología aplicada al cultivo –en este subconjunto de variables-, y por el otro visualizar cuales valores de esas variables se asocian (si sucede) a los clusters de rendimientos muy bajos/bajos y cuales a los clusters de rendimientos altos/muy altos.

Los dos primeros cuadros incluye la modalidad de siembra (sojas de primera o sojas de segunda) y una selección de los antecesores inmediatos. El primer cuadro del par presenta las proporciones de chacras que presentan tal modalidad o tal antecesor en el total de la población y dentro de cada cluster, y el segundo cuadro del par presenta los desvíos de esas proporciones, desvíos positivos indican una suerte de correlación positiva entre el valor de la variable y el cluster en cuestión, y viceversa.

Las dos modalidades de siembra de sojas son en este caso perfectamente complementarias, porque en esa variable no existen chacras sin identificar, o sea que el posible nivel de error es nulo. Tal como lo indican tanto las proporciones como los desvíos, en primer lugar hay tanto sojas de primera como sojas de segunda en todos los clusters (desde muy bajos a muy altos rendimientos), en segundo lugar hay una clara asociación positiva entre las sojas de primera y los clusters de alto y muy alto

rendimiento así como la hay entre las sojas de segunda y los clusters de bajo, medio y sobre todo muy bajo rendimiento.

La información sobre los antecesores inmediatos (el antecesor más reciente identificado) es similar en el sentido que el eventual nivel de error dado por la ausencia de datos es muy bajo (1,9%). La revisión de los datos originales permitió identificar treinta y tres antecesores distintos (algunos por la falta de precisión en los datos), si se integran algunos antecesores de la misma familia (v.g.: las praderas sembradas, los cultivos de sorgo, incluso los distintos verdeos o las coberturas de invierno), la cantidad de antecesores se reduce a menos de la mitad.

Los cuadros elaborados muestran seis antecesores distintos, tres cultivos de invierno, el barbecho químico, el campo natural y la familia de las praderas, lo cuales representan más de cuatro quintas partes de las chacras de las sojas (83,4%). En este subconjunto de 1.139 chacras, el antecesor menos presente es la avena (como cultivo para grano) que antecede a 44 chacras con soja, y el más frecuente es claramente el trigo (como cultivo para grano) que antecede a 496 chacras con soja.

Los trigos y las cebadas se asocian positivamente al cluster de muy bajos rendimientos, una asociación que en buena medida podía anticiparse a partir de la asociación entre las sojas de segunda y el mismo cluster, aunque también se asocia positivamente (en menor magnitud) con el cluster de rendimientos medios. Y muestran un sesgo negativo con los demás clusters, particularmente con los de rendimientos altos y muy altos.

La avena muestra en estos datos el comportamiento opuesto –una de las razones de su elección en la síntesis-, se asocia clara y positivamente a los clusters de rendimientos muy altos y altos. El barbecho químico muestra el mismo comportamiento y las asociaciones son más nítidas aún. Por su parte tanto las praderas sembradas como el campo natural no muestran tendencias consistentes. Las praderas se asocian positivamente con los clusters de rendimientos muy altos y altos pero también con el de bajos rendimientos, y el campo natural se asocia positivamente con el cluster de bajos rendimientos, negativamente con todos los demás.

En síntesis los seis antecesores elegidos –también los más frecuentes individualmente o como familias-, aparecen antes de las sojas de todos los clusters, desde los muy bajos a los muy altos rendimientos. Los trigos y las cebadas con una asociación positiva clara a los clusters de menos rendimientos, la avena y el barbecho químico a los clusters de mayores rendimientos. Al igual que lo que sucede con las praderas sembradas y el campo natural, tanto los maíces como los sorgos no muestran tendencias consistentes, una situación quizás condicionada por la escasa cantidad de chacras que los tenían como antecesores.

Cuadro 89 - Proporción de chacras (%) para modalidad de siembra y antecesores inmediatos según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Modalidades de siembra/Antecesores inmediatos							
	Soja 1	Soja 2	Avena	Trigo	Cebada	BQ	PSx	CN
MB	16,3	83,7	2,1	55,1	19,1	6,0	5,7	2,8
A	65,2	34,8	5,2	20,0	11,4	29,0	18,6	3,3
MA	78,0	22,0	5,7	15,6	9,2	35,5	13,5	3,5
B	41,6	58,4	2,4	35,9	12,0	8,7	13,1	4,8
M	39,2	60,8	2,9	40,3	14,7	14,3	7,7	3,7
Total	43,3	56,7	3,2	36,2	13,6	15,2	11,3	3,8

Referencias: BQ = barbecho químico, PSx = praderas sembradas (distintas edades), CN = campo natural.

Cuadro 90 - Desvíos de las proporciones para modalidad de siembra y antecesores inmediatos según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Modalidades de siembra/Antecesores inmediatos							
	Soja 1	Soja 2	Avena	Trigo	Cebada	BQ	PSx	CN
MB	-62,4	47,6	-34,2	52,1	40,1	-60,4	-50,2	-25,7
A	50,8	-38,7	62,6	-44,8	-16,1	91,7	63,7	-12,4
MA	80,3	-61,2	76,1	-56,9	-32,3	134,0	18,8	-6,8
B	-3,8	2,9	-25,6	-0,8	-12,0	-42,5	15,2	25,9
M	-9,4	7,2	-9,0	11,2	7,6	-5,7	-32,2	-3,8
Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Las dos siguientes variables de manejo son el manejo de suelos y le época de siembra. En el manejo de suelos si bien aparecen tres variantes, el laboreo tradicional, el mínimo laboreo y la siembra directa, es esta última la que fue utilizada en la inmensa mayoría de las chacras de todos los clusters. En esta variable la ausencia de datos en la población general es baja -alcanza al 6,6% de las chacras- y va desde 2,4% en el cluster de altos rendimientos a 10,6% en el cluster de muy bajos rendimientos. Las tendencias observadas son muy débiles o claramente inconsistentes.

La época de siembra se sintetizó en períodos mensuales y va desde fines de setiembre hasta principios de febrero en esta población de chacras, un período que aparenta ser muy extendido, más de 150 días en la práctica. La ausencia de datos en la población general es muy baja -del orden del 2,6% de las chacras-, y varía entre 0,0% en

el cluster de muy altos rendimientos y 4,1% en el cluster de bajos rendimientos. Como se observa la distribución de las siembras es relativamente simétrica respecto a diciembre donde se concentran el 40,8% de las chacras.

Los datos indican dos asociaciones claras y una que no permite conclusiones definitivas. Las siembras de octubre-noviembre que involucran a 478 chacras muestran una asociación positiva clara con los clusters de mayores rendimientos (“altos” y “muy altos”) y una asociación negativa clara con los clusters de menores rendimientos (“bajos” y “muy bajos”); de hecho esta semi-época de siembra “ordena” lógicamente a los clusters.

Las siembras de enero que involucran a 288 chacras muestran una asociación nítida positiva con las chacras del cluster de muy bajos rendimientos, y una asociación negativa con los demás, pero claramente con los clusters de altos y muy altos rendimientos. Son las siembras de diciembre –sobre más de quinientas chacras- las que están en la línea divisoria de las tendencias, se asocian positivamente a los clusters de rendimientos bajos y medios y negativamente a los demás, incluyendo también el cluster de rendimientos muy bajos.

Vale recordar que las siembras de diciembre a febrero suman 852 chacras que son cerca de 80 más que las sojas de segunda, esa es posiblemente una parte de las explicaciones de la inconsistencia que parecen mostrar los datos pero no la única. En cualquier caso y como en el resto de las variables evaluadas individualmente -más allá de las asociaciones evidenciadas y las probabilidades derivadas-, los datos indican que se obtuvieron todos los rendimientos (desde “muy altos” a “muy bajos”) a lo largo del grueso de la temporada de siembras, entre octubre y enero.

Cuadro 91 - Proporción de chacras (%) para manejo de suelos y época de siembra según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Manejo de suelos/Epoca de siembra							
	SD	ML	S	O	N	D	E	F
MB	85,9	1,1	0,0	3,5	7,1	30,4	55,8	1,1
A	89,0	6,7	0,0	19,5	38,1	38,1	2,4	0,5
MA	91,5	1,4	0,0	31,9	43,3	24,1	0,7	0,0
B	84,7	4,6	0,2	7,8	21,8	45,5	20,0	0,4
M	90,8	4,0	0,0	9,9	21,2	54,6	11,7	0,0
Total	87,6	3,7	0,1	11,6	23,4	40,8	21,1	0,4

Cuadro 92 - Desvíos de las proporciones para manejo de suelos y época de siembra según cluster. Sojas (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Variables de Manejo							
	SD	ML	S	O	N	D	E	F
MB	-1,9	-71,6		-69,6	-69,7	-25,6	164,8	141,3
A	1,7	78,6		67,7	63,1	-6,7	-88,7	8,4
MA	4,5	-62,0		174,2	85,3	-41,0	-96,6	
B	-3,2	22,5	197,6	-32,6	-6,7	11,5	-4,9	-0,8
M	3,8	7,9		-15,0	-9,0	33,6	-44,4	
Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Referencias: SD = siembra directa, ML = mínimo laboreo, S = setiembre, ..., F = febrero.

La información elaborada sobre las variedades sembradas fue sintetizada en tres niveles distintos. El primero de ellos es justamente la variedad individual. En esta población se identificaron no menos de 48 materiales sembradas en unas 1.300 chacras, y quedaron unas 65 chacras entre aquellas para las cuales no hay datos y aquellas en las cuales no se pudo determinar sin lugar a dudas la variedad sembrada; en todo caso estas representan menos de una entre cada veinte chacras (4,8%).

Los cuadros siguientes presentan ocho entre las nueve variedades más sembradas –acumulan el 57,0% de las chacras en la población general-, que a su vez incluyen materiales de los grupos de madurez 5, 6 y 7. Para visualizar esta situación en términos comparativos entre cultivos, mientras que en las sojas son necesarias diez variedades para acumular el 60,0% de las chacras en la población, en trigo se llega a la misma proporción sumando las cinco variedades más sembradas y en cebada solo son necesarias las dos primeras para alcanzar esa proporción de las chacras.

Los datos individuales presentados muestran escasísimas tendencias consistentes. Como se observa la variedad DM 5,5i se asocia clara y positivamente al cluster de rendimientos muy bajos, esa asociación positiva ya se pierde en el cluster de rendimientos bajos y se asocia también negativamente al resto de los clusters, particularmente a los de rendimientos altos y muy altos. Ninguna otra variedad “ordena” relativamente bien los clusters.

La variedad TJS 2055 RR se asocia clara positivamente al cluster de rendimientos bajos y presenta asociación negativa –de intensidad variable- con el resto, incluso aunque muy leve con el cluster de rendimientos muy bajos. Y en tercer lugar la variedad A 5777 RG se asocia positivamente con los clusters de rendimientos bajos y

Si en vez de estudiar las variedades individuales, se estudian los grupos de madurez, el comportamiento se resume en los dos cuadros siguientes. La información de los grupos de madurez fue derivada de la identificación de cada variedad individual, y tomada a su vez de los resultados de la evaluación nacional de cultivares del período 2003-2009 (Ceretta s.f., Vilaró s.f.). La asignación del grupo de madurez en dichos resultados aparentemente pasó en el transcurso del tiempo del grupo general al subgrupo -el mismo que muchas veces aparece especificado en el nombre de la variedad-.

Como muestra el primer cuadro, no se llegó al grupo de madurez en menos de una cada veinte chacras, la proporción de chacras sin datos varió entre 3,2% (cluster de rendimientos muy bajos) y 6,4% (cluster de rendimientos muy altos). A su vez más de ocho de cada diez chacras fueron sembradas con variedades de los grupos 5 y 6, en un reparto bastante equilibrado entre ambos grupos, si bien se identificaron materiales de cinco grupos distintos desde el GM 3 hasta el GM 7, aunque son muy escasas las del primero, prácticamente testimoniales.

Sin contar los exiguos datos del GM 3, es el GM 4 el que mejor “ordena” los clusters. Las variedades de este grupo se asocian positivamente con los clusters de rendimientos medios, altos y muy altos y negativamente con los clusters de rendimientos bajos y muy bajos. Además mientras que el cluster de muy altos rendimientos presenta la mayor asociación positiva, el cluster de muy bajos rendimientos presenta la mayor asociación negativa con las variedades del grupo. Si se recuerda Ceretta y Mandl (2002) identificaron una asociación de los materiales del GM3 con ambientes de alto potencial de rendimiento, pero esa “vocación” ya se perdía en los materiales del GM4.

Las variedades del GM 5 no solo no muestran en el análisis grupal ninguna tendencia definida, sino que los desvíos de la proporción media son muy débiles. Las tendencias en el GM 6 son también muy pobres y las intensidades de los desvíos son también bajas en general, si bien se asocian positivamente al cluster de muy bajos rendimientos y en el otro extremo negativamente al cluster de rendimientos muy altos. Ese comportamiento recuerda asimismo las conclusiones de Ceretta y Mandl (2002) sobre los materiales de los GM5-6. Finalmente las variedades del GM 7 presentan las asociaciones más negativas con el cluster de rendimientos medios, sin ninguna tendencia global clara.

Cuadro 95 - Proporción de chacras (%) por grupo de madurez según cluster.
Sojas (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Grupo de madurez						Total
	s/d	3x	4x	5x	6x	7x	
MB	3,2	0,0	2,8	41,0	49,1	3,9	100,0
A	5,2	1,0	10,0	35,2	42,4	6,2	100,0
MA	6,4	0,7	13,5	39,0	34,0	6,4	100,0
B	5,7	0,0	5,9	39,0	43,6	5,9	100,0
M	3,3	0,0	11,0	37,0	46,2	2,6	100,0
Total	4,7	0,2	7,7	38,4	44,1	4,9	100,0

Cuadro 96 - Desvíos de las proporciones por grupo de madurez según cluster.
Sojas (2006/2007-2009/2010)

Cluster	Grupo de madurez						Total
	s/d	3x	4x	5x	6x	7x	
MB	-32,1		-63,2	6,7	11,5	-20,8	0,0
A	11,8	333,7	30,1	-8,3	-3,8	26,2	0,0
MA	36,2	222,9	75,3	1,5	-22,8	30,1	0,0
B	20,9		-23,5	1,5	-1,1	19,9	0,0
M	-29,6		43,0	-3,7	4,7	-47,7	0,0
Total	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

A los efectos de determinar si era posible mejorar las elusivas pistas mostradas hasta el momento sobre las variedades, se investigó el comportamiento a nivel de subgrupos de madurez. Si contar los subgrupos “y,0” (4,0, 5,0, 6,0 y 7,0) que se entiende incluyen materiales no correctamente asignados a nivel de subgrupos, se presentan –en los dos cuadros siguientes- los ocho subgrupos de madurez más frecuentes en la población analizada, los cuales acumulan dos tercios de todas las chacras.

La primera mirada de conjunto muestra que los subgrupos 4,9, 5,4, 5,5 y 6,2 “ordenan” relativamente bien los clusters identificados, mientras que los subgrupos 5,7 y 6,4 muestran una capacidad explicativa más pobre, por su parte los subgrupos 5,8 y 6,1 no muestran tendencias explicativas rescatables. Los primeros cuatro subgrupos mencionados incluyen la quinta parte de las chacras de toda la población, si se agregan los dos subgrupos siguientes (5,7 y 6,4), la proporción queda levemente por debajo de la mitad.

El subgrupo 4,9 (de unas 42 chacras) es el único –en este subconjunto y para esta población- que muestra una asociación nítidamente positiva con los clusters de rendimientos muy altos y altos –en ese orden-, presente una leve asociación positiva con el cluster de rendimientos medios y se asocia negativamente con los clusters de rendimientos bajos y muy bajos. Las variedades de este subgrupo están entonces sobre representadas en los clusters de rendimiento alto y sobretodo muy alto (cuatro veces más en este que en el de muy bajos rendimientos).

Los subgrupos 5,4 (48 ch.), 5,5 (153 ch.) y 6,2 (39 ch.) muestran el comportamiento inverso, los tres exhiben una asociación positiva con los clusters de muy bajos o bajos rendimientos –en ese orden- y negativa con los demás clusters. No obstante los tres subgrupos no “ordenan” los clusters de igual manera, no son igualmente buenos si se analiza esa potencialidad explicativa, de mejor a peor quedan en el orden natural, $5,4 > 5,5 > 6,2$. Sin embargo si se toman los clusters extremos y se evalúa la relación de proporción de chacras, la más alta está en el subgrupo 6,2.

Los subgrupos 5,7 (83 ch.) y 6,4 (265 ch.) también se asocian positivamente con los clusters de muy bajos y bajos rendimientos; en el caso del subgrupo 6,4 la asociación positiva se extiende al cluster de rendimientos medios y esta asociación es incluso mayor que aquella observada con el cluster de bajos rendimientos. Ello no sucede con las variedades del subgrupo 5,7, pero por su parte estas “seleccionan” mejor el cluster de bajos rendimientos; no obstante su distintivo es una fuerte asociación negativa con el cluster de muy altos rendimientos.

Una mirada global de este subconjunto de subrupos -5,4, 5,5, 5,7, 6,2 y 6,4- indica que a través de sus casi 600 chacras, las variedades incluidas en los mismos están sobre más de la mitad (55,1 %) de las chacras del cluster de muy bajos rendimientos y en el otro extremo sobre la cuarta parte (25,5 %) de las chacras del cluster de muy altos rendimientos. La proporción de chacras sube desde ese mínimo en la medida que se pasa de un cluster al siguiente en su “orden natural”.

5. CONCLUSIONES

Las conclusiones han sido divididas en dos grupos principales, las que se derivan de la metodología utilizada y aquellas vinculadas a los resultados –las cuales han sido denominadas conclusiones productivas-. Las conclusiones metodológicas incluyen además sugerencias para posibles estudios futuros, derivadas de la aplicación-utilización de los materiales y métodos. Las mismas reflejan las eventuales limitantes encontradas en la propia información, las restricciones implícitas en la misma y la manera en que pueden ser corregidas, así como las posibilidades asociadas a la utilización de los métodos analíticos empleados, en la medida que la información de partida siga ciertos criterios, registre variables adicionales o disponga de datos completos, o aún la misma información sea reanalizada.

5.1. CONCLUSIONES METODOLÓGICAS

- 1) La unidad de manejo denominada chacra debe ser claramente definida-mantenida de tal manera que suponga la mayor homogeneidad posible de los efectos derivados de las variables ambientales y –salvo en la agricultura de insumos variables-, refleje los mismos valores de las variables de manejo.
- 2) Las variables utilizadas así como los valores que toman las mismas en este u otro estudio –cualquiera sea el método de análisis-, condicionan la lectura explicativa de las causas de variación, y fijan entonces una buena parte del universo de posibilidades para las explicaciones encontradas.
- 3) En el caso específico del presente estudio, la falta de completitud de los datos para varias variables así como las inexactitudes en la definición de los valores de las mismas u otras variables, limitaron-restringieron la interpretación de los resultados.
- 4) El procedimiento de clusters tal como fue utilizado constituye un método de análisis abierto en al menos dos sentidos: a) identifica grupos que pueden incluir los mismos valores de las mismas variables, b) permite la lectura-utilización de todas las variables disponibles; pero no jerarquiza las fuentes de variación.
- 5) El procedimiento de clusters que también es abierto en el sentido que se puede elegir la cantidad de grupos seleccionados, muestra con claridad que las tendencias observadas –conclusiones productivas- habitualmente no excluyen las demás posibilidades.
- 6) El árbol de regresión es un procedimiento cerrado que devuelve una estructura ordenada de las causas de variación y define una cantidad variable de grupos de rendimiento –en todos los cultivos analizados esa cantidad fue mayor que los cinco clusters arbitrariamente identificados en ese procedimiento-.

- 7) Los procedimientos de análisis tal como fueron utilizados en el presente estudio ofrecen posibilidades de complementación de resultados dados sus enfoques explicativos -aún cuando también es posible encontrar resultados aparentemente contradictorios-; pero la evaluación de las interacciones es muy limitada.
- 8) La utilidad (la riqueza) de la información generada está condicionada por: a) la completitud de los datos, b) la exactitud de la información, c) la variabilidad espacial, d) la variabilidad temporal, y e) la utilización de los resultados -la retroalimentación es relevante-.
- 9) La completitud de los datos debe asegurarse en las variables obligadas y debe por lo menos registrarse en las variables eventuales a través de la introducción de variables de ocurrencia; de tal manera que no queden dudas sobre cualquier evento de manejo.
- 10) La información disponible/generada se puede reanalizar o extender su análisis, entre otras posibilidades a través de: a) estandarización de variables, b) análisis por agricultor-empresa, c) análisis de las mismas chacras a lo largo del tiempo, d) análisis de la magnitud de las brechas en la lectura arriba-abajo.
- 11) Las variables potencialmente explicativas de las variaciones en rendimiento incluyen: a) variables ambientales, b) variables estructurales, c) variables de manejo, d) status dinámico de la chacra; y en sentido ampliado: e) la calidad de las tareas y, f) la logística de las actividades.
- 12) Las medidas de resultado -aún en el nivel de la chacra-, concentradas en este estudio en la productividad física, deben ser ampliadas para incorporar: a) indicadores productivos adicionales, b) indicadores de resultado económico, y -sin agotar las posibilidades-, c) indicadores de impacto ambiental.

5.2. CONCLUSIONES PRODUCTIVAS

Las conclusiones productivas están separadas en cuatro partes, en la primera se presentan las respuestas para cada cultivo sobre las brechas de rendimiento, la variabilidad de los mismos y los rendimientos techo medidos por distintas vías. En todos los casos se utiliza la información del conjunto de las zafras analizadas, o sea de todas las chacras con datos de productividad. En la segunda parte se sintetizan las principales causas explicativas de las variaciones de rendimiento encontradas en cultivos de invierno y se comparan las mismas entre cultivos. En la tercera parte se sigue un procedimiento similar con los cultivos de verano, si bien en este caso se trata de dos subgrupos; los granos forrajeros por una parte y los cultivos oleaginosos por otro - representados solo por el cultivo de soja en el presente estudio, debido a la citada ínfima cantidad de chacras de girasol existentes en la base de datos multizafrada del cultivo-.

5.2.1. Las tendencias de las productividades

- 1) Los rendimientos medios-medianos de los cinco cultivos de secano estudiados fueron: a) 3.107,0 kg ha⁻¹-3.122,0 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, b) 3.277,6 kg ha⁻¹-3.222,0 kg ha⁻¹ en trigo, c) 6.028,2 kg ha⁻¹-6.065,6 kg ha⁻¹ en maíz, d) 4.555,6 kg ha⁻¹-4.600,0 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y, e) 2.070,0 kg ha⁻¹-2.039,0 kg ha⁻¹ en soja.
- 2) Las brechas absolutas entre los extremos de rendimiento en los cinco cultivos analizados fueron: a) 4.717,5 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, b) 6.727,1 kg ha⁻¹ en trigo, c) 11.025,2 kg ha⁻¹ en maíz, d) 6.582,6 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y, e) 4.523,8 kg ha⁻¹ en soja.
- 3) Las brechas de rendimiento calculadas entre el noveno decil y el primer decil fueron: a) 2.310,0 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, b) 2.428,8 kg ha⁻¹ en trigo, c) 5.506,2 kg ha⁻¹ en maíz, d) 3.410,7 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y e) 2.058,7 kg ha⁻¹ en soja.
- 4) En estas poblaciones de chacras de cada cultivo de secano –que eran distintas desde la cantidad de chacras en más-, la reducción relativa de las brechas –eliminados el primer y noveno decil-, fue: a) 51,0% en cebada cervecera, b) 63,9% en trigo, c) 50,0% en maíz, d) 48,2% en sorgo granífero y, e) 54,5% en soja. Las reducciones son relevantes y de similar magnitud entre cultivos, salvo quizás en trigo donde la misma es mayor.
- 5) Las brechas calculadas entre los rendimientos medios de los clusters extremos –denominados de muy altos y muy bajos rendimientos- fueron: a) 2.484,0 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, b) 3.349,2 kg ha⁻¹ en trigo, c) 7.043,0 kg ha⁻¹ en maíz, d) 5.263,0 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y e) 2.409,9 kg ha⁻¹ en soja.
- 6) Las brechas relativas de rendimiento halladas en los mismos cultivos fueron: a) 5,9 desvíos en cebada cervecera, b) 6,9 desvíos en trigo, c) 5,1 desvíos en maíz, d) 4,9 desvíos en sorgo y e) 5,9 desvíos en soja.
- 7) Las brechas absolutas de rendimiento –utilizando las fronteras dadas por los deciles señalados o entre los clusters de rendimientos extremos- dan un patrón similar que sigue el orden siguiente: maíz > sorgo > trigo > cebada > soja.
- 8) La excepción a la secuencia anterior está dada por la brecha absoluta calculada a partir de los rendimientos extremos encontrados: maíz > trigo > sorgo > cebada > soja; donde el cultivo de trigo supera al cultivo de sorgo –con una zafra agrícola menos pero 4,6 veces más chacras en la población de referencia-.
- 9) Cuando las brechas se calculan utilizando los desvíos estandar de la población de chacras el patrón se modifica sustancialmente, y la secuencia es la siguiente: trigo > cebada = soja > maíz > sorgo.
- 10) La variabilidad de los rendimientos –medida a través del coeficiente de variación- fue: a) 25,7% en cebada cervecera, b) 29,7% en trigo, c) 36,0 en maíz, d) 29,4% en sorgo granífero y e) 37,0% en soja.
- 11) Los rendimientos tope –noveno decil y máximo absoluto en ese orden- fueron: a) 4.060,0 kg ha⁻¹-5.761,0 kg ha⁻¹ en cebada, b) 4.532,8 kg ha⁻¹-7.528,5 kg ha⁻¹ en

trigo, c) 8.642,0 kg ha⁻¹-11.925,2 kg ha⁻¹ en maíz, d) 6.319,8 kg ha⁻¹-7.480,3 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y, e) 3.116,9 kg ha⁻¹-4.693,8 kg ha⁻¹ en soja.

- 12) Finalmente los rendimientos medios de los clusters de muy altos rendimientos en cada cultivo fueron: a) 4.199,2 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, b) 4.925,5 kg ha⁻¹ en trigo, c) 9.656,0 kg ha⁻¹ en maíz, d) 6.650,0 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y, e) 3.464,9 kg ha⁻¹ en soja.

5.2.2. Las variables explicativas en cultivos de invierno

- 1) Según el procedimiento de clusters los denominados muy bajos rendimientos (en torno a 1,7 tm ha⁻¹) de cebada cervecera, quedaron sobretodo asociados a: a) la zafra agrícola 2007/2008, las chacras localizadas en la subregión Centro Sur, y aunque con pocas chacras, más claramente sobre las unidades Manuel Oribe y Montecoral, entre las variables de manejo; y b) las praderas sembradas y los sorgos entre los antecesores inmediatos, y las variedades Carumbé, Madi y Perún entre las variables de manejo con tendencias más nítidas.
- 2) Según el árbol de regresión de cebada cervecera, los muy bajos rendimientos (del orden de 1,7 tm ha⁻¹) se obtuvieron a través de interacciones de los siguientes grupos de variables: a) las chacras sembradas desde el 22 de junio en adelante, en la zafra agrícola 2007/2008 luego de barbechos mayores a seis semanas, o b) las variedades 9922 –muy pocas chacras- y otras no identificadas, sembradas en la subregión Centro Sur aún en las zafras agrícolas 2008/2009-2009/2010 de mejor productividad global que la zafra 2007/2008.
- 3) Según el procedimiento de clusters los muy altos rendimientos (en torno a 4,2 tm ha⁻¹) en cebada cervecera se mostraron asociados a: a) la zafra agrícola 2008/2009, la subregión Litoral Sur2 –con pocas chacras- y las tierras agrícolas de alta y muy alta aptitud entre las variables ambientales, y b) las sojas de primera como antecesores inmediatos, las siembras de mayo-junio y las variedades Arrayán y Danuta (Ceibo y Daymán se destacaron en el cluster de altos rendimientos), entre las variables de manejo.
- 4) El árbol de regresión de cebada cervecera, indica que los muy altos rendimientos (en torno a 4,0 tm ha⁻¹) se alcanzaron por la siguiente vía: a) las chacras sembradas antes del 3 de junio a lo largo del litoral oeste en las zafras 2008/2009-2009/2010; b) las siembras posteriores a la fecha indicada aún en tierras de alta y muy alta aptitud agrícola dejaron los rendimientos medios 600 kg ha⁻¹ por debajo.
- 5) Según el procedimiento de clusters los muy bajos rendimientos (en torno a 1,7 tm ha⁻¹) de trigo, quedaron sobretodo asociados a: a) las subregiones Centro Sur, Litoral Sur2, Sudeste1 y Sudeste2 y las tierras pastoriles y pastoril agrícola entre las variables ambientales y b) el campo natural, las praderas sembradas y los sorgos entre los antecesores inmediatos, el laboreo convencional y el mínimo

laboreo entre el manejo de suelos, las siembras en el mes de julio, las variedades de ciclo largo y Tijereta (y Biointa 1001), entre las variables de manejo.

- 6) Según el árbol de regresión los muy bajos rendimientos (del orden de $1,8 \text{ tm ha}^{-1}$) se obtuvieron a través de dos vías principales: a) la interacción de un vasto grupo de hasta veintidós variedades (las más sembradas fueron ACA901, Baguette 13, Carpintero, Chajá, Churrinché, Garza, Madrugador, Martillo, Mirlo, Tauro y Tijereta), sembradas luego de verdeos de verano (moha) o invierno (raigrás), maíces (¿de primera o de segunda?), sorgo de segunda y praderas sembradas entre los antecesores inmediatos sobre un diverso conjunto de doce unidades de suelo ubicadas en el litoral oeste, el centro sur y el sudeste del país; o b) las mismas variedades sembradas luego de todos los cultivos de verano de primera, sojas de segunda, barbecho químico y campo natural –los antecesores de mejor comportamiento- desde el 28 de junio en adelante sobre las unidades de suelo de la vía anterior ubicadas en las subregiones Litoral Sur2, Sudeste1 y Sudeste2.
- 7) El procedimiento de clusters asoció los muy altos rendimientos (en torno a $4,9 \text{ tm ha}^{-1}$) de trigo a: a) en cierta medida la zafra 2009/2010, la subregión Litoral Centro, sobre suelos de muy alta aptitud para cultivos de invierno, más nitidamente en unidades como Young en el litoral oeste y Valle Aiguá en el sudeste, entre las variables ambientales; y b) las sojas de primera entre los antecesores inmediatos, las siembras de mayo-junio, variedades de ciclo intermedio, siendo Baguette 11, Baguette 19, Don Alberto y Nogal –muy pocas chacras- las más sembradas, entre las variables de manejo.
- 8) Los muy altos rendimientos de trigo (del orden de $4,2 \text{ tm ha}^{-1}$ a $4,6 \text{ tm ha}^{-1}$) de acuerdo al árbol de regresión, se alcanzaron por las siguientes vías: a) las variedades sembradas de peor comportamiento –antes citadas-, luego de cultivos de verano de primera –salvo sorgo-, sobre tierras agrícolas de muy alta aptitud de la unidad Young, pero aún en las zafras agrícolas 2007/2008-2008/2009 de más pobre comportamiento relativo; b) las variedades de mejor comportamiento comparativo (Baguette 11, Baguette 18, Biointa 1002 y Don Alberto entre las más sembradas) ubicadas sobre un diverso conjunto de unidades de suelo que incluyeron: Bellaco, Ecilda Paullier-Las Brujas, La Carolina, Valle Aiguá y Young entre las más frecuentes; y c) las antes citadas variedades de peor comportamiento comparativo sembradas antes del 8 de junio en la zafra 2009/2010 sobre las unidades Bellaco, Cañada Nieto, Libertad, Risso, Tres Bocas y Young.
- 9) Más allá de los procedimientos de análisis, los muy bajos rendimientos de cebada cervecera estuvieron condicionados por variables ambientales: la zafra agrícola 2007/2008 o la subregión Centro Sur como factores comunes. Mientras que en trigo los factores comunes de los mismos niveles de rendimiento fueron la siembra de ciertas variedades (como Biointa 1001 y Tijereta) luego de antecesores inmediatos como sorgos y praderas sembradas -entre las variables de manejo-, en los ambientes del centro sur y sudeste del país entre las variables ambientales.
- 10) Si se miran las vías asociadas a los denominados muy altos rendimientos, en cebada cervecera los factores comunes en los métodos de análisis fueron las

siembras tempranas en chacras ubicadas en el litoral oeste en la zafra 2008/2009. En tanto que en trigo los muy altos rendimientos se asociaron con tierras de alta-muy alta aptitud agrícola, ubicadas en el litoral oeste y en cierta medida la zafra 2009/2010 entre las variables ambientales, y ciertas variedades –mayormente de ciclo intermedio-, o fechas de siembra tempranas entre las variables de manejo.

- 11) Según el árbol de regresión se alcanzaron muy altos rendimientos de trigo aún utilizando las variedades de peor comportamiento relativo y/o en zafras agrícolas no destacadas cuando se dieron condiciones como antecesores inmediatos favorables en buenas tierras agrícolas o fechas de siembra temprana en buenas tierras agrícolas en zafras favorables. Las variedades de peor comportamiento relativo fueron la rama inferior de primer nivel.
- 12) Los árboles de regresión de cada cultivo indican que las variables parcialmente explicativas de la variación de rendimiento –de acuerdo a la frecuencia en los grupos finales de rendimiento- fueron: a) en cebada cervecera: zafra agrícola, fecha de siembra, localización geográfica, período de barbecho, variedad sembrada y aptitud agrícola específica y; b) en trigo: variedad sembrada, unidad de suelo, antecesor inmediato, fecha de siembra, zafra agrícola y localización geográfica.

5.2.3. Las variables explicativas en cultivos de verano

- 1) En maíz según el procedimiento de clusters, los muy bajos rendimientos (en torno a $2,6 \text{ tm ha}^{-1}$) se dieron en chacras asociadas a: a) las zafras agrícolas 2007/2008-2008/2009, los ambientes Litoral Sur1 y Litoral Sur2, unidades de suelo tales como Cuchilla Corralito, La Carolina, Manuel Oribe, Tres Bocas y Trinidad, entre las variables ambientales y; b) antecesores inmediatos como cebada cervecera, trigo, sorgos o sojas de segunda, siembras de diciembre-enero, maíces de segunda, y variedades como DK699MG y DK700 MG, entre las variables de manejo.
- 2) El árbol de regresión en maíz, indica que se obtuvieron muy bajos rendimientos (del orden de 1.6 tm ha^{-1}) a través de una vía principal: las chacras fueron sembradas luego de antecesores inmediatos que incluyeron tanto cultivos de invierno (avena, cebada y trigo) como cultivos de verano (maíz, sorgo y soja) y campo natural entre otros, luego de barbecho cortos (menores a tres semanas), utilizando hasta once variedades (entre ellas DK699MG y DK700 MG), sobre dos unidades de suelo: Cañada Nieto y La Carolina.
- 3) En maíz de acuerdo al procedimiento de clusters, los muy altos rendimientos (en torno a $9,7 \text{ tm ha}^{-1}$) se mostraron asociados a: a) las zafras agrícolas 2006/2007 y 2009/2010, la subregión Litoral Centro, los suelos de la unidad Young (allí hay efectos anidados o repetidos) entre las variables ambientales y; b) maíces de primera como modalidad de siembra, barbecho químico como antecesor inmediato, siembras de agosto a octubre, cultivares como P2053Y, entre las variables de manejo.

- 4) Mientras que el árbol de regresión de maíz muestra que los altos rendimientos (entre $7,2 \text{ tm ha}^{-1}$ y $7,6 \text{ tm ha}^{-1}$) -el análisis no devolvió vías de muy altos rendimientos- se alcanzaron por dos vías: a) chacras sembradas luego de maíces de segunda y sojas de primera, verdes y coberturas de invierno, festucas y barbechos químicos, sobre unidades de suelo no identificadas, en la subregión Centro Sur –que constituyó una rama inferior- y; b) en chacras sembradas luego de los mismos antecesores en las subregiones Litoral Centro y Litoral Sur1.
- 5) Según el procedimiento de clusters, en sorgo granífero los muy bajos rendimientos (entre $0,9 \text{ tm ha}^{-1}$ y $1,6 \text{ tm ha}^{-1}$) se asociaron –sobretudo- a: a) la zafra agrícola 2009/2010, aptitudes agrícolas específicas altas y no determinadas, unidades como Cuchilla Corralito o San Gabriel-Guaycurú entre las variables ambientales, y, b) sorgos de segunda, antecesores como avena, trigo y praderas sembradas (viejas) y siembras de diciembre-enero entre las variables de manejo. Vale decir que la cantidad de chacras del cluster fue muy escasa pero aún así no todas las chacras fueron sorgos de segunda.
- 6) El árbol de regresión de sorgo por su parte, devuelve solo una vía por la cual se obtuvieron muy bajos rendimientos (en torno a $2,2 \text{ tm ha}^{-1}$), la misma surge de la interacción de dos variables que fueron: las fechas de siembra desde el 19 de diciembre en adelante, sobre suelos caracterizados como de actitud agrícola alta o no determinada para cultivos de verano. Al igual que sucedió con el cluster de muy bajos rendimientos, la cantidad de chacras de este grupo final de rendimientos fue muy escasa.
- 7) Los muy altos rendimientos de sorgo granífero (entre $6,2 \text{ tm ha}^{-1}$ y $7,5 \text{ tm ha}^{-1}$) en el procedimiento de clusters quedaron asociados a: a) la zafra agrícola 2008/2009 y unidades de suelo como Bequeló y Cañada Nieto entre las variables ambientales y, b) siembra directa -aunque fue dominante en todos los clusters-, períodos de barbecho de 60 a 120 días, siembras de octubre-noviembre, cultivares como ACA558, DK61T y TS281, entre las variables de manejo.
- 8) El árbol de regresión de sorgo granífero muestra una sola vía principal por la cual se alcanzaron muy altos rendimientos (en torno a $6,3 \text{ tm ha}^{-1}$); la misma incluye la interacción de los valores específicos de tres variables: las chacras fueron sembradas antes del 14 de diciembre de la zafra agrícola 2008/2009 sobre suelos de varias unidades que incluyen a Bequeló, Cuchilla Corralito y Tres Bocas –no más de dos chacras de esta unidad si la localización fue correcta-.
- 9) Los factores comunes a los dos procedimientos de análisis que explicarían parcialmente los muy bajos rendimientos obtenidos, fueron entonces en maíz: antecesores inmediatos como cebada cervecera, trigo, sorgos o sojas de segunda, el uso de ciertos cultivares de maíz, sembrados sobre los suelos de ciertas unidades (La Carolina). Se debe recordar que la cantidad de chacras del cluster de muy bajos rendimientos fue más de cuatro veces mayor a la cantidad de chacras en el grupo final de rendimiento vinculado, ese factor puede explicar las diferencias o discrepancias. En sorgo granífero los factores comunes fueron las fechas de siembra de diciembre-enero -el árbol de regresión establece el 19 de diciembre

como fecha de corte-, y unidades de suelo que tendrían aptitudes agrícolas específicas altas –y no muy altas- y no determinadas.

- 10) El árbol de regresión de maíz no devuelve grupos finales equivalentes al cluster de muy altos rendimientos; los factores comunes de este cluster con los grupos de altos rendimientos fueron barbechos químicos como antecesores inmediatos y la localización de las chacras en la subregión Litoral Centro. Los muy altos rendimientos de sorgo granífero tuvieron como factores comunes a ambos métodos de análisis, las siembras de octubre-noviembre –el árbol de regresión establece el 14 de diciembre como fecha de corte-, la zafra 2008/2009 -en la cual llovieron 500 mm en los seis meses octubre-marzo, dos tercios del total en febrero-marzo-, sobre unidades de suelo como Bequeló -las siembras de sorgo granífero estuvieron geográficamente muy concentradas-.
- 11) Los árboles de regresión de cada cultivo muestran que las variables: a) que explicaron el 60,2% de la variación en rendimiento de maíz fueron -según la frecuencia medida en los grupos finales de rendimiento-: antecesor inmediato (10/10), cultivar sembrado (6/10), antecesor no inmediato (5/10), localización geográfica (4/10), unidad de suelo (4/10), duración de barbecho (3/10) y época de siembra (3/10); b) que explicaron el 72,3% de la variación de rendimiento en sorgo granífero fueron: época de siembra (14/14), zafra agrícola (12/14), unidad de suelo (7/14), ciclo del cultivar (5/14), antecesor de verano (4/14), aptitud agrícola específica (4/14), y modalidad de siembra (3/14).
- 12) Según el procedimiento de clusters los muy bajos rendimientos de soja (entre 0,2 tm ha^{-1} y 1,5 tm ha^{-1}) habrían estado asociados a: a) la zafra agrícola 2007/2008 – en cierta medida-, las subregiones Centro Sur, Litoral Sur2 y Sudeste2, unidades de suelo como (en orden alfabético): Algorta, Chapicuy, Isla Mala, Itapebí-Tres Arboles, José Pedro Varela, Manuel Oribe, San Jorge, Trinidad y Vergara, aptitudes agrícolas específicas no determinadas, marginales e incluso altas entre las variables ambientales y; b) antecesores como cebadas y trigos, siembras de segunda, fechas de siembra de enero, los subgrupos de madurez 5,4, 5,5, 6,1, 6,2 y 6,4 y cultivares como DM5,5i, A6126RG y A6411RG.
- 13) Los muy altos rendimientos de soja (entre 3,1 tm ha^{-1} y 4,7 tm ha^{-1}), de acuerdo al mismo procedimiento habrían estado sobretodo vinculados a: a) la zafra 2009/2010 en cierta medida, las subregiones Litoral Centro y Litoral Sur, unidades de suelo como Cuchilla Corralito, Cañada Nieto, Libertad, Risso, Tres Bocas y Young, y aptitudes agrícolas específicas muy altas entre las variables ambientales y; b) antecesores como avena para grano, coberturas de avena y raigrás, algunas praderas sembradas y barbechos químicos, siembras de primera, fechas de siembra de octubre-noviembre, materiales del grupo de madurez 4, de los subgrupos 4,6, 4,9, 5,2 y 5,6, y cultivares como A4613RG, A4990RG, A5009RG, AGT6000, DM5,2i, RA516, RA518 y (TJS2049RR) entre las variables de manejo.

5.2.4. La composición de las variables independientes en la productividad

- 1) Si se consideran los árboles de regresión tanto de los cultivos de invierno como de los granos forrajeros, en todos aparecen variables ambientales y variables de manejo involucradas. En ambos cultivos de invierno aparecen seis variables en sus árboles -que son de muy distinto tamaño-; las variables ambientales y las variables de manejo están en una relación 3/3. En los granos forrajeros la situación es distinta, en maíz las variables de manejo y las variables ambientales están en una relación 5/2; mientras que en sorgo granífero la misma relación es 4/3.
- 2) Si se buscaran las tres primeras variables que para el mismo método de análisis y en orden jerárquico –desde el primer nivel en adelante- discriminaron la primera rama de nivel superior y sus descendientes, las mismas fueron: a) la zafra agrícola, la localización geográfica y la fecha de siembra en cebada cervecera; b) las variedades sembradas, las unidades de suelo y la fecha de siembra en trigo; c) antecesor de invierno, localización geográfica y antecesor de verano en maíz; y d) la fecha de siembra, la zafra agrícola y las unidades de suelo en sorgo granífero.
- 3) La principal variable discriminatoria en el árbol de regresión de cada cultivo fue diferente; y con la excepción del cultivo de cebada cervecera, en los demás la misma fue una variable de manejo. Siguiendo esa pauta la elección de la variedad en trigo, el antecesor inmediato en maíz y la fecha de siembra en sorgo, fueron en el conjunto de -casi- las mismas variables elegibles, las que en primer lugar explicaron las variaciones de rendimiento en cada caso.
- 4) En el procedimiento de clusters tal como fue utilizado, no se dispone de una medida objetiva estandarizada para jerarquizar la relevancia de las variables. Una de las mejores posibilidades combinada, parece la conjunción de aquellos valores de las variables que ordenen lógicamente los clusters o que seleccionen la mitad inferior o la mitad superior de los mismos, y que devuelvan desvíos positivos/negativos según la misma lógica.

6. RESUMEN

A lo largo de la última década la agricultura de secano concretó un conjunto de modificaciones que no solamente se reflejaron en el crecimiento de la superficie sembrada -desde 384.000 ha (1999/2000) a 1.750.000 ha (2009/2010)-, sino también en: a) los sistemas de producción, una superficie creciente de rotaciones exclusivamente agrícolas y por lo tanto una descomposición de las rotaciones agrícola-pastoriles; b) la composición de cultivos (2009/2010): soja (50/100) > trigo (30/100) > cebada cervecera (8/100) > maíz (55/100) > sorgo granífero (20/010) > avena (<19/100) > girasol (1/100); y c) una inversión de la relación de superficies entre los cultivos de invierno y los cultivos de verano; d) el doble cultivo no ha superado el nivel de intensificación agrícola (1,5) de la zafra 2004/2005, e) la tecnología utilizada, especialmente la siembra directa como el manejo dominante de suelos en más de 9/10 de la superficie cultivada y la utilización de cultivares transgénicos en soja y maíz -en 1/2 de la superficie sembrada con cultivos de secano-; y f) la estructura productiva, los nuevos tipos de agricultores pasaron a representar el grueso de la superficie cultivada, y en paralelo el arrendamiento pasó a ser la principal forma de tenencia, -junto a la aparecería representan 2/3 de la superficie de chacra-. Las implicancias multi-dimensionales incluyeron: a) la producción aumentó, aunque a tasas diferentes y centrada fuertemente en dos cultivos: soja y trigo; b) una parte de los agricultores aumentaron en número y/o expandieron su superficie cultivada mientras otra dejaba la agricultura o la actividad agropecuaria; en el conjunto, la cantidad de agricultores disminuyó sustantivamente; c) los sistemas de producción tendieron a hacerse claramente más agrícolas y menos diversificados, d) la utilización de agroquímicos se mantuvo o aumentó, y como consecuencia del cambio anterior aumentó por unidad de superficie por unidad de tiempo; e) la proporción de cultivares transgénicos creció explosivamente tanto en soja como en maíz y como consecuencia la mitad de la superficie de secano cultivada incluye eventos transgénicos, f) si bien los cultivos de invierno y los granos forrajeros mostraron tasas de incremento de la productividad del orden de $\pm 110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en la última década (1999/2000-2009/2010) los ajustes lineales de esos modelos son bajos-muy bajos, y en los cultivos oleaginosos las tasas fueron nulas, y; g) la erosión de suelos estaría por encima de los niveles tolerables en ciertos sistemas de producción y/o en ciertos ambientes agrícolas actuales. Los objetivos para los principales cultivos de secano en Uruguay: soja, trigo, cebada cervecera, maíz y sorgo granífero, fueron: a) cuantificar las brechas de rendimiento a nivel de chacra, b) determinar los muy altos rendimientos obtenidos por los agricultores, y c) identificar las variables que explican una parte de las variaciones de rendimiento, así como, d) determinar la combinación de valores de las variables que condujeron a altas productividades. La información utilizada provino de chacras de los agricultores de FUCREA, en particular 286 de cebada cervecera y 765 de trigo del período 2007/2008-2009/2010; 161 de maíz, 167 de sorgo granífero y 1.366 de soja del período 2006/2007-2009/2010. El conjunto de las 2.745 chacras representaron 150.992 ha. Las variables originales, las variables calculadas y las variables derivadas, fueron: a)

zafra agrícola, localización geográfica, unidad de suelo-capacidad de uso y aptitud agrícola específica entre las variables ambientales y b) antecesores de invierno, antecesores de verano, período de barbecho, manejo de suelos, fecha de siembra, densidad de siembra, modalidad de siembra (maíz, sorgo granífero, soja), cultivar sembrado, ciclo del material (trigo, sorgo), grupo de madurez (soja). Los datos fueron analizados mediante el método de clusters y a través de árboles de regresión. Los rendimientos medios de la población global de chacras en cada cultivo fueron: a) 3.107,0 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, b) 3.277,6 kg ha⁻¹ en trigo, c) 6.028,2 kg ha⁻¹ en maíz, d) 4.555,6 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y, e) 2.070,0 kg ha⁻¹ en soja. Las distribuciones de rendimientos de los cultivos con esas medidas de tendencia central, mostraron brechas de rendimiento que –medidas a través del rango entre el noveno y el primer decil- fueron: a) 2.310,0 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, b) 2.428,8 kg ha⁻¹ en trigo, c) 5.506,2 kg ha⁻¹ en maíz, d) 3.410,7 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y e) 2.058,7 kg ha⁻¹ en soja. Finalmente, si se miden las altas productividades a través de los rendimientos alcanzados-superados en la décima parte de las chacras en cada cultivo, las mismas fueron: a) 4.060,0 kg ha⁻¹ en cebada cervecera, b) 4.532,8 kg ha⁻¹ en trigo, c) 8.642,0 kg ha⁻¹ en maíz, d) 6.319,8 kg ha⁻¹ en sorgo granífero y, e) 3.116,9 kg ha⁻¹ en soja. Las variables implicadas en la explicación parcial de las variaciones de rendimiento fueron –orden no jerárquico-: a) zafra agrícola, localización geográfica, unidad de suelo y aptitud agrícola específica; antecesor inmediato, duración de barbecho, fecha de siembra y variedad sembrada en cebada cervecera;; b) zafra agrícola, localización geográfica, unidad de suelo; antecesor inmediato, manejo de suelos, fecha de siembra, variedad sembrada y ciclo varietal, en trigo; c) en maíz: zafra agrícola, localización geográfica, unidad de suelo; antecesor de verano, antecesor inmediato, duración de barbecho, época de siembra, modalidad de siembra y cultivar sembrado; d) en sorgo granífero: zafra agrícola, unidad de suelo, aptitud agrícola específica; antecesor de verano, período de barbecho, variedad sembrada, época de siembra, modalidad de siembra y ciclo del cultivar, y; e) en soja: zafra agrícola, localización geográfica, unidades de suelo y aptitud agrícola específica; antecesores inmediatos, modalidad de siembra, fecha de siembra, subgrupo de madurez y cultivar sembrado. Si se consideran los árboles de regresión de los cultivos de invierno y los granos forrajeros, las principales variables –de primer a tercer nivel- fueron: a) zafra agrícola, localización geográfica, período de barbecho, fecha de siembra y variedad sembrada en cebada cervecera; b) variedad sembrada, unidades de suelo, fecha de siembra, zafra agrícola y antecesor inmediato en trigo; c) antecesor inmediato, localización geográfica, variedad sembrada, antecesor de verano, época de siembra y período de barbecho en maíz, y; d) época de siembra, zafra agrícola, aptitud agrícola específica y ciclo del cultivar en sorgo granífero. La principal variable discriminatoria fue distinta en todos los casos, y salvo en cebada cervecera, en los demás cultivos las variables de primer nivel fueron variables de manejo.

Palabras clave: Agricultura de secano; Agricultura sustentable; Cebada cervecera; Trigo; Maíz; Sorgo; Soja; Brechas de rendimiento; Niveles de productividad; Variables ambientales; Variables de manejo.

7. SUMMARY

Along last ten years a set of changes was processed by rainfed agriculture. The same not only reflected planted surface growth –from a minimum of 384.000 ha (1999/2000), to 1.750.000 ha (2009/2010)-, but also in: a) production systems, fundamentally one agricultural rotations growing surface, and therefore the agricultural-forage rotations suffered progressive descomposition; b) crops composition, the (2009/2010) crops pattern were: soybean (50/100) > wheat (30/100) > malting barley (8/100) > corn (55/100) > grain sorghum (20/010) > oats (<19/100) > sunflower (1/100); and, c) the relation between winter crops and summer crops surfaces was inverted; d) the installed double crop practice, has not exceeded 2004/2005 agricultural intensification level (1,5), e) used technology, especially direct seeding was consolidated as dominant soil tillage system in nine tenths cultivated surface, and the half of rainfed crops surface is occupied by genetically modified soybean and corn materiales, y f) productive structure –new farmers type arrival, they came to perform most of cultivated surface, paralely land tenure pattern changed, leasing is now the main form, and two thirds of cultivated surface are stand for leasing and sharecropping. The varied dimensional implications - among others- include: a) industrial cereals, oleaginous crops and forage crops production grew at different rates and is strongly dominated by two crops: soybean and wheat; b) while some farmers are more numerous and/or have a clearly greater cultivated surface, others quit agriculture practice or production activities; altogether the farmers amount was substantively reduced; c) production system changed, them tended to be simultaneously purely agricultural and less diversified, d) agrochemicals utilization was maintained or increased, and so it grew per unit time per unit area; e) the genetically modified materials proportion grew explosively in soybean and corn, and so those events actually reach half rainfed agricultural surface, f) while winter crops and forage grains showed productivity rates of around 110 kg ha⁻¹ year⁻¹ in the last decade (1999/2000-2009/2010), the linear models accuracy is low-very low; for its part in oleaginous crops rates were null, and; g) even considering dominant direct seeding and double crop practice, soils erosion by agricultural activities effect would be above bearable levels in some production systems and/or agricultural environments-. The objectives of the present study for main rainfed crops in Uruguay: soybean, wheat, malting barley, corn and grain sorghum, were: a) quantify field yielding gaps, b) define very high yieldings, achieved by farmers, y c) identify variables which explain yielding variations portion, as well as, d) specifically establish variables values arrangement that led to high productivity levels. Used information came from farmer fields of FUCREA, particularly 286 planting barley fields and 765 wheat fields of 2007/2008-2009/2010 period; 161 corn fields, 167 grain sorghum fields and 1.366 soybean fields of 2006/2007-2009/2010 period. Those 2.745 fields stood for 150.992 ha of planted area. Original available variables, calculated variables and derived variables, included: a) agricultural harvest, geographical location, soils units and use aptitude (more likely and alternative choice), by way of environmental variables; and, b) winter predecessors, summer predecessors,

fallow period, soils tillage system, seeding date, seeding density, seeding mode (corn, grain sorghum and soybean), used variety, material cycle (wheat and grain sorghum), ripeness group (soybean), as handling variables. Cluster method and regression tree were used to analyze data. Each crops average yieldings of global population fields were: a) 3.107,0 kg ha⁻¹ in malting barley, b) 3.277,6 kg ha⁻¹ in wheat, c) 6.028,2 kg ha⁻¹ in corn, d) 4.555,6 kg ha⁻¹ in grain sorghum, and, e) 2.070,0 kg ha⁻¹ in soybean. The crops yieldings distributions with those middlemost trends measures, showed the following yielding gaps -between ninth and first decils-: a) 2.310,0 kg ha⁻¹ in malting barley, b) 2.428,8 kg ha⁻¹ in wheat, c) 5.506,2 kg ha⁻¹ in corn, d) 3.410,7 kg ha⁻¹ in grain sorghum, and, e) 2.058,7 kg ha⁻¹ in soybean. Finally, if high productivities were measured through average yieldings achieved-overcome in each crop fields tenth portion, the results would be: a) 4.060,0 kg ha⁻¹ in malting barley, b) 4.532,8 kg ha⁻¹ in wheat, c) 8.642,0 kg ha⁻¹ in corn, d) 6.319,8 kg ha⁻¹ in grain sorghum, and, e) 3.116,9 kg ha⁻¹ in soybean. The variables used to explain each crop observed yielding variations at field level, disposed the universe of potential explanatory; while data incompleteness-inconsistency for some variables, set down conclusions certainty levels from the same. Considering both analysis methods, the variables involved in partial explanation of yielding variations, were (the order doesn't reflect hierarchy, environmental variables are first): a) agricultural harvest, geographical localization, soil unit and specific agricultural fitness; nearest predecessor, fallow length, seeding date and planted variety in malting barley; b) agricultural harvest, geographical localization and soil unit; nearest predecessor, soil tillage system, seeding date, planted variety and variety cycle in wheat; c) agricultural harvest, geographical localization and soil unit; summer predecessor, nearest predecessor, fallow length, seeding date, seeding mode and planted variety in corn; d) agricultural harvest, geographical localization and specific agricultural fitness; summer predecessor, fallow length, seeding date, seeding mode, planted variety and variety cycle in grain sorghum; and, e) agricultural harvest, geographical localization, soil unit and specific agricultural fitness; nearest predecessor, seeding date, seeding mode, ripeness subgroup and planted variety in soybean. If winter crops and forage grains regression tree were displayed, the main variables -from first to third level- are: a) agricultural harvest, geographical localization, fallow length, seeding date and planted variety in malting barley; b) planted variety, soil unit, seeding date, agricultural harvest and nearest predecessor in wheat; c) nearest predecessor, geographical localization, planted variety, summer predecessor, seeding date and fallow length in corn, and; d) seeding date, agricultural harvest, specific agricultural fitness and variety cycle in grain sorghum. Although in some crops there are recurrent variables in three first levels, the main discriminatory variable was different in all cases, and except for malting barley, in others crops first level variables were handling variables.

Key words: Rainfed agriculture; Sustainable agriculture; Malting barley; Wheat; Corn; Grain sorghum; Soybean; Yielding gaps; Productivity levels; Environmental variables; Handling variables.

8. BIBLIOGRAFIA

1. ANDRADE, F.H.; AGUIRREZABAL, L.A.N.; RIZZALLI, R.H. 2000a. Crecimiento y rendimiento comparados. In: Andrade, F.H.; Sadras, V.O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 61-96.
2. _____.; SADRAS, V.O. 2000b. Efectos de la sequía sobre el crecimiento y rendimiento de los cultivos. In: Andrade, F.H.; Sadras, V.O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 163-206.
3. _____.; CIRILO, A.G. 2000c. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. In: Andrade, F.H.; Sadras, V.O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 125-153.
4. ARBELETCHÉ, P.; CARBALLO, C. s.f. Sojización y concentración de la agricultura uruguaya. (en línea). s.n.t. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.coprofam.org/admin/uploads/archivos/Articulos%20de%20Interes%202/g8bubtuo7_SOJIZACIURUGUAYAE.pdf
5. _____.; FERRARI, J.M.; SOUTO, G. 2008. La expansión de la soja en Uruguay; una aproximación a sus impactos socioeconómicos. (en línea). In: Encuentro Uruguayo de Soja (1o., 2008, Montevideo, Uruguay). Presentaciones. Montevideo, Mesa Tecnológica de Oleaginosos. Consultado 6 nov. 2011. Disponible en http://www.mesadeoleaginosos.org.uy/encuentro_soja/4-La_expansion_de_la_Soja_-_Una_aproximacion_a_sus_impactos_socioeconomicos.pdf
6. _____.; ERNST, O.; HOFFMAN, E. 2010a. La Agricultura en Uruguay y su evolución. In: Universidad de la República (Uruguay). Intensificación agrícola; oportunidades y amenazas para un país productivo y natural. Montevideo, Uruguay. pp. 13-27.
7. _____. 2010b. Impactos socio-económicos de la expansión agrícola. In: Universidad de la República (Uruguay). Intensificación agrícola; oportunidades y amenazas para un país productivo y natural. Montevideo, Uruguay. pp. 111-126.

8. BARBÉ, E.; HOFFMAN, E.; HUGHES, A.; UHLIG, M. 1989a. Tecnología en cultivos de invierno. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. t.1, 131 p.
9. _____.; _____.; _____.; _____. 1989b. Tecnología en cultivos de invierno. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. t.2, 131 p.
10. BORSANI, O.; CASTIGLIONI, E.; CHIAPPE, M.; FERENCZI, A.; GARCÍA, F.; PRITSCH, C.; SPERANZA, P. 2010. Biotecnología moderna, cultivos transgénicos y proceso de adopción en Uruguay. In: Universidad de la República (Uruguay). Intensificación agrícola; oportunidades y amenazas para un país productivo y natural. Montevideo, Uruguay. pp. 29-66.
11. CARDONA, M.P.; RODRIGUEZ, M.E. 2008. Caracterización sanitaria de cuatro cultivos de soja (*Glycine max*, L. Merr.) y su relación con variables meteorológicas. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 164 p.
12. CARRASCO, P.; SCHEVZOV, M. 1985. Tecnología en cultivos de verano; I. Maíz. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 228 p.
13. _____. 2004a. Aptitud climática de Uruguay para la producción de sorgo. In: Siri, G. ed. Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 23-30.
14. _____. 2004b. Características del cultivo. In: Siri, G. ed. Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 5-16.
15. _____. 2004c. Fisiología del rendimiento de sorgo. In: Siri, G. ed. Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 17-21.
16. CASTIGLIONI, E. 2004. Plagas de sorgo. In: Siri, G. ed. Sorgo, Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 65-90.
17. _____. 2005. El desafío de una agricultura sustentable dependiente del uso de agroquímicos. *Cangüé*. no. 27: 9-13.
18. CASTRO, A.J. 1995. Época de siembra en cebada cervecera. *Cangüé*. no. 5: 8-12.
19. _____. 1997a. Cultivos. In: Castro, A.J. ed. Cebada. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 101-119.

20. _____. 1997b. Enfermedades de cebada. In: Castro, A.J. ed. Cebada. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 81-99.
21. _____. 1997c. Época de siembra en cebada cervecera. In: Castro, A.J. ed. Cebada. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 39-47.
22. _____. 1997d. Introducción. In: Castro, A.J. ed. Cebada. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 1-7.
23. _____. 1997e. Regionalización. In: Castro, A.J. ed. Cebada. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 33-38.
24. _____. 2005. El norte también existe. Adaptación local y evaluación de cultivares en los cultivos de invierno. Cangüé. no. 27: 18-23.
25. CASTRO, M.; DÍAZ, M.; GERMÁN, S.; VÁZQUEZ, D. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo largo, período 2002-2003-2004. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl04.htm
26. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo intermedio, período 2002-2003-2004. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci04.htm
27. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo largo, período 2003-2004-2005. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl05.htm
28. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo intermedio, período 2003-2004-2005. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci05.htm
29. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo largo, período 2004-2005-2006. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl06.htm

30. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo intermedio, período 2004-2005-2006. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci06.htm
31. _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo largo, período 2006-2007-2008. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl08.htm
32. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo largo, período 2007-2008-2009. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl09.htm
33. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo intermedio, período 2007-2008-2009. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci09.htm
34. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de trigo para el registro nacional de cultivares; trigo ciclo largo. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl3ym.htm
35. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de trigo para el registro nacional de cultivares; trigo ciclo intermedio. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/tci3ym.htm
36. _____.; _____.; _____.; _____.; IBÁÑEZ, V. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo largo, período 2005-2006-2007. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigocl07.htm
37. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo intermedio, período 2005-2006-2007. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci07.htm

38. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de trigo; ciclo intermedio, período 2006-2007-2008. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/trigoci08.htm
39. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de cebada cervecera; período 2005-2006-2007. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/cebada07.htm
40. _____.; PEREIRA, S.; GERMÁN, S.; VÁZQUEZ, D. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de cebada cervecera. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/cebada04.htm
41. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de cebada cervecera; período 2003-2004-2005. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/cebada05.htm
42. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de cebada cervecera; período 2004-2005-2006. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/cebada06.htm
43. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de cebada cervecera; período 2006-2007-2008. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/cebada08.htm
44. _____.; _____.; _____.; _____. s.f. Resultados experimentales de evaluación de cultivares de cebada cervecera; período 2007-2008-2009. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/cebada09.htm
45. _____.; _____.; STEWART, S.; GERMÁN, S.; VÁZQUEZ, D. s.f. Resultados experimentales de evaluación para el registro nacional de cultivares; cebada cervecera. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/ceb3ymas.htm

46. CEPEDA, C.S.; TARÁN, S.H. 2008. Impacto de la población, distancia entre hileras y cultivar en el rendimiento de soja. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
47. CERETTA, S. s.f. Evaluación de cultivares de maíz para grano evaluados en la zafra 2003-2004. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/maizg/datos03.htm
48. _____. s.f. Evaluación de cultivares de maíz para grano evaluados en la zafra 2004-2005. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/maizg/maiz04.htm
49. _____. s.f. Evaluación de cultivares de maíz para grano evaluados en la zafra 2005-2006. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/maizg/maiz05.htm
50. _____. s.f. Evaluación de cultivares de soja evaluados en la zafra 2003-2004. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/soja/datos03.htm
51. _____. s.f. Evaluación de cultivares de soja evaluados en la zafra 2004-2005. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/soja/soja04.htm
52. _____. s.f. Evaluación de cultivares de soja evaluados en la zafra 2005-2006. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/soja/soja05.htm
53. _____. s.f. Evaluación de cultivares de sorgo granífero evaluados en la zafra 2003-2004. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/sg/dat03.htm
54. _____. s.f. Evaluación de cultivares de sorgo granífero evaluados en la zafra 2004-2005. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/sg/sorgo04.htm

55. _____. s.f. Evaluación de cultivares de sorgo granífero evaluados en la zafra 2005-2006. (en línea). Montevideo, INIA. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/sg/sorgo05.htm
56. _____.; MANDL, A. 2002. Adaptación de cultivares de soja en Uruguay. *In*: Jornada de Girasol y Soja (2002, La Estanzuela, Colonia, Uruguay). Memorias. Montevideo, INIA. s.p. (Actividades de Difusión no. 297).
57. CHIAPPE, M. 2008. Sustentabilidad de la agricultura; un enfoque integrador. *In*: Chiappe, M.; Carámbula, M.; Fernandez, E. eds. El campo uruguayo, una mirada desde la sociología rural. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 277-300.
58. CLERICI, C.; BAETHGEN, W.; GARCÍA PRECHAC, F.; HILL, M. 2004. El cultivo de soja y la conservación del suelo. *Cangüé*. no. 26: 20-22
59. CORSI, W.C. 1982. Regionalización agroclimática de Uruguay para cultivos. Centro de Investigaciones Agrícolas Alberto Boerger. *Miscelánea CIAAB*. no. 40. 28 p.
60. DÍAZ, R. 1994. Prácticas culturales. *In*: Giménez, A.; Restaino, E. eds. Girasol, soja. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 101-104.
61. DÍAZ-SORITA, M.; DUARTE, G.A. 2004. Manual práctico para la producción de soja. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 230 p.
62. DURAN, A. 1991. Los suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. 398 p.
63. _____.; GARCÍA PRECHAC, F. 2007. Suelos de Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. v.1, 357 p.
64. _____. 2007. Suelos de Uruguay; origen, clasificación, manejo y conservación. Montevideo, Uruguay, Hemisferio Sur. v.2, 334 p.
65. ERNST, O.; SIRI, G., 1995. Rastrojo en superficie; entre ventajas y problemas. *Cangüé*. no. 4: 15-18.
66. _____. 1996. Después de un ciclo en siembra directa. *Cangüé*. no. 6: 7-11.

67. _____. 1997. Crecimiento inicial de cultivos sembrados sin laboreo; I. Efecto de la temperatura del suelo. Cangüé. no. 9: 29-31.
68. _____. 1999. Siembra sin laboreo de cultivos de invierno; ... ¿y la época de arada?. Cangüé. no. 15: 20-23.
69. _____. 2000a. Siembra sin laboreo; manejo del período de barbecho. Cangüé. no. 20: 19-21.
70. _____. 2000b. Siete años de siembras sin laboreo. Cangüé. no. 20: 9-13.
71. _____. 2001. El sistema de rotaciones, pensando bajo ... Cangüé. no. 23: 2-5.
72. _____. 2003. "Uruguayizando" las "argentineces". Cangüé. no. 24: 27-30.
73. _____. 2004a. Época de siembra. In: Siri, G. ed. Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 47-50.
74. _____. 2004b. Implantación, población y distribución. In: Siri, G. ed. Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 21-45.
75. _____. 2004c. La soja en el sistema agrícola uruguayo. Cangüé. no. 26: 7-9.
76. _____. 2008. Sistemas de laboreo y rotación de cultivos en Uruguay; resumen de resultados. Cangüé. no. 30: 2-8.
77. FAO. 2011. FAOSTAT. (en línea). Roma. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
78. FRATTI, M.E.; PEREYRA, C. 2007. Efecto del antecesor, maíz, soja, girasol o barbecho estival sobre trigo en sistemas de agricultura continua sin laboreo. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 47 p.
79. GARCÍA PRECHAC, F. 1992. Propiedades físicas y erosión en rotaciones de cultivos y pasturas. Investigaciones Agronómicas. no. 1: 127-140.
80. _____. 2001. Adopción de tecnologías conservacionistas durante cincuenta años en Uruguay. Cangüé. no. 23: 6-11.
81. _____. 2004. Cultivo continuo en siembra directa o rotaciones de cultivos y pasturas en suelos pesados del Uruguay. Cangüé. no. 26: 28-32.

82. GIMENEZ, L. comp. 2001. Maíz. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 76 p.
83. HOFFMAN, E.; ERNST, O.; SIRI, G. 1995. Respuesta de los cultivos de invierno a la densidad de siembra; I. Trigo. Cangüé. no. 3: 8-12.
84. _____. 1996. Respuesta de los cultivos de invierno a la densidad de siembra; II. Cebada. Cangüé. no. 7: 23-26.
85. _____. 1997a. Cultivos de invierno; variables de manejo a considerar frente a una coyuntura desfavorable. Cangüé. no. 9: 26-28.
86. _____.; CASTRO, A.J. 1997b. Densidad de siembra. In: Castro, A.J. ed. Cebada. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 49-55.
87. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA). s.f. Variables agroclimáticas; Las Brujas, 2000-2008. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 nov. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/banco_met/lb00_05d.txt
88. _____. s.f. Variables agroclimáticas; La Estanzuela, 2000-2008. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 nov. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/banco_met/le00_05d.txt
89. _____. s.f. Variables agroclimáticas; La Estanzuela, 2006-2010. Humedad relativa. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 nov. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/online/site/gras_datos.php?filtro=2&fecha_des=2006-01-01&fecha_has=2010-12-31&campos=17,5,40,39,41&ver=20000
90. _____. s.f. Variables agroclimáticas; La Estanzuela, 2006-2010. Lluvias. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 nov. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/online/site/gras_datos.php?filtro=2&fecha_des=2006-01-01&fecha_has=2010-12-31&campos=43,42,13,7,6&ver=20000
91. _____. s.f. Variables agroclimáticas; La Estanzuela, 2006-2010. Temperaturas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 nov. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/online/site/gras_datos.php?action=1
92. _____. s.f. Variables agroclimáticas; Salto, 2000-2008. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 nov. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/banco_met/sa00_05d.txt

93. _____. s.f. Variables agroclimáticas; Tacuarembó, 2000-2008. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 nov. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/banco_met/tb00_05d.txt
94. _____. s.f. Variables agroclimáticas; Treinta y Tres, 2000-2008. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 nov. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/banco_met/tt00_05d.txt
95. INSTITUTO NACIONAL DE SEMILLAS; INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA. 2010a. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de maíz para grano y maíz para silo; período 2009. (en línea). Montevideo, Uruguay. 42 p. Consultado 30 set. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/PubMaizGranoySilo2009.pdf
96. _____. _____. 2010b. Resultados experimentales de la evaluación nacional de cultivares de soja; período 2009. (en línea). Montevideo, Uruguay. 28 p. Consultado 30 set. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/PubSojaPeriodo2009.pdf
97. _____. _____. 2010c. Resultados experimentales de la evaluación nacional de sorgo granífero; período 2009. (en línea). Montevideo, Uruguay. 30 p. Consultado 30 set. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/PubSorgoGranifero2009.pdf
98. JIMENEZ DE ARÉCHAGA, P. 2010. La agricultura nació de nuevo. El País Agropecuario. no. 180: 35-37.
99. LUIZZI, D.; TORRES, D. 1997a. Características morfológicas. In: Castro, A.J. ed. Cebada. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 25-28.
100. _____. 1997b. Origen y taxonomía. In: Castro, A.J. ed. Cebada. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 23.
101. MAILHOS, M.; URRUTY, J.F. 1995. Alternativas tecnológicas en cultivos de invierno; Trigo y Cebada cervecera. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 131 p.
102. MANDL, F. 1994. Tipo de cultivares y época de siembra. In: Giménez, A.; Restaino, E. eds. Girasol, soja. Montevideo, Uruguay, INIA. pp. 105-107.

103. MASERA, O.; ASTIER, M.; LOPEZ-RIDAURA, S. 2000. Sustentabilidad y manejo de recursos naturales. El marco de evaluación MESMIS. México D.F., México, Mundi-Prensa. 107 p.
104. MOLFINO, J.H.; CALIFRA, A. 2001. Agua disponible de las tierras del Uruguay; segunda aproximación. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/disciplinas/agroclima/publicaciones/rec_nat/agua_dis_p_uru.pdf
105. MULLER, S. 1996. ¿Cómo medir la sostenibilidad?. Una propuesta para el área de la agricultura y los recursos naturales. San José, Costa Rica, IICA-GTZ. 45 p.
106. OTAÑO, C.; ZARUCKI, I. 2010. Impacto de distintos niveles de fertilidad y atributos de terreno sobre la variabilidad de rendimiento del cultivo de soja a escala de chacra. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 106 p.
107. OZER AMI, H.; BENITEZ, A. 2004. Criterios para la elección de cultivares de sorgo granífero. *In*: Siri, G. ed. Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. pp. 91-96.
108. PEREZ BIDEGAIN, M.; GARCÍA PRECHAC, F.; HILL, M.; CLÉRICI, C. 2010. La erosión de suelos en sistemas agrícolas. *In*: Universidad de la República (Uruguay). Intensificación agrícola; oportunidades y amenazas para un país productivo y natural. Montevideo, Uruguay. pp. 67-88.
109. RIVAS, M. 2010. Valoración y conservación de la biodiversidad en Uruguay. *In*: Universidad de la República (Uruguay). Intensificación agrícola; oportunidades y amenazas para un país productivo y natural, Montevideo, Uruguay. pp. 89-109.
110. SAAVEDRA, C. 2011. Un siglo de agricultura. Revista del Plan Agropecuario. no. 137: 46-49.
111. SADRAS, V.O.; FERREIRO, M.; GUTHEIM, F.; KANTOLIC, A.G. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. *In*: Andrade, F.H.; Sadras, V.O. eds. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires, Argentina, INTA. pp. 29-60.
112. SARANDÓN, S.J. 2002. Agroecología, el camino hacia una agricultura sustentable. Buenos Aires, Argentina, Ediciones Científicas Americanas. 557 p.

113. SAWCHIK, J. 2008. Impacto Ambiental. (en línea). In: Encuentro Uruguayo de Soja (1o., 2008, Montevideo, Uruguay). Presentaciones. Montevideo, Mesa Tecnológica de Oleaginosos. Consultado 6 nov. 2011. Disponible en http://www.mesadeoleaginosos.org.uy/encuentro_soja/4-La_expansion_de_la_Soja_Una_aproximacion_a_sus_impactos_socioeconomicos.pdf
114. SCARLATTO, G. 1993. Gestión ambiental de los humedales de la Cuenca de la Laguna Merín. Montevideo, Uruguay, CIEDUR. 158 p. (Serie Investigaciones no. 108).
115. SIRI, G.; FIGARI, M.; ERNST, O. 1996. Siembra directa; ¿una alternativa económicamente sustentable?. Cangüé. no. 6: 12-14.
116. _____. comp. 2004. Sorgo. Montevideo, Uruguay, Facultad de Agronomía. 96 p.
117. SMITH, A.J.; DUMANSKI, J. 1993. FESLM; an international framework for evaluating sustainable land management. (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mpl.ird.fr/crea/taller-colombia/FAO/AGLL/pdfdocs/feslm.pdf>
118. TORRES, D. 1996. Tecnología en cultivos de verano; II. Maíz y Sorgo. Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 147 p.
119. UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA (URUGUAY). FACULTAD DE AGRONOMÍA. 1990. Trigo. Montevideo, Uruguay. t.1, 148 p.
120. URUGUAY. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE SUELOS Y FERTILIZANTES. 1979. Carta de reconocimiento de suelos del Uruguay. Clasificación de suelos. Montevideo, Uruguay. t.3, 452 p.
121. _____. _____. DIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. COMISIÓN NACIONAL DE ESTUDIO AGROECONÓMICO DE LA TIERRA. 1994. Grupos de suelos; índices de productividad. Montevideo, Uruguay. 182 p.
122. _____. MINISTERIO DE DEFENSA NACIONAL. DIRECCIÓN NACIONAL DE METEOROLOGÍA. 2011. Estadísticas climatológicas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en <http://www.meteorologia.gub.uy/index.php/estadisticas-climaticas>

123. _____. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE ESTADÍSTICAS AGROPECUARIAS. 1998. Encuesta agrícola primavera 1998. Montevideo. 27 p. (Serie Encuestas no. 194).
124. _____. _____. _____. 1999. Encuesta agrícola otoño 1999. Montevideo. 25 p. (Serie Encuestas no. 195).
125. _____. _____. _____. 2000a. Encuesta agrícola otoño 2000. Montevideo, Uruguay, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. 24 p. (Serie Encuestas no. 200).
126. _____. _____. _____. 2000b. Encuesta agrícola primavera 1999/2000. Montevideo. 20 p. (Serie Encuestas no. 198).
127. _____. _____. _____. 2000c. Encuesta arrocera; zafra 1999/2000. Montevideo. 31 p. (Serie Encuestas no. 199).
128. _____. _____. _____. 2000d. Sistema de información censo agropecuario 2000. Montevideo, Uruguay. 1 disco compacto.
129. _____. _____. _____. 2001a. Anuario estadístico agropecuario 2000. Montevideo. 172 p.
130. _____. _____. _____. 2001b. Encuesta agrícola 2000/2001. Montevideo. 24 p. (Serie Encuestas no. 204).
131. _____. _____. _____. 2001c. Encuesta agrícola primavera 2000. Montevideo. 18 p.
132. _____. _____. _____. 2001d. Encuesta arrocera; zafra 2000/2001. Montevideo. 29 p. (Serie Encuestas no. 203).
133. _____. _____. _____. 2001e. Siembra directa; su aplicación en el áreas de cultivos de secano, año agrícola 2000/2001. (en línea). Montevideo. 21 p. (Trabajos Especiales no. 22). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
134. _____. _____. _____. 2002a. Anuario estadístico agropecuario 2001. Montevideo. 180 p.
135. _____. _____. _____. 2002b. Encuesta agrícola; año agrícola 2001/2002. (en línea). Montevideo. 30 p. (Serie Encuestas no. 209).

- Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
136. _____. _____. _____. 2002c. Encuesta agrícola; año agrícola 2001/2002. (en línea). Montevideo. 18 p. (Serie Encuestas no. 207). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
137. _____. _____. _____. 2002d. Encuesta arrocera; zafra 2001/2002. Montevideo. 40 p. (Serie Encuestas no. 208).
138. _____. _____. _____. 2003a. La Agricultura de Secano en Uruguay; contribución a su conocimiento. (en línea). Montevideo. 97 p. Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
139. _____. _____. _____. 2003b. Encuesta agrícola; año agrícola 2003/2004. (en línea). Montevideo. 20 p. (Serie Encuestas no. 217). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
140. _____. _____. _____. 2003c. Encuesta agrícola; "primavera 2002". (en línea). Montevideo. 33 p. (Serie Encuestas no. 212). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
141. _____. _____. _____. 2003d. Encuesta arrocera; zafra 2002/2003. Montevideo. 33 p. (Serie Encuestas no. 215).
142. _____. _____. _____. 2004a. Anuario estadístico agropecuario 2002. Montevideo. 217 p.
143. _____. _____. _____. 2004b. Encuesta agrícola; año agrícola 2003/2004. (en línea). Montevideo. 33 p. (Serie Encuestas no. 223). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>

144. _____. _____. _____. 2004c. Encuesta agrícola; cultivos de invierno, intención de siembra, año agrícola 2003/2004. Cultivos de verano; año agrícola 2003/2004. (en línea). Montevideo. 33 p. (Serie Encuestas no. 219). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
145. _____. _____. _____. 2004d. Encuesta arrocera; zafra 2003/2004. Montevideo. 34 p. (Serie Encuestas no. 222).
146. _____. _____. _____. 2005a. Anuario estadístico agropecuario 2004. Montevideo. 200 p.
147. _____. _____. _____. 2005b. Encuesta agrícola; "otoño 2005". (en línea). Montevideo. 32 p. (Serie Encuestas no. 231). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
148. _____. _____. _____. 2005c. Encuesta agrícola. "primavera 2004". (en línea). Montevideo. 34 p. (Serie Encuestas no. 227). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
149. _____. _____. _____. 2005d. Encuesta arrocera; zafra 2004/2005. Montevideo. 31 p. (Serie Encuestas no. 230).
150. _____. _____. _____. 2006a. Anuario estadístico agropecuario 2005. Montevideo. 201 p.
151. _____. _____. _____. 2006b. Encuesta agrícola "otoño-invierno 2006". (en línea). Montevideo. 32 p. (Serie Encuestas no. 237). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
152. _____. _____. _____. 2006c. Encuesta agrícola "primavera-verano 2005/2006". (en línea). Montevideo. 34 p. (Serie Encuestas no. 234). Consultado 30 set. 2009. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>

153. _____. _____. _____. 2006d. Encuesta arrocera; zafra 2005/2006. Montevideo. 40 p. (Serie Encuestas no238).
154. _____. _____. _____. 2007a. Anuario estadístico agropecuario 2006. Montevideo. 197 p.
155. _____. _____. _____. 2007b. Encuesta agrícola "invierno 2007". (en línea). Montevideo. 30 p. (Serie Encuestas no. 253). Consultado 30 oct. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
156. _____. _____. _____. 2007c. Encuesta agrícola. "primavera 2006". (en línea). Montevideo. 32 p. (Serie Encuestas no. 245). Consultado 30 oct. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
157. _____. _____. _____. 2007d. Encuesta arrocera; zafra 2006/2007. Montevideo. 34 p. (Serie Encuestas no. 248).
158. _____. _____. _____. 2008a. Anuario estadístico agropecuario 2007. Montevideo. 190 p.
159. _____. _____. _____. 2008b. Encuesta agrícola. "invierno 2008". (en línea). Montevideo. 41 p. (Serie Encuestas no. 267). Consultado 30 oct. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
160. _____. _____. _____. 2008c. Encuesta agrícola "primavera 2007". (en línea). Montevideo. 33 p. (Serie Encuestas no. 257). Consultado 30 oct. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
161. _____. _____. _____. 2008d. Encuesta arrocera; zafra 2007/2008. Montevideo. 26 p. (Serie Encuestas no. 261).
162. _____. _____. _____. 2009a. Anuario estadístico agropecuario 2008. Montevideo. 206 p.

163. _____. _____. _____. 2009b. Encuesta agrícola "invierno 2009". (en línea). Montevideo. 41 p. (Serie Encuestas no. 279). Consultado 30 set. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
164. _____. _____. _____. 2009c. Encuesta agrícola "primavera 2008". (en línea). Montevideo. 36 p. (Serie Encuestas no. 272). Consultado 30 oct. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
165. _____. _____. _____. 2009d. Encuesta arrocera; zafra 2008/2009. Montevideo. 31 p. (Serie Encuestas no. 275).
166. _____. _____. _____. 2009e. Recopilación de la estadísticas básicas del sector arrocero; período 1989-2009. s.l. s.p.
167. _____. _____. _____. 2010a. Anuario estadístico agropecuario 2009. Montevideo. 215 p.
168. _____. _____. _____. 2010b. Encuesta agrícola "invierno 2010". (en línea). Montevideo. 38 p. (Serie Encuestas no. 293). Consultado 30 oct. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
169. _____. _____. _____. 2010c. Encuesta agrícola "primavera 2009". (en línea). Montevideo. 32 p. (Serie Encuestas no. 284). Consultado 30 oct. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
170. _____. _____. _____. 2010d. Encuesta arrocera; zafra 2009/2010. Montevideo. 25 p. (Serie Encuestas no. 291).
171. _____. _____. _____. 2011a. Anuario estadístico agropecuario 2010. Montevideo. s.p. Consultado 31 oct. 2011. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,352,O,S,0,MNU;E;27;6;MNU>
172. _____. _____. _____. 2011b. Encuesta agrícola "invierno 2011". (en línea). Montevideo. 3 p. (Serie Encuestas). Consultado 30 oct. 2011.

- Disponible en
<http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
173. _____. _____. _____. 2011c. Encuesta agrícola. "primavera 2010". (en línea). Montevideo. 35 p. (Serie Encuestas no. 301). Consultado 30 oct. 2011. Disponible en
<http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,93,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU>
174. _____. _____. DIRECCIÓN DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES. DIVISIÓN DE SUELOS Y AGUAS. 2008. Compendio actualizado de información de suelos del Uruguay. Montevideo, Uruguay. 1 disco compacto.
175. _____. _____. DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS AGRÍCOLAS. 2011a. Importación de productos fitosanitarios 2005. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en
http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/documentosDAYD/resumen09_05.xls
176. _____. _____. _____. 2011b. Importación de productos fitosanitarios 2006. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en
<http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/documentosDAYD/profitjunio06.xls>
177. _____. _____. _____. 2011c. Importación de productos fitosanitarios 2006. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en
<http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/documentosDAYD/Resumen%202006.xls>
178. _____. _____. _____. 2011d. Importación de productos fitosanitarios 2007. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en
<http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/documentosDAYD/ResumenJun07.xls>
179. _____. _____. _____. 2011e. Importación de productos fitosanitarios 2007. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en
<http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/documentosDAYD/ResumenSet07.xls>
180. _____. _____. _____. 2011f. Importación de productos fitosanitarios 2008. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en

http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/documentosDAYD/resumen_import_PF_2008.pdf

181. _____. _____. _____. 2011g. Importación de productos fitosanitarios 2009. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/documentosDAYD/estadisticas/resumen%20a%20junio%202009_corregido.pdf
182. _____. _____. _____. 2011h. Resumen estadístico del ejercicio 1998. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
183. _____. _____. _____. 2011i. Resumen estadístico del ejercicio 1999. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
184. _____. _____. _____. 2011j. Resumen estadístico del ejercicio 2000. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
185. _____. _____. _____. 2011k. Resumen estadístico del ejercicio 2001. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
186. _____. _____. _____. 2011l. Resumen estadístico del ejercicio 2002. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011., Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
187. _____. _____. _____. 2011m. Resumen estadístico del ejercicio 2003. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
188. _____. _____. _____. 2011n. Resumen estadístico del ejercicio 2004. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnalisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm

189. _____. _____. _____. 2011o. Resumen estadístico del ejercicio 2005. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
190. _____. _____. _____. 2011p. Resumen estadístico del ejercicio 2007. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
191. _____. _____. _____. 2011q. Resumen estadístico ejercicio 2009. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
192. _____. _____. _____. 2011r. Resumen estadístico ejercicio 2010. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSSAA/DivAnálisisDiagnostico/DAYD_PROFIT_ESTADISTICA.htm
193. _____. _____. DIRECCIÓN GENERAL DE SERVICIOS GANADEROS. DIVISION CONTRALOR DE SEMOVIENTES. 2011. Año 2010; DICOSE, total nacional. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 30 oct. 2011. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/Informe2010/DJ_Total2010.pdf
194. _____. _____. _____. _____. 2012. Año 2011; DICOSE, total nacional. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 18 ene. 2012. Disponible en http://www.mgap.gub.uy/DGSG/DICOSE/Informe2011/DJ2011_TNacional.pdf
195. _____. MINISTERIO DE GANADERÍA Y AGRICULTURA. DIRECCIÓN DE ECONOMÍA AGRARIA. 1968. Censo general agropecuario 1966. Montevideo, Uruguay. 97 p.
196. VERETTA, V.; BRUNI, M.; TRUJILLO, A.I. 1991. Cambio técnico en la agricultura de granos de secano en el Uruguay (1979-1987). Tesis Ing.Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 220 p.
197. VILARÓ, D. s.f. Evaluación de cultivares de maíz para grano evaluados en la zafra 2006-2007. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y

- Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/maizg/maiz06.htm
198. _____. s.f. Evaluación de cultivares de maíz para grano evaluados en la zafra 2007-2008. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/maizg/maiz07.htm
199. _____. s.f. Evaluación de cultivares de maíz para grano evaluados en la zafra 2008-2009. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/maizg/intromz08.htm
200. _____. s.f. Evaluación de cultivares de soja evaluados en la zafra 2006-2007. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/soja/soja06.htm
201. _____. s.f. Evaluación de cultivares de soja evaluados en la zafra 2007-2008. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/soja/soja07.htm
202. _____. s.f. Evaluación de cultivares de soja evaluados en la zafra 2008-2009. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/soja/intro08.htm
203. _____. s.f. Evaluación de cultivares de sorgo granífero evaluados en la zafra 2006-2007. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/sg/sorgo06.htm
204. _____. s.f. Evaluación de cultivares de sorgo granífero evaluados en la zafra 2007-2008. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/sg/sorgo07.htm
205. _____. s.f. Evaluación de cultivares de sorgo granífero evaluados en la zafra 2008-2009. (en línea). Montevideo, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. s.p. Consultado 30 abr. 2011. Disponible en http://www.inia.org.uy/convenio_inase_inia/resultados/sg/introsg08.htm

206. URUGUAY. SERVICIO GEOGRÁFICO MILITAR. 1983a. La Paloma de Durazno. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
207. _____. 1983b. Paso Ramirez. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
208. _____. 1983c. Rincón del Bonete. 2 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
209. _____. 1983d. San Gregorio de Polanco. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
210. _____. 1983e. San Jorge. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
211. _____. 1986a. Arroyo Maciel. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
212. _____. 1986b. Blanquillo. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
213. _____. 1986c. Carmen. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
214. _____. 1986d. Conchillas. 2 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
215. _____. 1986e. Gallinal. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
216. _____. 1986f. Goñi. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
217. _____. 1986g. La Cruz. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
218. _____. 1986h. Molles. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
219. _____. 1986i. Puntas de Carpintería. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
220. _____. 1986j. Tomás Cuadra. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
221. _____. 1986k. Villasboas. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
222. _____. 1986l. Yí. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
223. _____. 1990a. Baygorria. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
224. _____. 1990b. Casupá. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
225. _____. 1990c. Cerro Colorado. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
226. _____. 1990d. Chileno. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.

227. _____. 1990e. Durazno. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
228. _____. 1990f. Feliciano. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
229. _____. 1990g. Grecco. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
230. _____. 1990h. Guaycurú. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
231. _____. 1990i. La Estanzuela. 3 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
232. _____. 1990j. Mansavillagra Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
233. _____. 1990k. Marincho. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
234. _____. 1990l. Ojosmín. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
235. _____. 1990m. Paso del Puerto. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
236. _____. 1990n. Paso Hondo. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
237. _____. 1990o. Porongos. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
238. _____. 1990p. Porrúa. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
239. _____. 1990q. Quinteros. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
240. _____. 1990r. Risso. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
241. _____. 1990s. Rossell y Rius. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
242. _____. 1990t. Sarandí del Yí. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
243. _____. 1990u. Talas del Maciel. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
244. _____. 1990v. Timote. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
245. _____. 1991a. Cardona. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
246. _____. 1991b. Colla. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
247. _____. 1991c. Miguelete. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
248. _____. 1991d. Santa Catalina. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.

249. _____. 1993a. Bequeló. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
250. _____. 1993b. Bizcocho. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
251. _____. 1993c. Cañada Nieto. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
252. _____. 1993d. Carmelo. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
253. _____. 1993e. Cololó. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
254. _____. 1993f. Dolores. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
255. _____. 1993g. Ombués de Lavalle. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
256. _____. 1993h. Palmitas. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
257. _____. 1993i. Paso de Lugo. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
258. _____. 1993j. Paso del Palmar. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
259. _____. 1993k. San Martín. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
260. _____. 1993l. Soriano. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
261. _____. 1994a. Algorta. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
262. _____. 1994b. Arroyo Negro. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
263. _____. 1994c. Chapicuy. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
264. _____. 1994d. Don Esteban. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
265. _____. 1994e. El Ombú. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
266. _____. 1994f. La Tentación. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
267. _____. 1994g. Lorenzo Geyres. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
268. _____. 1994h. Parada Rivas. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
269. _____. 1994i. Porvenir. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
270. _____. 1994j. Román Grande. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.

271. _____. 1994k. San Javier. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
272. _____. 1994l. Sanchez. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
273. _____. 1994m. Young. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
274. _____. 1995. Fray Bentos-Mercedes. 2 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
275. _____. 1998. Talita. 2 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
276. _____. 1999a. Piriápolis. 2 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
277. _____. 1999b. San Gabriel. 4 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
278. _____. 2000. Las Animas. 5 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
279. _____. 2001. Palermo. 2 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
280. _____. 2002a. Nuevo Berlín. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
281. _____. 2002b. Rosario. 4 ed. Montevideo, Uruguay. 1:50.000. Color.
282. _____. 2008a. Colonia. Montevideo, Uruguay. 1:250.000. Color.
283. _____. 2008b. Mercedes. Montevideo, Uruguay. 1:250.000. Color.