

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**INCORPORACION DE TECNOLOGÍA EN LA PRODUCCIÓN DE ARROZ EN
UNA EMPRESA DE LA ZONA NORTE: IMPACTO SOBRE RENDIMIENTO EN
GRANO**

por

Pablo Rodrigo FRUTOS SEGOVIA

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Oswaldo Ernst

Ing. Agr. Bernardo Böcking

Ing. Agr. Guillermo Siri-Prieto

Fecha:

15 de diciembre del 2010

Autor:

Pablo Rodrigo FRUTOS SEGOVIA

AGRADECIMIENTOS

En especial al Ingeniero Agrónomo Bernardo Böcking, no solo por la información dispensada sino por su valioso tiempo brindado durante todo el desarrollo de la tesis.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADRO E ILUSTRACIONES.....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1. <u>INTRODUCCIÓN</u>	3
2.2. <u>ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO</u>	3
2.2.1. <u>Etapas de desarrollo del cultivo</u>	3
2.2.2. <u>Requerimientos térmicos del cultivo</u>	4
2.2.2.1 <u>Implantación</u>	4
2.2.2.2. <u>Eta</u> pa reproductiva.....	4
2.3. <u>CULTIVARES</u>	4
2.3.1 <u>Evolución de los principales</u> <u>cultivares utilizados en Uruguay</u>	5
2.3.2. <u>Algunas características de los principales</u> <u>cultivares</u>	5
2.3.2.1. <u>El Paso 144</u>	6
2.3.2.2. <u>INIA Tacuarí</u>	6
2.3.2.3. <u>INIA Caraguatá</u>	6
2.3.2.4. <u>INIA Cuaró</u>	6
2.3.3. <u>Caracterización agronómica</u>	7
2.3.4. <u>Requerimiento térmico y tiempo</u> <u>necesario para diferentes eventos</u> <u>fenológicos de los cultivares</u>	7
2.3.5. <u>Caracterización por rendimiento</u>	8
2.4. <u>INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES</u> <u>SOBRE EL RENDIMIENTO</u>	8
2.4.1 <u>Temperatura</u>	8
2.4.2 <u>Luminosidad</u>	11
2.5. <u>EPOCA DE SIEMBRA</u>	12
2.6. <u>DENSIDAD DE SIEMBRA</u>	16
2.7. <u>RIEGO</u>	17
2.7.1 <u>Consumo de agua</u>	17
2.7.1.1. <u>Eficiencia del uso del agua</u>	19

2.7.2. <u>Riego intermitente</u>	19
2.7.3. <u>Momento de inundación</u>	20
2.8. INTENSIDAD DE LABOREO.....	27
2.9. FERTILIZACIÓN.....	28
2.9.1. <u>Fosforo</u>	28
2.9.2. <u>Nitrógeno</u>	29
2.9.2.1. Forma de aplicación.....	31
2.10. BARBECHOS BAJO SIEMBRA DIRECTA.....	31
2.11. MANEJO DE MALEZAS.....	32
2.11.1 <u>Épocas de aplicación</u>	32
2.11.1.1. Pre-emergencia.....	32
2.11.1.2. Pos-emergencia temprana.....	33
2.11.1.3. Pos-emergencia tardía.....	34
2.11.2. Productos utilizados.....	35
2.11.2.1 Descripción de los principios activos.....	35
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	41
3.1. UBICACIÓN DEL PREDIO.....	41
3.2. SUELOS.....	41
3.3. MODELO ESTADÍSTICO.....	41
3.3.1. <u>Hipótesis estadística</u>	42
3.3.2. <u>Hipótesis biológica</u>	43
3.4. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS.....	43
3.4.1. <u>Variables de manejo</u>	44
3.4.1.1. Evolución del área de siembra.....	44
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	45
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS UTILIZADAS.....	45
4.1.1. <u>Antecedentes</u>	45
4.1.2. <u>Variedades</u>	47
4.1.3. <u>Tipo de laboreo</u>	47
4.1.4. <u>Riego</u>	50
4.1.5. <u>Fertilización</u>	52
4.1.5.1. Criterios de fertilización nitrogenada.....	52
4.1.5.2. Criterio de fertilización fosfatada.....	54
4.1.6. <u>Manejo de herbicidas</u>	54

4.1.6.1. Pre-emergencia.....	55
4.1.6.2. Post-emergencia.....	57
4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	59
4.2.1 <u>Efecto año (zafra)</u>	59
4.2.2. <u>Efecto antecesor</u>	61
4.2.3. <u>Efecto variedad por fecha de siembra</u>	62
4.2.4. <u>Análisis conjunto</u>	65
4.2.4.1. Caracterización de los ambientes (cluster)....	68
5. <u>CONCLUSIONES</u>	72
6. <u>RESUMEN</u>	73
7. <u>SUMMARY</u>	74
8. <u>BIBLIOGRAFÍA</u>	75

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Clasificación de las principales variedades utilizadas en Uruguay según su genotipo.....	4
2. Principales características agronómicas de diferentes variedades de arroz.....	7
3. Suma térmica y número de días necesarios para alcanzar diferentes estados fenológicos de cuatro variedades.....	8
4. Rendimiento tres variedades de arroz en diferentes zonas del país.....	9
5. Días desde la Emergencia a 50% de Floración para los diferentes manejos de la inundación en las diferentes zafras.....	18
6. Número de días desde emergencia a cosecha por tratamientos de inundación para la localidad de Treinta y Tres.....	27
7. Evaluación de herbicidas en pre – emergencia.....	32
8. Evaluación de herbicidas en pos-emergencia temprana.....	33
9. Evaluación de herbicidas en pos-emergencia tardía.....	34
10. Productos con sus respectivos principios activos y concentración de éste.....	35
11. Referencias de herbicidas o mezclas de herbicidas utilizados tanto en pre como en post-emergencia.....	55
12. Valor “F” y su significancia para el rendimiento en grano de arroz en función de la zafra, el cultivo antecesor, la variedad sembrada, el tipo de laboreo utilizado y la fecha de siembra.....	59
13. Comparación del rendimiento medio de arroz entre zafras para el período 1994/95 al 2007/08.....	59
14. Medias corregidas según rango de siembra.....	63
15. Comparación de las medias estimadas de rendimiento según variedad.....	64
16. Valor “F” y su significancia para el rendimiento en grano de arroz en función de los años de arroz y el cultivo antecesor.....	66
17. Medias de las variables de cada grupo.....	68
18. Valor “F” y su significancia para el rendimiento en grano	

de arroz en función del grupo, los años de arroz, el antecesor y el tipo de laboreo.....	69
19. Valor “F” y su significancia para el rendimiento en grano de arroz en función del grupo, el antecesor y el manejo del riego.....	69

Figura No.

1. Evolución del área de siembra de los principales cultivares utilizados en Uruguay.....	5
2. Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en el período de 12+10dDF.....	10
3. Probabilidad de temperaturas mínima decádica menor a 15 °C (serie histórica: 1972-1993).....	10
4. Requerimientos de energía solar para diferentes estadios de crecimiento del cultivo de arroz.....	11
5. Rendimiento en función de la fecha de siembra para INIA Tacuarí y El Paso 144.....	13
6. Rendimiento de cuatro cultivares a tres épocas de siembra para la localidad de Tacuarembó zafra 97/98.....	14
7. Rendimiento de cuatro cultivares a dos épocas de siembra contrastantes, zafra 98/99.....	15
8. Rendimiento de diferentes cultivares de arroz en función de la densidad de siembra.....	16
9. Totales de agua suministrada, en los dos manejos de riego.....	18
10. Interacción entre nitrógeno aplicado y momento de inundación.....	21
11. Interacción entre nitrógeno aplicado y momento de inundación.....	22
12. Respuesta de El Paso 144 a las aplicaciones de nitrógeno según dos épocas de inundación.....	24
13. Respuesta de El Paso 144 a las aplicaciones de nitrógeno según dos épocas de inundación.....	30
14. Área de siembra de arroz separada por zafras.....	44
15. Evolución de los diferentes antecesores a lo largo de las 14 zafras.....	45

16. Área relativa para chacras con 1 año de arroz hasta 4 años de arroz consecutivos y su evolución en el tiempo.....	46
17. Superficie sembrada (%) de cada variedad dentro de cada zafra.....	47
18. Porcentaje de área relativa en función de la forma en que se haya preparado el suelo.....	48
19. Forma de preparación del suelo según el cultivo antecesor al cultivo de arroz.....	49
20. Porcentaje de área según los días entre siembra e inicio de riego (momento de inundación).....	50
21. Área relativa en función de los días de riego.....	51
22. Criterio de fertilización según el antecesor del cultivo de arroz.....	52
23. Momento de fertilización nitrogenada según variedad.....	53
24. Porcentaje de área en función del momento de aplicación de herbicidas.....	54
25. Porcentaje del área en función del herbicida o mezcla utilizada en pre-emergencia.....	55
26. Porcentaje del área en función del herbicida o mezcla utilizada en post-emergencia.....	57
27. Porcentaje del área en función del momento de aplicación del herbicida según antecesores arroz y cultivo de secano (soja, sorgo o maíz.).....	58
28. Porcentaje del área en función del momento de aplicación del herbicida según antecesores campo virgen, pradera y verdes.....	58
29. Rendimiento medio por zafra y su variabilidad interna definida por la combinación de manejos de cada año.....	60
30. Rendimiento promedio de arroz obtenido sobre diferentes cultivos antecesores y su variabilidad establecida por la zafra o la chacra y variabilidad de los diferentes antecesores.....	61
31. Rendimiento promedio y variabilidad en función de los años de arroz.....	62
32. Porcentaje del área sembrada en función de la fecha de siembra y distribución de las variedades según la fecha de siembra.....	63

33. Rendimiento promedio y variabilidad de rendimiento de cada variedad.....	65
34. Rendimiento medio de arroz obtenido en ambientes definidos por temperatura y heliofanía.....	70

1. INTRODUCCIÓN

La investigación nacional en arroz tiene una larga trayectoria en el país. En 1970 se creó la Estación Experimental del Este, hoy Estación Experimental INIA 33, es el principal centro de generación de tecnologías para el cultivo.

El sector arrocero uruguayo tiene una fuerte integración vertical, orientando la producción del cultivo hacia una agroindustria exportadora, con demandas específicas de tecnología para la producción de grano con especificaciones de calidad definidas.

En la página Web del Instituto Nacional de Investigación (INIA) se explicita que *“Tanto el sector industrial arrocero como el productor están nucleados en sus respectivas asociaciones nacionales de larga trayectoria y su integración se ve reflejada en un sistema que incluye contratos de producción para la mayoría del área, convenio de fijación de precios, pago ajustado por calidad del producto, asociación de empresas industriales en algunos emprendimientos y exportación, etc.*

La incorporación de diversas tecnologías ha permitido un crecimiento de los rendimientos promedio del país a un ritmo de 88 kg/ha por año, en los últimos 38 años, alcanzando en la zafra 2006/07 un rendimiento record de aproximadamente 8 t/ha. Entre las tecnologías incorporadas cabe mencionar la adopción de variedades de alto rendimiento, manejo de suelos que permite el logro de una mayor proporción del área de siembra en fecha óptima, incluyendo la incorporación de glifosato y reducción de laboreo, control de malezas y riego tempranos, así como un manejo eficiente de los insumos.

Además del mencionado incremento en los rendimientos, esta incorporación de tecnología ha permitido enfrentar un período de profunda crisis de precios internacionales. Estos pasaron de US\$ 395/t elaborado en 1997/98 a US\$ 191 en 2001/02. Actualmente el precio ha mostrado una recuperación, superando los US\$ 300/t, pero el sector arrastra un fuerte endeudamiento y el número de productores se ha reducido de 674 a 573, entre 1997/98 y 2004/05, dándose esta reducción en los pequeños productores (< de 100 ha). En el mismo período, la superficie promedio cultivada por productor varió de 252 a 321 ha. La reducción en los márgenes de rentabilidad del cultivo ha provocado gran interés en alternativas para incrementar el potencial de rendimiento y en tecnologías de bajo costo”.

El objetivo de este trabajo es cuantificar el impacto de la adopción de tecnologías propuestas para la producción de arroz en el rendimiento y calidad de grano obtenido en una empresa de la zona norte del país.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. INTRODUCCIÓN

En la presente revisión bibliográfica se resumen resultados obtenidos en la investigación nacional desde la zafra 94/95 hasta la 08/09, y que avalan las propuestas tecnológicas para la producción de arroz en Uruguay.

2.2. ECOFISIOLOGÍA DEL CULTIVO

2.2.1. Etapas de desarrollo del cultivo

Las variedades de arroz cultivadas pertenecen al género *Oriza sativa* L. Es una planta anual de origen subtropical de hábito semiacuático y con un metabolismo de carbono de tipo C3.

En la primera etapa del cultivo, desde siembra hasta mediados de macollaje, su tasa de crecimiento es muy baja. En esta etapa su comportamiento es similar a cualquier cultivo gramínea de verano en condiciones de secano y tiene una duración media de unos 50-60 días dependiendo del tipo de cultivar que se halla sembrado. Básicamente tiene los mismos problemas de implantación, necesita temperatura y humedad óptima para germinar e implantarse y es muy afectado por la competencia de malezas en este momento. Es en esta etapa que se define el primer componente del rendimiento, los tallos/m² que luego determinara las panojas/m² (Gamarra, 1996).

Luego de culminada esta primera etapa comienza la etapa reproductiva que se caracteriza por un incremento exponencial en la tasa de crecimiento debido a que comienzan a elongarse los entrenudos elevándose el ápice reproductivo, esta etapa concretamente va desde mediados de macollaje a fin de floración con una duración promedio de unos 35-40 días, la duración de esta etapa al igual que la anterior está dominada por el genotipo que se halla sembrado. A mitad del macollaje o incluso antes se comienzan a producir cambios a nivel del meristema del tallo principal, dejando de producir primordios foliares para producir primordios florales. Estos cambios se hacen visibles recién al fin del macollaje y se denomina etapa de primordio floral (Gamarra, 1996).

Si bien toda esta etapa es citada como susceptible a sufrir daños por bajas temperaturas que pueden determinar esterilidad de la panoja, se cita con más frecuencia los momentos más cercanos a la floración como los más críticos

(específicamente los procesos de formación del polen). Es aquí donde se define el segundo componente del rendimiento que es el tamaño de la panoja expresado a través del número de granos/panoja (De Datta, 1981).

La última etapa se denomina etapa de llenado de grano y maduración. Esta va desde comienzo de llenado del grano hasta madurez fisiológica con una duración promedio de unos 30-35 días. En este periodo se define el último componente de rendimiento que es el peso de grano. Este es el componente más estable, depende mucho del genotipo que se esté usando, las condiciones ambientales no hacen variar demasiado el peso de cada grano, pero sí afecta a la calidad del mismo, componente importante a la hora de la evaluación económica (De Datta, 1981).

2.2.2. Requerimientos térmicos del cultivo

2.2.2.1 Implantación

Con temperaturas inferiores a 10-12 °C en suelo el arroz es capaz de germinar pero su implantación se ve muy comprometida y demorada en el tiempo. La implantación y crecimiento de la plántula es normal cuando se registran temperaturas medias de entre 18 a 25°C en el suelo.

2.2.2.2. Etapa reproductiva

En la etapa reproductiva (12 días pre-floración hasta 12 días pos-floración), temperaturas mínimas inferiores a 15 °C pueden causar problemas de esterilidad en las panojas y consecuentemente pérdidas de rendimiento como se comentaba anteriormente (Tanaka, citado por Aliaga y Bottaro, 1998). La formación de polen se interrumpe causando esterilidad cuando ocurren temperaturas de 15°C durante solo una hora.

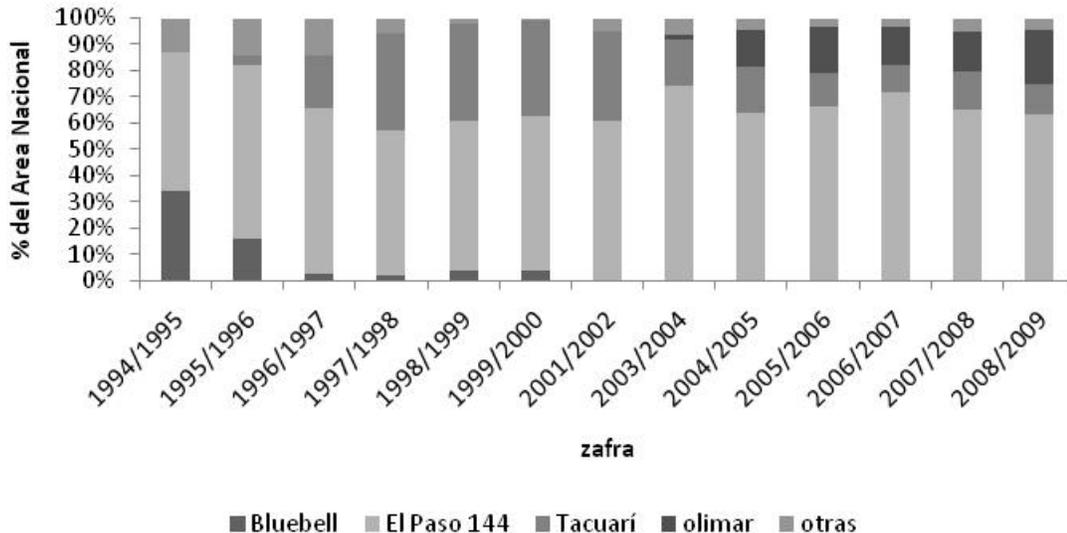
2.3. CULTIVARES

Cuadro No. 1: Clasificación de las principales variedades utilizadas en Uruguay según su genotipo.

Índicos	Japónicos
El Paso 144	INIA Tacuarí
INIA Cuaró	INIA Yerbal
INIA Olimar	INIA Caraguatá
	INIA Zapata
	Bluebelle

2.3.1 Evolución de los principales cultivares utilizados en Uruguay

En la primera zafra en estudio las variedades mas utilizadas en el país eran Bluebell y El Paso 144, esta última ocupaba aproximadamente el 50% del área de siembra nacional. La evolución de la variedad Bluebell es negativa por lo que ya en la zafra 2001/2002 ya no existe área sembrada con esta variedad en el país. En contraposición a esto aumenta la variedad INIA Tacuarí la cual logra su mayor área a nivel nacional en la zafra 1999/2000. En la zafra 2003/2004 comienza a ser sembrada la variedad INIA Olimar hasta llegar al 20 % del área nacional en la zafra 2008/2009. A lo largo de todas las zafras en estudio la variedad El Paso 144 es sembrada en mas del 50% del área nacional.



Fuente: URUGUAY. MGAP. DIEA (2009).

Figura No. 1: Evolución del área de siembra de los principales cultivares utilizados en Uruguay.

2.3.2. Algunas características de los principales cultivares

2.3.2.1. El Paso 144

Es una variedad de ciclo largo que presenta un gran vigor vegetativo y macollaje, lo que le permite un buen establecimiento aún bajo condiciones desfavorables o con cero laboreo. Sus hojas son erectas y pubescentes al igual que sus granos. El rendimiento industrial es inferior al de las variedades de tipo americano y en la zona Norte ha presentado moderada a alta incidencia de

granos yesados. Su contenido de amilosa es intermedio a alto y su temperatura de gelatinización es baja (alta dispersión en álcali), por lo que su calidad culinaria es diferente a la de las variedades de tipo americano. En condiciones desfavorables presenta problemas de manchado de glumas. Es un cultivar altamente susceptible a Brusone (*Pyricularia grisea*), dependiendo su comportamiento de las condiciones climáticas del año (Blanco et al., citados por Borghi y Ernst, 2003a).

2.3.2.2. INIA Tacuarí

Es una variedad de ciclo precoz que posee buena resistencia a bajas temperaturas en la etapa reproductiva. Su planta es de tipo moderno, con hojas erectas y sin pilosidad. Posee una muy buena calidad de grano y alto rendimiento. Es susceptible al manchado de las vainas (*Rhizoctonia oryzae*) y mancha agregada de las vainas (*Rhizoctonia oryzae sativae*); y es moderadamente resistente a Brusone. Tiene como desventaja un tamaño y peso de grano bajo (21.5 g las 1000 semillas) (Gamarra, 1996).

2.3.2.3. INIA Caraguatá

Es una variedad semitardía que se destaca por su resistencia a Brusone (*Pyricularia grisea*) y moderadamente resistente a *Sclerotium* y *Rhizoctonia*, posee una excelente calidad molinera (con altos porcentajes de rendimiento y granos enteros y bajos niveles de yesado) y una calidad culinaria intermedia. Sus plantas son bajas, con tallos fuertes, hojas erectas y desarrollo vegetativo lento. Su principal desventaja es que posee problemas de implantación y es susceptible a bajas temperaturas (Gamarra, 1996).

2.3.2.4. INIA Cuaró

Es una variedad de ciclo medio y posee un tipo de planta similar a El Paso 144 con la ventaja de tener hojas y granos glabros y mayor porcentaje de granos enteros. Dentro de sus principales problemas se destaca la alta susceptibilidad a Brusone (*Pyricularia grisea*) y a manchado de las glumas, asociado a una susceptibilidad a temperaturas bajas algo superior a El Paso 144 (Blanco et al., citados por Borghi y Ernst, 2003b).

2.3.3. Caracterización agronómica

Cuadro No. 2: Principales características agronómicas de diferentes variedades de arroz. Datos de primer época de siembra (09/11/01).

Variedades	Capacidad de macollaje	Resistencia al vuelco	Tolerancia a bajas temp.	Altura (cm)	Ciclo a floración (días)
Bluebelle	Baja	Alta	Intermedia	92	102
El Paso 144	Alta	Baja	Baja	77	103
INIA Tacuarí	Alta	Alta	Alta	78	95
INIA Caraguatá	Intermedia	Alta	Baja	70	101
INIA Cuaró	Alta	s/d	Baja	79	96
INIA Olimar	Alta	s/d	Baja	72	97

Fuente: Blanco et al., citados por Borghi y Ernst (2003b).

En términos generales los cultivares de arroz pertenecientes al genotipo índico forman su rendimiento en base a un alto número de panojas y a un menor tamaño de la panoja, el peso de los granos es mayor en este genotipo. En contrapartida los genotipos japónicos forman su rendimiento en base a un menor número de panojas y un tamaño de panojas mayor, su tamaño de grano es menor (Blanco et al., citados por Borghi y Ernst, 2003b).

2.3.4. Requerimiento térmico y tiempo necesario para diferentes eventos fenológicos de los cultivares

Cuadro No. 3: Suma térmica (ST) y número de días necesarios para alcanzar diferentes estados fenológicos de cuatro variedades.

Fase Fenológica	El Paso 144		INIA Tacuarí		INIA Caraguatá		INIA Cuaró	
	S.T.	No. días	S.T.	No. días	S.T.	No. días	S.T.	No. días
Siembra-Emergencia	96	12	96	12	-	-	-	-
Emerg.-Inic. de macollaje	191	18	225	21	195	18	202	21
Emergencia-Primordio	747	65	697	60	700	61	705	61

Emerg.-50 % floración	1156	96	997	84	1099	92	1051	88
50 % floración- Madurez	435	39	495	42	439	39	451	36

Fuente: Méndez, citado por Borghi y Ernst (2003c).

Nota: Modelo de suma térmica base 10°C.

Las variedades de arroz poseen diferentes requerimientos de suma térmica para alcanzar los diferentes estados fenológicos. Las variedades con menores requerimientos tendrán un ciclo más corto por lo que la floración se estaría dando antes que otras variedades con mayor requerimiento; esto le genera a la variedad mayor probabilidad de escaparle al frío en floración lo cual podría generar problemas de esterilidad.

2.3.5. Caracterización por rendimiento

Cuadro No. 4: Rendimiento tres variedades de arroz en diferentes zonas del país.

Variedad	Localidad			
	Artigas		Promedio*	
	%	kg/há	kg/há	%
El Paso 144	100	9909	7881	100
INIA Tacuarí	103	9516	8056	102
INIA Olimar	116	10510	8853	112

*Promedio de las localidades de Treinta y Tres, Artigas, Tacuarembó y Río Branco.

Fuente: Blanco et al., citados por Borghi y Ernst (2003b).

2.4. INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES SOBRE EL RENDIMIENTO

2.4.1 Temperatura

La temperatura media es la variable climática de mayor efecto sobre el rendimiento, siendo determinante desde los 30 días previos a la floración hasta los 30 días posteriores a la misma. Temperaturas bajas durante este período inciden en aumentar el porcentaje de esterilidad del cultivo de arroz, siendo diferente el efecto según el cultivar (Ferreira y Montauban, 1998).

Es común en el país que existan noches con bajas temperaturas (por debajo de 15 °C) en los meses de enero y febrero; aumentando la probabilidad de ocurrencia de las mismas en la medida en que transcurre el mes de febrero y en todo el mes de marzo (Roel, 1999).

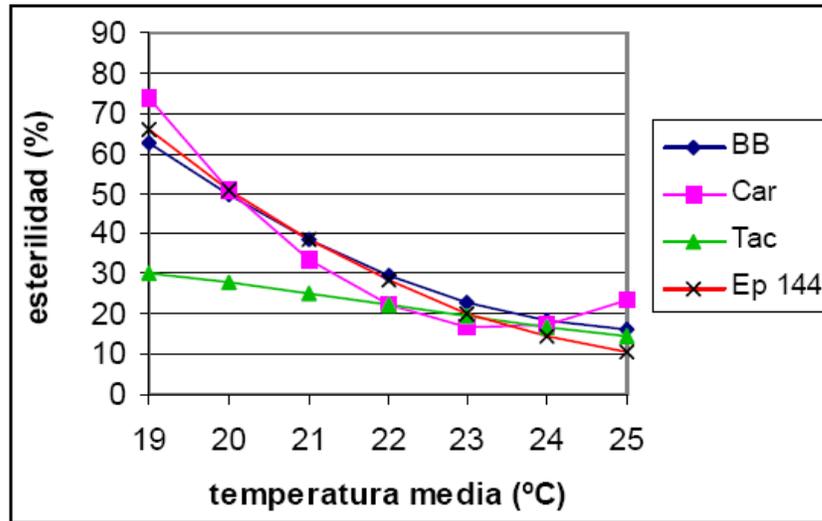
Con siembras en época normal, en los cultivares Japónica, las panículas/m² fueron el componente que explicó las variaciones en el rendimiento, en cambio en cultivares Indica lo fueron la esterilidad y el peso de grano en El Paso 144, y los granos totales por panícula en INIA Cuaró como fue mencionado anteriormente (Deambrosi y Méndez, 1996).

En función del escaso ajuste encontrado entre este componente y las variables climáticas, se concluyó que el total de panículas/m² logradas dependió principalmente de medidas de manejo y no de la incidencia de factores climáticos. INIA Caraguatá fue la variedad que mostró mayor respuesta en rendimiento al aumento en el número de panículas/m² (Deambrosi y Méndez, 1996).

Cuando se incluyeron las siembras tardías los factores climáticos fueron más importantes en la determinación del rendimiento, principalmente debido al sustancial incremento de la incidencia de la temperatura sobre el componente esterilidad (Deambrosi y Méndez, 1996).

Ante descensos en la temperatura Bluebelle, INIA Caraguatá y El Paso 144 incrementaron sustancialmente la esterilidad, mientras que INIA Tacuarí por su reconocida tolerancia a bajas temperaturas, no la incrementó significativamente (Deambrosi y Méndez, 1996).

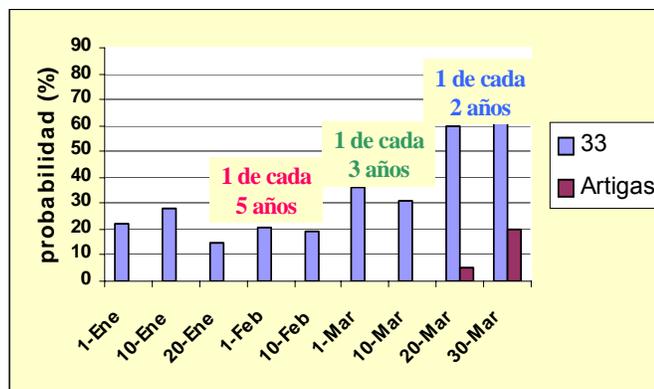
Atrasos en la época de siembra en ambas variedades tropicales determinaron floraciones en meses donde la incidencia de la temperatura es crítica sobre la esterilidad de flores. En función de los resultados obtenidos INIA Cuaró se situó en un plano de mayor susceptibilidad a las bajas temperaturas.



Fuente: Deambrosi y Méndez (1996).

Figura No. 2: Efecto de la temperatura sobre la esterilidad en el período de 12+10dDF.

Concluyendo, con siembras tardías la concreción de altos rendimientos dependió en mayor medida de la incidencia climática, ya que la esterilidad fue el componente que explicó las variaciones en el rendimiento en todos los cultivares, por lo tanto se debe minimizar su incidencia con el manejo de la época de siembra (Deambrosi y Méndez, 1996).



Fuente: Roel (1999).

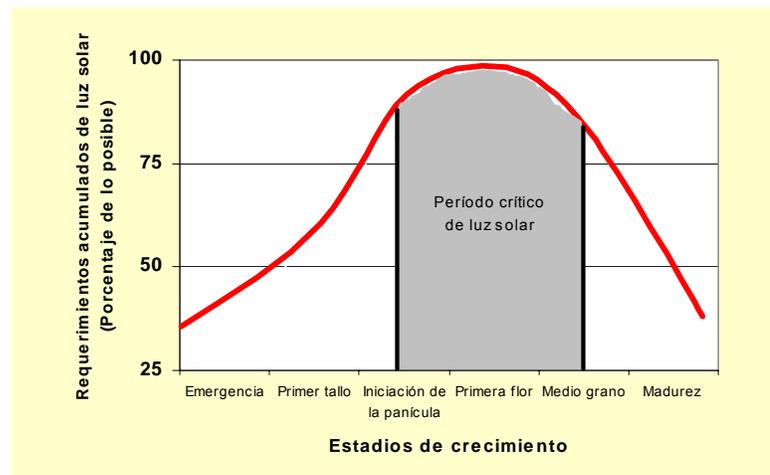
Figura No. 3: Probabilidad de temperaturas mínima decádica menor a 15 °C (serie histórica: 1972-1993)

En la zona Norte (representada por Artigas), prácticamente no existe probabilidad de ocurrencia de bajas temperaturas, estas se dan tarde en la estación de crecimiento y básicamente hacia fines de marzo. Como fue discutido anteriormente, estas condiciones son determinantes de altos porcentajes de esterilidad de panojas y por lo tanto de importantes mermas de rendimiento

Todas estas consideraciones determinan diferencias entre las zonas en cuanto a la época de siembra. Mientras en la zona Norte-Litoral Oeste la época de siembra puede extenderse hasta fines de noviembre en la zona Este el rango queda acotado como máximo hasta mediados de noviembre.

2.4.2 Luminosidad

De acuerdo con Stansel, citado por De Datta (1981), el periodo de máximo requerimiento de luminosidad se extiende desde la diferenciación de la panoja hasta 10 días antes de alcanzar la madurez. Esto quiere decir que desde el punto de vista agronómico sería deseable ubicar la floración de los cultivos en el período de mayor disponibilidad de luz, cuyo centro se ubica en la primera década de enero. En la práctica esto dependerá de la época de siembra y del cultivar utilizado, siendo las dificultades mayores en la medida que se utilicen cultivares de mayor largo de ciclo (Deambrosi y Saldain, 1997b).



Fuente: adaptado de Stansel, citado por De Datta (1981).

Figura No. 4: Requerimientos de energía solar para diferentes estadios de crecimiento del cultivo de arroz.

En experimentos realizados por De Datta y Zarate, citados por De Datta (1981), encontraron alta correlación entre la radiación solar en los 45 días del período crítico (desde iniciación de la panícula a madurez) y rendimiento en grano. En estudios similares De Datta et al., citados por De Datta (1981), encontraron para el mismo período alta correlación entre el incremento de producción de materia seca y rendimiento en grano. El autor concluye que la cantidad de energía solar recibida desde inicios de formación de la panoja hasta la maduración del cultivo influye en el rendimiento del mismo a través de modificar la acumulación de materia seca del cultivo en dicho período.

Roel (1999), también encontró una alta, positiva y significativa correlación entre las horas de sol en la etapa del cultivo y el rendimiento medio nacional de arroz.

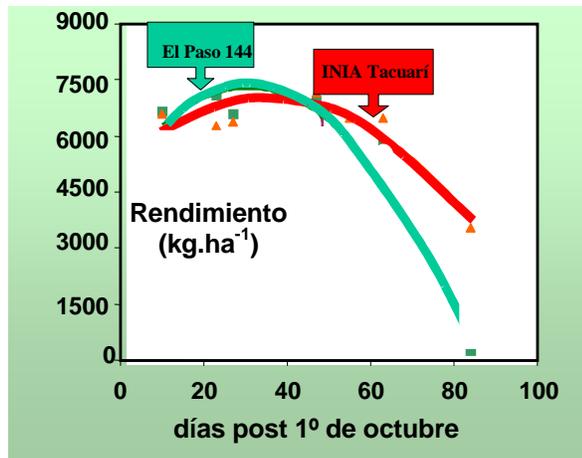
2.5. EPOCA DE SIEMBRA

En la medida en que se atrasa la fecha de siembra, el período crítico del cultivo transcurre en una fecha en la cual existe mayor probabilidad de ocurrencia de bajas temperaturas. En el mismo sentido, se incrementa la cantidad de granos estériles, siendo este fenómeno diferente según la variedad como ya se mostro anteriormente.

Para las variedades Bluebelle y El Paso 144, siembras posteriores al 15 de noviembre determinan incrementos de la esterilidad en forma exponencial. Sin embargo, variedades como INIA Tacuarí, por su tolerancia a frío mantiene relativamente estable su esterilidad de granos.

Resultados de ensayos de dos zafras en el Este del país muestran que tanto el cultivar El Paso 144 como INIA Tacuarí tienen un óptimo de rendimiento con siembras de mediados y fines de octubre; esto en el norte podría llegar a ser mas tarde ya que las probabilidades de días con menos de 15 °C en febrero (floración) menor como se mostro anteriormente

Con fechas de siembras posteriores al 15 de noviembre ambos cultivares pierden rendimiento, pero esta situación es diferencial para los cultivares. Para el caso de El Paso 144, las mermas en rendimientos se dan antes y son muy pronunciadas, evidenciando la susceptibilidad a frío característica de este material, similar a todos los cultivares de origen tropical. Para el caso de INIA Tacuarí, las pérdidas de rendimiento comienzan a registrarse con siembras unos 15 días más tardías que El Paso 144 y son más leves. Esto se debe a su tolerancia a frío y permitiría ampliar la época de siembra en unos 15-20 días sin incurrir en grandes pérdidas de rendimiento (Blanco, 1997).



Fuente: Blanco (1997).

Figura No. 5: Rendimiento en función de la fecha de siembra para INIA Tacuarí y El Paso 144. INIA Resultados de ensayos (1996/1997).

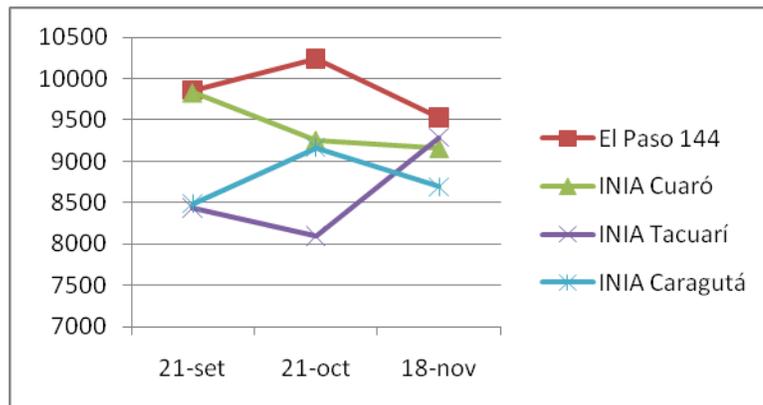
Además del factor genético existe otro componente que explica parte del comportamiento al frío que es denominado “escape por ciclo”. Para una misma fecha de siembra aquellos cultivares que posean un ciclo a floración más corto en relación a otros, tendrán más chances de “escapar” a bajas temperaturas en los momentos de floración (ver cuadro 2 ciclo a floración).

En un experimento realizado por INIA Tacuarembó en la zafra 97/98, en la primera época de siembra (21 de setiembre) no se encontraron diferencias significativas entre los cultivares, siendo los cultivares El Paso 144 e INIA Cuaró, aproximadamente un 14% superior a los cultivares INIA Tacuarí e INIA Caraguatá.

En la segunda época (21 de octubre) rindió significativamente menos el cultivar INIA Tacuarí que los otros tres cultivares, no encontrándose diferencias entre INIA Cuaró, INIA Caraguatá e INIA Tacuarí.

El cultivar El Paso 144 es el que muestra los mayores rendimientos en todas las épocas estudiadas. Los rendimientos de este cultivar en las tres fechas de siembra no tuvieron diferencias significativas entre ellas, encontrándose una diferencia de 712 kg entre la segunda y la última época de siembra (18 de noviembre) (Lavecchia y Mendez, 1998).

Tampoco se encontró diferencia significativa para los rendimientos, entre las tres fechas en INIA Cuaró. Observándose una tendencia a disminuir los rendimientos con el atraso en la fecha de siembra (Lavecchia y Mendez, 1998).

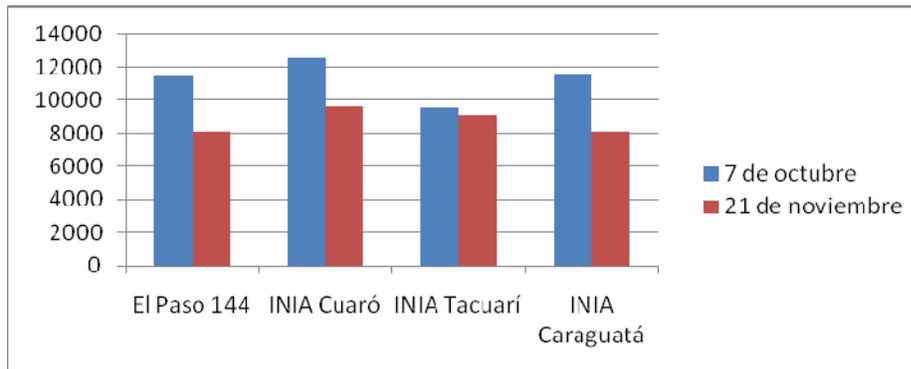


Fuente: adaptado de Lavecchia y Mendez (1998).

Figura No. 6: Rendimiento de cuatro cultivares a tres épocas de siembra para la localidad de Tacuarembó zafra 97/98.

Como se puede ver en la figura, el único cultivar que no deprime los rendimientos en fechas de siembras tardías es INIA Tacuarí, esto es debido a la tolerancia genética al frío mencionada anteriormente.

Otro ensayo realizado por INIA Tacuarembó en la zafra siguiente pero para dos fechas bien contrastantes (7 de octubre vs 27 de noviembre), vemos que el cultivar INIA Tacuarí se comporta con muy buena estabilidad y los otros tres cultivares (El Paso 144, INIA Caragutá e INIA Cuaró) disminuyen el rendimiento en la segunda época de siembra (Lavecchia y Mendez, 1998).



Fuente: Lavecchia y Mendez (1998).

Figura No. 7: Rendimiento de cuatro cultivares a dos épocas de siembra contrastantes.

Para la localidad de Artigas para la zafra 99/00, no se encontró diferencia en rendimiento entre una siembra temprana (25 de setiembre) y una siembra intermedia (21 de octubre), ni con una tardía (25 de noviembre), esto no contradice los datos anteriormente presentados sino que muestra la gran variabilidad que se puede encontrar en los rendimientos y su alta dependencia con el efecto año (Lavecchia et al., 2000).

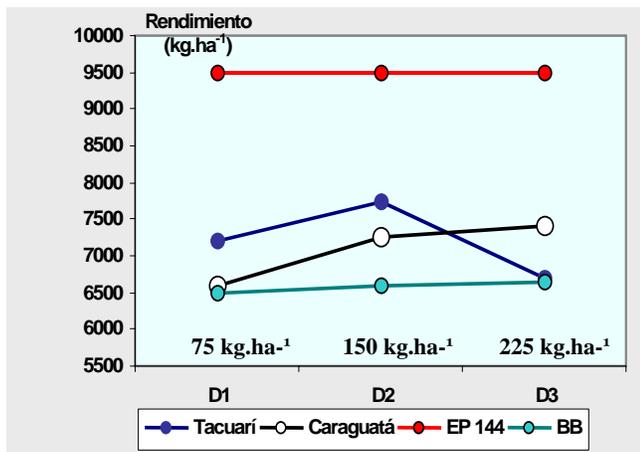
Al igual que en la zafra 98/99, INIA Treinta y Tres en la zafra 04/05 planteo un ensayo con fechas de siembras bien contrastantes, 21 de octubre y el 15 de diciembre; existe diferencia significativa en lo que respecta al rendimiento a favor de fecha de siembra temprana. Existiendo también diferencias muy significativas entre cultivares en ambos ensayos, resultando igualmente significativa la interacción Cultivar x Ensayo (Blanco et al., 2001).

En INIA Treinta y Tres en la zafra 06/07 se observó que un atraso de 60 días a partir de octubre en la siembra determina una disminución en el rendimiento de 1500 kg/ha, esto sucede por aumento de la esterilidad y una disminución de peso de grano. Fechas de siembras tardías afecta mayormente a cultivares de tipo Índico (Blanco y Perez de Vida, 2008).

En la zafra 07/08 se midió la esterilidad para el cultivar El Paso 144 en 3 fechas de siembras diferentes (8/11-23/11-29/11), la cual se vio incrementada de 15,4% en la primera fecha de siembra a 19,2 y 20,3 en la segunda y la tercera. Esto determino una reducción en el rendimiento de un 7% y 14% en las dos últimas fechas de siembras con respecto a la primera. Vale la pena decir que estos datos fueron medidos para la localidad de Treinta y Tres por los que

los datos para el norte del país probablemente sean menores, debido a factores climáticos mostrados anteriormente (Blanco y Pérez de Vida, 2008).

2.6. DENSIDAD DE SIEMBRA



Fuente: Deambrosi y Mendez, citados por Gamarra (1996).

Figura No. 8: Rendimiento de diferentes cultivares de arroz en función de la densidad de siembra.

Como se puede apreciar en el gráfico las variedades El Paso 144 y Blue Bell fueron muy plásticas a lo hora de aumentar o disminuir la densidad ya que mantiene los rendimientos a diferentes densidades.

Para el cultivar El Paso 144 la plasticidad fue corroborada años más tarde, ya que no se observaron diferencias significativas entre rendimientos para las densidades de siembra de 137, 184 y 247 kg/ha (Deambrosi y Méndez, 1996). Mientras que para el cultivar INIA Tacuarí la mejor densidad para siembras en líneas es la de 200 kg/ha de semilla (Lavecchia y Mendez, 1998), esto puede deberse a una menor implantación, provocado por presencia de rastrojo en superficie o por el largo de barbecho (Larralde y Nolla, 2002).

Cuando el cultivo se realizó mediante siembra directa, las densidades de 150 y 200 kg de semilla por hectárea para El Paso 144 no se diferenciaron significativamente, solamente se encontraron diferencias significativas entre las densidades de 200 y 100 kg/ha (Lavecchia et al., 2004).

En la zafra 06/07 en INIA Treinta y Tres se realizó un ensayo para ver la interacción entre las densidades de siembra y la aplicación de nitrógeno para el cultivar El Paso 144. El resultado fue que en siembras con altas densidad (160

kg/ha de semilla) y bajas dosis de nitrógeno (120 kg/ha) rinde más que con baja densidad (92 kg/ha de semilla) y altas dosis de nitrógeno (210 kg/ha), ya que este último tratamiento genera un excesiva biomasa y por lo tanto disminuye el índice de cosecha (Casales et al., 2007).

Este mismo ensayo fue repetido en el zafrá 07/08 en el cual los mejores resultados fueron en el cultivo con mayor densidad y bajo nitrógeno fue apreciado en general como el mejor desarrollado, más denso y menos enmalezado a primordio y floración (Casales et al., 2008).

La menor densidad y alto nitrógeno compensa el menor stand de planta con una mayor tasa de macollaje (Casales et al., 2008).

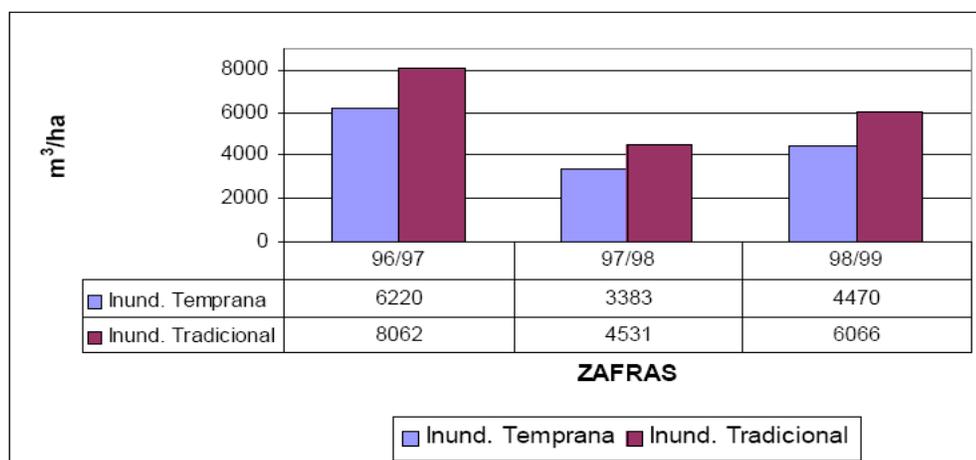
Cuando el tratamiento con alta densidad y bajo nitrógeno mencionado anteriormente se encontraba en 60% de floración el otro tratamiento de menor densidad se encontraba en 30% de floración, lo que muestra un pequeño adelantamiento del ciclo. En cuanto al rendimiento este fue un 6,6% superior cuando se utilizó una alta densidad y bajo nitrógeno si lo comparamos con baja densidad y alto nitrógeno (Casales et al., 2008).

De todas maneras en el año 2007 desde el punto de vista estadístico las densidades de siembra no tuvieron incidencia en los rendimientos, ni tampoco fue significativa la interacción con la fertilización nitrogenada. Estos resultados están indicando por un lado, que utilizando la mitad de la semilla sembrada normalmente por los productores, no se afectaron los rendimientos, cuando se utilizó la menor densidad (Avila et al., 2007).

2.7. RIEGO

2.7.1 Consumo de agua

Los totales de agua suministrada siempre fueron superiores en el manejo de la inundación tradicional (45 días después de la emergencia) que en el caso de la inundación temprana (15 días después de la emergencia) para tres zafras (Roel, 1999). La diferencia en los totales de agua suministrada para un mismo tratamiento de riego en las diferentes zafras se debe a que los aportes de las precipitaciones son variables entre años. El manejo de la inundación temprana requirió aproximadamente 1500 m³/ha menos que el manejo de la inundación tradicional. El promedio de agua suministrada para el manejo de la inundación temprana fue de 4691 m³/ha y el de la inundación tardía fue de 6220 m³/ha. Esto implica que con el manejo de la inundación temprana se requirió un 25% menos de agua por hectárea que con el manejo de la inundación tradicional.



Fuente: Roel (1999).

Figura No. 9: Totales de agua suministrada, en los dos manejos de riego. Resultados experimentales (96/97, 97/98, 98/99).

Todos estos datos fueron medidos al ingreso de la chacra, por lo que no está contabilizadas las pérdidas por transporte de agua por canales.

Vale la pena decir que en la inundación tradicional siempre se realizaron baños antes de la inundación. Esto determina que el agua utilizada por el concepto de baños en el caso del manejo de la inundación tradicional es el principal determinante de las diferencias en los totales de agua suministrados (Roel, 1999).

En cuanto al rendimiento no existieron diferencias significativas entre los dos tipos de inundación. Otro efecto de los diferentes manejos de la inundación que pudo observarse en estas tres zafras, sobre el desarrollo del cultivo, fue un acortamiento del ciclo en el cultivo inundado en forma temprana (Roel, 1999).

Cuadro No. 5: Días desde la Emergencia a 50% de Floración para los diferentes manejos de la inundación en las diferentes zafras.

ZAFRAS	96/97	97/98	98/99
Inundación temprana	79	81	82
Inundación tardía	83	86	87

Fuente: Roel (1999).

Las condiciones climáticas, fundamentalmente temperatura y luminosidad, en las semanas previas y posteriores a la floración pueden tener

un impacto significativo en la determinación del potencial productivo al que puede alcanzar el cultivo (Deambrosi y Saldain, 1997a). Esto de alguna manera puede verse reflejado en el rendimiento final alcanzado por ambos tratamientos. Es decir, para una zafra determinada, la diferencia de ciclo provocada por los manejos de la inundación puede determinar que las plantas bajo los diferentes manejos encuentren mejores o peores condiciones climáticas, dependiendo de la evolución de los diferentes parámetros climáticos en los momentos previos y posteriores a las floraciones en cada zafra.

2.7.1.1. Eficiencia del uso del agua

La eficiencia del uso del agua fue siempre superior en el caso del manejo de la inundación temprana, fundamentalmente debido a los menores consumos de agua registrados con este manejo y a que como se había establecido anteriormente no hubo diferencias claras promedio en el rendimiento final de ambos tratamientos (Roel, 1999). En el promedio de las tres zafas estudiadas el manejo de la inundación temprana permitió la obtención de un 13% más de arroz por metro cúbico de agua suministrada que el manejo de la inundación tradicional.

Ventajas de inundación temprana sobre tardía.

- establecimiento más rápido del cultivo.
- cierre más temprano de la entre fila.
- mejor control de malezas.
- acortamiento del ciclo.

Desventajas.

- mayor severidad y grado de ataque de las enfermedades (*Sclerotium Oryzae* y *Rizoctonia Oryzae Sativae*).

2.7.2. Riego intermitente

El riego de este sistema se aplica con el criterio de mantener el suelo en estado de saturación con el mínimo gasto de agua. El criterio practico usado para determinar el momento de reinicio del riego era cuando comenzaba a desaparecer el agua libre de la superficie del suelo.

El sistema de riego intermitente utilizo 1350 m³/ha menos de agua que el sistema continuo lo que significa un 12% de reducción del gasto. Las diferencias en rendimiento se dan solamente en la zona del lomo de la taipa,

seguramente esto se debe a que en el riego continuo al tener una lamina de agua permanente, el arroz del lomo de la taipa permanece con mayor humedad, por lo tanto no sufre estrés hídrico, mientras que en el sistema intermitente en algunos períodos del cultivo el lomo de la taipa permaneció con menor humedad, llegando a sufrir más estrés, debido a que la intermitencia del riego no permitió mantener saturado el suelo en esta zona. En las macro parcelas estudiadas, el área ocupada por el arroz del lomo de la taipa mas el área de desgote o préstamo significaban aproximadamente un 57% del total, mientras que el área de cuadro significa un 43% del total (Lavecchia et al., 2008).

El rendimiento calculado de esta forma es de 10338 Kg/ha para el riego Continuo y de 9989 Kg/ha para el riego Intermitente siendo significativa la diferencia. Desde el punto de vista del riego la eficiencia en el uso de agua puede definirse como los Kg de arroz producidos por m³ de agua recibido (riego + lluvias). Esta eficiencia para el sistema intermitente fue 7% mayor que para el sistema continuo con valores promedio de 0,85 y 0,79 Kg de grano por m³ de agua respectivamente. La implementación del riego Intermitente permitió ahorrar un 35 % de agua con respecto al riego continuo (Lavecchia et al., 2008).

Sin embargo en INIA Tacuarembó zafra 06/07 en un ensayo similar no se constataron diferencias significativas en lo que respecta a rendimiento y un ahorro de agua entre 2000 y 3000 m³/ha (Böcking, 2007).

2.7.3. Momento de inundación

Para momento de inundación a nivel nacional se realizaron muchos ensayos, los cuales la mayoría asociados al estudio de la eficiencia del uso del nitrógeno en diferentes momentos de inundación. Se tratara de mostrar todos los datos desde el año 1994 hasta el 2008 a continuación.

El primer experimento constatado a nivel nacional luego del año 1994 fue en la zafra 95/96, este dio que el mejor momento de inundación fue a los 15 y 30 días después de emergencia para los cultivares INIA Tacuarí, INIA Yermal e INIA Caragatá (Blanco y Roel, 1996)

Para el cultivar El Paso 144 en la localidad de Artigas en la zafra 98/99 los tratamientos que fueron inundados temprano (30 DDE) con y sin nitrógeno fueron los que presentaron rendimientos estadísticamente superiores. Los otros momentos de inundación (45 y 60 DDE) no tuvieron diferencias entre sí (Lavecchia y Méndez, 1999).

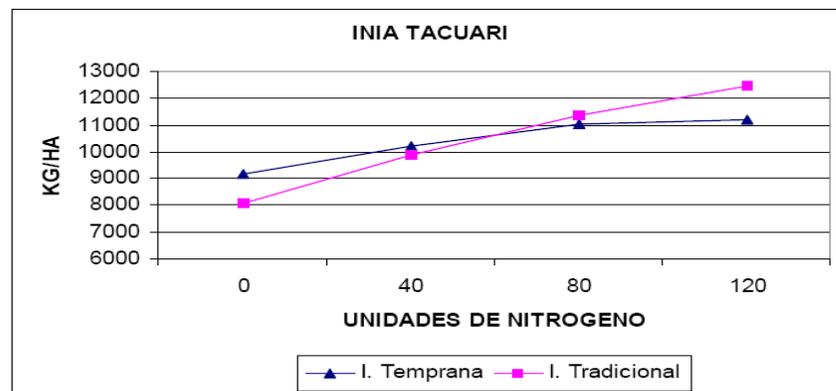
El retraso de 15 días en el momento de comienzo de la inundación produjo una disminución del rendimiento de casi 1300 kg/ha, si bien la aplicación de 30 kg/ha recupero algo del estrés, se mantuvo una diferencia significativa (1100 kg/ha). Conclusión la inundación temprana con y sin nitrógeno supera en 20 bolsas la inundación tardía (Lavecchia y Méndez, 1999).

Para el caso del cultivar INIA Tacuarí la inundación a los 45 DDE rindió 400 kg/ha menos que la inundación temprana, siendo esta diferencia no significativa; el atraso de 30 días en la inundación, o sea inundar a los 60 DDE significó una pérdida de 1250 kg/ha (Lavecchia y Méndez, 1999).

En la misma zafra pero para la localidad de Treinta y Tres se midió el momento de inundación en interacción con las aplicaciones de nitrógeno.

Para el cultivar INIA Tacuarí no existieron diferencias significativas en el rendimiento debidas al momento de inundación (temprana 16 DDE y tardía 43 DDE) estos resultados se repitieron en la zafra siguiente (Deambrosi y Saldain, 2000), aunque si existieron diferencias significativas debidas a las dosis de nitrógeno y a la interacción entre este factor y el momento de inundación (Roel, 1999).

En la inundación tardía el rendimiento continúa aumentando hasta la dosis máxima de nitrógeno aplicada: 120 unidades totales, en cambio con el manejo de la inundación temprana los rendimientos se estabilizan a partir de las 80 unidades totales de nitrógeno aplicadas (Roel, 1999).



Fuente: Roel (1999).

Figura No. 10: Interacción entre nitrógeno aplicado y momento de inundación. Resultados experimentales (98/99).

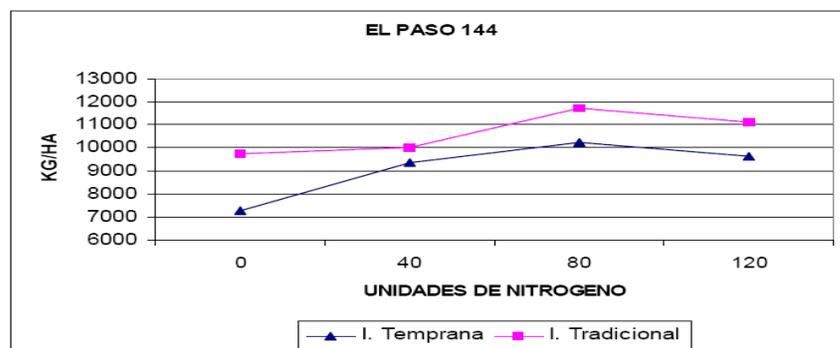
Para el caso de la respuesta a las dosis de nitrógeno existió un incremento significativo en el número de panojas/m² en el caso de la mayor dosis de nitrógeno utilizado (120 unidades) con respecto al resto de las fertilizaciones utilizadas, lo cual sugiere una mayor recuperación de panojas secundarias (macollos) (Roel, 1999).

Para el cultivar INIA Caraguatá el tipo de inundación no generó diferencia de rendimiento. No existió interacción significativa entre este factor y el momento de inundación. Por lo tanto la respuesta al nitrógeno fue similar en ambas situaciones (Roel, 1999).

A diferencia de lo ocurrido con las variedades INIA Tacuarí e INIA Caraguatá, en el cultivar El Paso 144 los diferentes momentos de inundación determinaron diferencias significativas en el rendimiento (Roel, 1999).

El rendimiento también fue afectado por las diferentes dosis de nitrógeno estudiadas, no existiendo interacción entre este factor y el momento de inundación, determinando por ende que la respuesta a las dosis de nitrógeno estudiadas fue similar en ambos manejos de la inundación (Roel, 1999).

Para el análisis del comportamiento productivo en esta variedad debemos tener presente que las parcelas bajo el manejo de la inundación temprana florecieron antes que aquellas manejados bajo la inundación tradicional (como ya se menciona anteriormente), lo cual determinó diferencias importantes en las temperaturas previas a floración en ambos manejos, factor que fue determinante en la explicación de los diferentes rendimientos obtenidos en esta zafra. Las parcelas inundadas tempranas florecieron en general bajo menores condiciones de temperatura los cuales provocaron mayores valores de esterilidad.



Fuente: Roel (1999).

Figura No. 11: Interacción entre nitrógeno aplicado y momento de inundación. Resultados experimentales (98/99).

El manejo temprano de la inundación determinó una mayor cantidad de panojas/m², también existió al igual a lo sucedido en INIA Tacuarí una tendencia a una mayor recuperación de tallos secundarios o macollos en la medida que se aumenta las dosis de nitrógeno utilizadas (Roel, 1999).

En la zafra 99/00 se volvió a repetir el experimento para los mismos cultivares, el cual brindó los mismos resultados que el anterior, aunque existieron diferencias importantes en los rendimientos, por lo tanto existió una mayor eficiencia del nitrógeno, posiblemente por efecto año (Deambrosi y Saldain, 2001b).

Los máximos rendimientos se lograron con el cultivar El Paso 144 luego por INIA Tacuarí y el que rindió menos fue INIA Caraguatá. El máximo rendimiento de la curva de El Paso 144 se dio en torno a 11 toneladas por hectárea con 90 kg/ha de Nitrógeno. En INIA Caraguatá el máximo de su curva se dio en torno a 9360 kg/ha con 103 kg/ha de N (Deambrosi y Saldain, 2001b).

En la zafra siguiente se volvió a repetir el ensayo con la inclusión de la aplicación de fungicidas bajo los diferentes momentos de inundación.

Para el cultivar INIA Tacuarí la época de inundación no tuvo efectos significativos en los rendimientos al igual que los años anteriores, ni tampoco su interacción con las aplicaciones de nitrógeno ni con la de fungicida (Deambrosi y Saldain, 2001b).

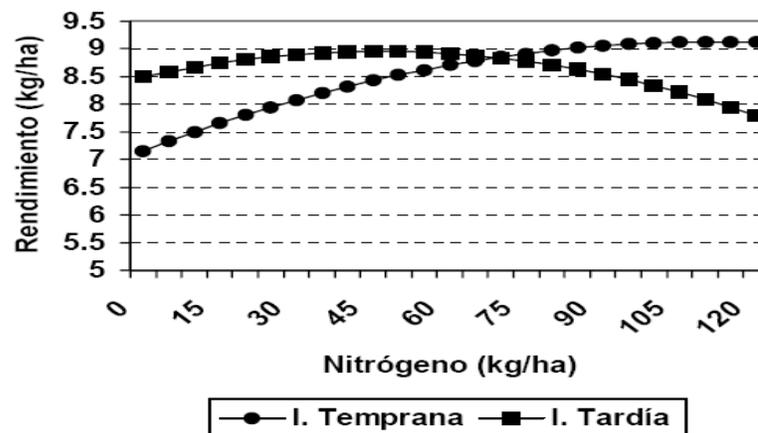
La aplicación de fungicida incrementó en forma significativa el rendimiento (Sin: 8.337, Con: 8.652 kg/ha respectivamente) y existió una respuesta muy significativa a las aplicaciones de nitrógeno. La curva de respuesta presenta un máximo físico en 84 kg/ha de nitrógeno con una eficiencia de 14,8 kg de arroz por kg de nitrógeno aplicado (Deambrosi y Saldain, 2001b).

Con menor significación que en INIA Tacuarí, también en El Paso 144 la aplicación de nitrógeno y el uso de fungicida provocaron variaciones en el rendimiento (Deambrosi y Saldain, 2001b).

Las medias de rendimientos obtenidas por la aplicación del fungicida fueron: SF: 8.264 kg/ha CF: 8.607 kg/ha (Deambrosi y Saldain, 2001b).

En la inundación temprana se partió de un nivel de rendimientos muy bajo cuando no se agregó nitrógeno, y luego se expresó una gran respuesta, que presentó el máximo físico en 112 kg/ha con una producción de 9.127 kg/ha y una eficiencia de conversión de 17,6 kg de arroz por unidad de nutriente aplicado (Deambrosi y Saldain, 2001b).

El arroz producido con el manejo tardío de la inundación alcanzó casi el mismo potencial de rendimientos (8.955 kg/ha), con una dosis mucho menor del nutriente (46 kg), pero con una eficiencia también menor, dado que se partió de un nivel de rendimientos del testigo más alto (10 kg de arroz/kg N). Con la utilización de mayores dosis, se deprimieron los rendimientos (Deambrosi y Saldain, 2001b).



Fuente: Deambrosi y Saldain (2001b).

Figura No. 12: Respuesta de El Paso 144 a las aplicaciones de nitrógeno según dos épocas de inundación. INIA Resultados experimentales (00/01).

En la misma zafra pero para la localidad de Tacuarembó cuando se inundo temprano, el agregado de nitrógeno fue depresivo, produciendo una disminución en el rendimiento de aproximadamente 1100 kg/ha. Para el momento de inundación más atrasado (60 DDE), el agregado de nitrógeno (23-46 unidades entre siembra y macollaje) se tradujo en el aumento del rendimiento en aproximadamente 900 kg/ha, recuperándose el cultivo del estrés producido por el atraso en el momento de inundación (Lavecchia y Marchesi, 2001).

Cuando se dan las siguientes condiciones; buena fertilidad del suelo, baja luminosidad y fuertes precipitaciones a fin de ciclo, se pudo observar que si se logra inundar temprano y mantener dicha inundación a lo largo del ciclo del cultivo, se evita la aplicación de nitrógeno en cobertura. Si se prevé que no se

va a lograr la condición de que el cultivo se mantenga inundado permanentemente, las aplicaciones de nitrógeno en cobertura serán efectivas, traduciéndose en mejores rendimientos finales (Lavecchia y Marchesi, 2001).

En la zafra 01/02 en INIA Tacuarembó se corroboraron los datos logrados el año anterior, ya que para el cultivar El Paso 144 los mejores rendimientos se lograron cuando se inundaron a los 15 y 30 días después de emergencia. También con riego temprano (15 DDE) las aplicaciones de nitrógeno fueron depresivas, reduciendo el rendimiento 1000 kg/ha aproximadamente (Lavecchia y Marchesi, 2001).

Para inundación 30 días después de emergencia hubo respuesta al nitrógeno a siembra y macollaje, siendo depresiva la fertilización a primordios. Con riego tardío no hubo respuesta al nitrógeno (Lavecchia y Marchesi, 2001).

El estrés producido por un atraso en la inundación disminuyó el desarrollo vegetativo del cultivo, produciendo menos materia seca y retraso el comienzo de la floración. Es así que el periodo crítico del cultivo coincidió con una época de abundantes lluvias y baja luminosidad, afectando seriamente el rendimiento (Lavecchia y Marchesi, 2001).

Este año también se estudio a él cultivar Caraguatá, el cual es muy dependiente de la fertilización nitrogenada y al manejo de riego temprano. Los mejores rendimientos se obtuvieron con un riego temprano, a su vez el cultivar presenta una buena respuesta a la eficiencia de uso del nitrógeno. Existe una correlación importante entre la producción de materia seca y el rendimiento en grano, lo que indicaría una alta dependencia del cultivar a la fertilización nitrogenada y al manejo de riego temprano como se menciono anteriormente (Lavecchia y Marchesi, 2001).

Por último se destaca el importante efecto que tuvo la aplicación de fungicidas preventiva en el rendimiento con los manejos de riego temprano e intermedio, principalmente cuando se aplican altas dosis de nitrógeno (Lavecchia y Marchesi, 2001).

En INIA Tacuarembó en la zafra 02/03 se realizaron ensayos de riego bajo siembra directa, los cuales brindaron datos muy similares a los ensayos anteriores bajo otras condiciones de suelo.

Para el cultivar El Paso 144 en siembra directa los mejores rendimientos se obtuvieron con inundaciones a los 33 y 48 días después de la emergencia (Lavecchia y Marchesi, 2001),

En cuanto a los tratamientos de nitrógeno utilizados se observaron diferencias en su efecto según el manejo de agua realizado: con un riego temprano la aplicación del mismo fue aprovechado por el cultivo, aumentando el rendimiento entre 800 y 1550 kg/ha según la aplicación sea siembra-primordio o siembra-macollaje y la dosis utilizada, mientras que para el riego 48 y 63 días después de la emergencia no hubo una respuesta clara (Lavecchia y Marchesi, 2001).

Estos rendimientos fueron acompañados por un mayor índice de cosecha en el momento de inundación temprano (33 DDE) y con dosis altas de nitrógeno, así como un mayor número de panojas por superficie en 33 y 48 DDE. El rendimiento en la taipa es mejor con una inundación temprana (33 días después de emergencia) (Lavecchia y Marchesi, 2001).

A diferencia del ensayo anterior, para el cultivar El Paso 144 en la zona de Artigas en la zafra 03/04 el momento de inundación óptimo es a los 15 días después de la emergencia. Cuando inundamos a los 49 días después de la emergencia disminuye el número de granos/m² a la cosecha. La diferencia en rendimiento fue significativa con 2099 kg/ha a favor de la inundación temprana (Lavecchia et al., 2004).

En esta zafra también se encontró que la respuesta al nitrógeno es diferente según el momento de inundación, existe una mejor utilización del nitrógeno en el momento de inundación temprana que en los momentos tardíos e intermitente (el momento de inundación temprano sin nitrógeno supera en 20 bolsas al mismo tratamiento promedio de los momentos tardíos e intermitente (Lavecchia et al., 2004).

Para el caso de el cultivar El paso 144 la inundación temprana supera al tratamiento de inundación tardío en 1073 kg/ha (21 bolsas). Este tratamiento genera más granos/m² por lo tanto genera un aumento en el índice de cosecha (Lavecchia et al., 2004).

Tanto para el cultivar El paso 144 como para el cultivar Olimar el nitrógeno no corrige una inundación tardía. Para El paso 144 un aumento de nitrógeno con inundación tardía favorece el macollaje pero disminuye el número de granos llenos/m² y el índice de cosecha lo que lo conduce a la disminución del rendimiento. Con una inundación tardía para el mismo cultivar conviene realizar las aplicaciones de nitrógeno en cultivo solo al macollaje ya que si aplico también en primordios podría estimular el desarrollo de panojas que sufrirían mayor estrés por frío que las panojas tempranas. Al contrario de lo que

sucede con El Paso 144, el cultivar Olimar responde a la fertilización nitrogenada incluso en ambientes de altos rendimientos (Lavecchia et al., 2004).

Como se ha mencionado anteriormente la inundación temprana provoca un acortamiento del ciclo, por lo tanto en INIA Treinta y Tres en la zafra 07/08 se realizaron ensayos midiendo cuanto se acortaba el ciclo a medida que se inundaba más temprano, los resultados son los siguientes:

Cuadro No. 6: Número de días desde emergencia a cosecha por tratamientos de inundación para la localidad de Treinta y Tres. INIA Resultados experimentales (07/08).

Inundación (DDE)	INIA Olimar	El paso 144	diferencia
15	126	136	10
30	129	143	14
45	143	157	14
60	157	161	4

Fuente: Cantou et al. (2008).

La inundación 15 días después de emergencia adelanta 31 y 23 días la cosecha con respecto a 60 días después de emergencia para Olimar y El paso 144 respectivamente. Esto me puede favorecer ya que con inundación más temprana adelanta el ciclo por lo tanto puede escapar el frío.

2.8. INTENSIDAD DE LABOREO

En esta parte se tratara de mostrar cuanto pueden llegar a variar los rendimientos al reducir el laboreo.

En la zafra 97/98 INIA Tacuarí con laboreo reducido rindió aproximadamente 1000 kg/ha más que con cero laboreo (Deambrosi y Méndez, 1996). El testigo sin nitrógeno fue la fertilización de menor rendimiento, aunque no hubo diferencia con los tratamientos fertilizados. Luego en la zafra 00/01 se observo que al reducir el laboreo aumento la esterilidad de espiguillas a pesar de haber sido una zafra sin frío en floración (Deambrosi y Saldain, 2001b). Por otro lado reducir el laboreo determinó un menor número de panojas/m², pero de mayor tamaño. En cuanto a los rendimientos siempre son superiores los cultivos bajo laboreo (Deambrosi y Méndez, 1996).

En la zafra 06/07 se pudieron lograr datos que mostraban que el cultivo sobre laboreo convencional rindió un 11,5% más que sobre siembra directa. El laboreo lo que genera es mayor uniformidad y vigor del cultivo. En cuanto a las variedades se concluyó que El Paso 144 tiene una gran estabilidad independientemente del sistema de siembra utilizado, al igual que el cultivar INIA Cuaró pero con menor rendimiento. Por otra parte, cultivares japónica de grano largo (tipo americano), demostraron mayor dependencia del laboreo previo a la siembra (Avila et al., 2007).

Por último a modo de conclusión cuatro razones importantes de por qué realizar un laboreo reducido son: 1-la conservación del recurso suelo disminuyendo el riesgo de erosión; 2-la oportunidad de siembra en épocas más adecuadas; 3-la reducción de los costos y 4-la “convivencia” de la producción del cultivo de arroz con el arroz rojo, si bien el cero laboreo no es la solución, es una de las herramientas que puede ser utilizada para disminuir la presencia de esta maleza.

A continuación se presenta algunos aspectos puntuales referidos a la reducción del laboreo y la siembra directa en el cultivo de arroz:

-se ha demostrado la viabilidad de reducir los labores sin perjudicar los rendimientos finales del cultivo, con las implicancias favorables que tiene en los costos de producción.

-para considerar la reducción o eliminación del laboreo en primavera es recomendable realizar el laboreo en el verano previo con la nivelación y el drenaje correspondiente.

-en situaciones de deficiencia de nitrógeno, ya sea por tipo de suelo o alta intensidad de uso, es necesario la aplicación de una dosis mayor de nitrógeno a la utilizada comúnmente en condiciones de laboreo convencional. Esta aplicación de nitrógeno debe ser acompañada de la fertilización de fósforo.

2.9. FERTILIZACIÓN

2.9.1. Fósforo

Sobre suelos de basalto, las dosis excesivas de fósforo producen disminución en el rendimiento (Lavecchia y Méndez, 1999). Para el cultivar El Paso 144, sobre suelos de Basalto de profundidad media y con tenores de fósforo Bray I que varían entre 3 y 7 ppm, la dosis de 40 unidades de fósforo, presentó los más altos rendimientos. Para el caso del cultivar INIA Caraguatá, para las mismas condiciones de suelo el rango osciló entre 40 y 80 unidades de fósforo por hectárea. Lo recomendable es que en estos tipos de suelos podría ser prudente comenzar fertilizando el primer año con una dosis que varíe entre

50 y 60 unidades y el segundo año a una dosis no menor a las 40 ni mayor a las 60 unidades (Lavecchia et al., 2000)

En la zafra 00/01 en INIA Treinta y Tres se pudo observar que las aplicaciones de fósforo tuvieron efectos en el tamaño de las panojas, en las cantidades de granos llenos y vacíos y en el peso de los granos. Se nota que el agregado del elemento provocó la disminución del tamaño de la panoja y de la cantidad de granos llenos en cada una de ellas. No obstante, puede notarse también que la cantidad de granos vacíos disminuyó con las dosis mayores. Por otro lado la falta de fósforo perjudica el macollaje, 30% menos de panojas a cosecha (Deambrosi y Saldain, 2001b).

El máximo físico obtenido con 66,5 kg/ha de fósforo con una eficiencia de 37,5 kg de arroz por unidad de fósforo (Deambrosi y Saldain, 2001b).

2.9.2. Nitrógeno

Desde el año 1994 al 2008 se realizaron muchos experimentos en investigación de este nutriente, tanto en INIA Treinta y Tres como en INIA Tacuarembó. La mayoría de estos evalúan tres aplicaciones, siembra-macollaje-primordios.

El primer ensayo que se encontró a nivel nacional fue realizado en INIA Tacuarembó en la zafra 95/96. En este se evaluó el fraccionamiento del nitrógeno para tres variedades, El Paso 144, INIA Tacuarí e INIA Caraguatá. Para el caso de El Paso 144 el mejor fraccionamiento fue 20-0-20 (S-M-P). En INIA Tacuarí se llegó a la conclusión de que la eficiencia de nutrientes aumenta cuando se fracciona la dosis nitrógeno, esto ocurre hasta los 40 kg/ha de nitrógeno. Este tipo de respuesta no se repitió cuando se aplicaron dosis mayores. INIA Caraguatá demandó una dosis mayor para lograr su máximo rendimiento (Deambrosi y Méndez, 1996).

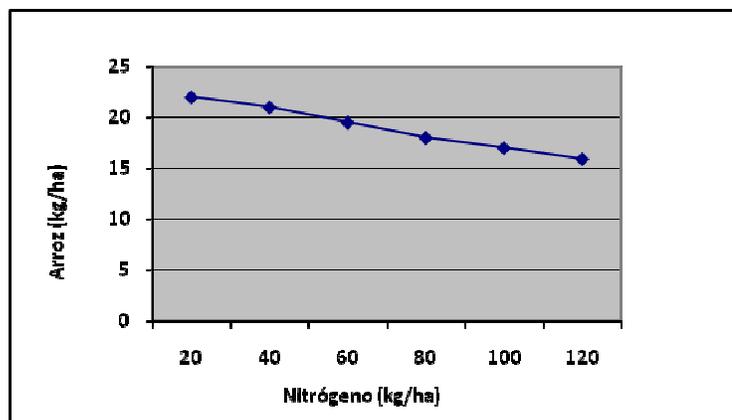
Con respecto al cultivar INIA Tacuarí en la zafra 97/98 respondió hasta los 90 kg/ha de nitrógeno, 50 kg/ha más que lo mostrado en la zafra 95/96, esto podría estar explicado por un déficit de hora de luz en el periodo crítico (Lavecchia y Méndez, 1998). La combinación del mejor fraccionamiento (20, 30, 50% en siembra-macollaje-primordio respectivamente). La mejor dosis mencionada anteriormente (90 kg/ha) rindió 8.293 kg/ha, es decir 2.164 kg/ha más que la referencia del testigo sin nitrógeno, lo que significa una respuesta de 24 kg de arroz/kg del nutriente aplicado (Deambrosi y Méndez, 1996).

El fraccionamiento 50% de la dosis nitrogenada a la siembra y 50% al

primordio, sin aplicación al macollaje fue el que ofreció el menor rendimiento (Deambrosi y Méndez, 1996).

En la zafra 98/99 en INIA Tacuarembó el cultivar El Paso 144 no mostró diferencias significativas ni a la dosis ni al momento de la aplicación de nitrógeno, por lo tanto en este caso teniendo en cuenta el tenor de materia orgánica del ensayo (5,56%) y con un adecuado manejo del agua, la recomendación sería desde el punto de vista estadístico la no aplicación de nitrógeno. Pero desde el punto de vista económico no sería tan así ya que entre el tratamiento de mayor rendimiento con 40 unidades de nitrógeno repartida en dos aplicaciones de 20 entre siembra y primordios existe una diferencia de 16,5 bolsas, lo cual bajo ciertas condiciones de precio de grano y de fertilizante sería conveniente aplicar nitrógeno. Para el cultivar INIA Tacuarí las mejores recomendaciones de nitrógeno fueron las que llevaban nitrógeno a la siembra. En el caso de INIA Caraguatá resultó ser clave la aplicación a primordios (Lavecchia y Méndez, 1998).

En cuanto a la eficiencia (kg de arroz/kg de nitrógeno agregado) en el experimento se pudo ver que a medida que aumenta la dosis de nitrógeno disminuye la eficiencia.



Fuente: Deambrosi y Saldain (2004).

Figura No. 13: cantidad de arroz por unidad de nitrógeno aplicada (INIA Olimar), zafra 03/04.

La mejor dosis de nitrógeno constatada por INIA en la zafra 06/07 fue fraccionada 18-23-23 unidades de nitrógeno entre siembra-macollaje-primordios respectivamente, en caso de que me atrase en la inundación este tratamiento pierde menos que el mejor de los tratamientos (18-69 unidades de nitrógeno entre siembra-macollaje) (Lavecchia et al., 2008).

En INIA Tacuarembó en la zafra 07/08 se encontró que la mejor respuesta en rendimiento para la variedad El Paso 144 a la aplicación de urea se da cuando se aplican 100 kg/ha todo al macollaje, sin existir diferencias significativas entre fraccionar 50-50 a macollaje-primordio. Vale la pena decir que toda la aplicación al macollaje puede generar problemas de vuelco, cosa que no sucedió este año. Estos tratamientos rindieron aproximadamente 13 bolsas más que el testigo sin aplicación de urea en el cultivo (Lavecchia et al., 2008).

La respuesta al agregado de nitrógeno ronda entre las 17 a 19 bolsas con 48 unidades de nitrógeno y hasta 26 bolsas con 108 unidades, dependiendo del cultivar y también depende del año ya que para que se manifiesten los efectos positivos del agregado de nitrógeno en la productividad, es necesario disponer de condiciones climáticas adecuadas, especialmente durante la fase reproductiva del arroz, entre las que se destacan alta luminosidad y poca o nula frecuencia de tres o más días consecutivos con temperaturas mínimas inferiores a 15 °C.

2.9.2.1. Forma de aplicación

Se encontró diferencias significativas a favor de la aplicación del nitrógeno al macollaje en cobertura sobre suelo seco, con un aumento del rendimiento de 403 kg / ha.

2.10. BARBECHOS BAJO SIEMBRA DIRECTA

En esta parte se analizara todas las variables que hacen a un barbecho químico para luego sembrar mediante siembra directa. Debido a que esta tecnología es relativamente nueva para el cultivo se ha encontrado información a partir de la zafra 06/07.

En la zafra 06/07 se obtuvieron datos que mostraban que un barbecho de 17 días aun está reteniendo nitrógeno con tenor de materia seca alto; con un barbecho largo (31 días) tanto con alto o bajo tenor de materia seca no hubo respuesta al nitrógeno debido al aporte del suelo (respuesta negativa). En general un aumento de la materia seca residual genera una disminución del rendimiento (Lavecchia et al., 2008).

En otro ensayo realizado la zafra siguiente se constato que existen efecto sobre el rendimiento debido a: tiempo de barbecho (30 o 40 días), tipo de barbecho (avena o raigrás), densidad (70, 140, 210 kg/ha de semilla), aplicación de urea (macollaje y/o primordio) (Lavecchia et al., 2008).

En cuanto al tiempo de barbecho, 10 días más de este significaron 7 bolsas más de rendimiento. Cuando el barbecho era de avena rindió 10 bolsas más que el de raigrás. Este ensayo se realizo con dos variedades (El paso 144 y Olimar) los cuales no evidenciaron diferencia significativas en lo que respecta a rendimiento. Para el cultivar Olimar no existió diferencias significativas entre las diferentes densidades de siembra, mientras que para el cultivar El paso 144 la tendencia fue a disminuir el rendimiento a medida que disminuye la densidad de siembra, con una diferencia de 9 bolsas mas a favor de 210 kg/ha de semilla con respecto a 70 kg/ha; vale la pena decir que la densidad de 140 kg/ha no mostro diferencias significativas entre las densidades extremas (70 y 210 kg/ha) (Lavecchia et al., 2008).

2.11. MANEJO DE MALEZAS

En esta parte se tratara de mostrar las evaluaciones de herbicidas realizadas por INIA desde el año 1994 hasta el 2008, ésta se divide en tres partes, una pre-emergencia y dos en pos-emergencia tardía y temprana.

2.11.1 Épocas de aplicación

2.11.1.1. Pre-emergencia

El anticipo de aplicación de glifosato de 58 días antes de la siembra del arroz resultó en una mayor cantidad de nitrógeno (27 kg/ha) en formas fácilmente disponibles para el cultivo. Esta mayor cantidad de nitrógeno seguramente fue aprovechado por el capín ya que al momento de evaluación visual de la presencia existía un mayor porcentaje y también eran más grandes. Para que este nitrógeno sea aprovechado por el cultivo debería hacerse una segunda aplicación de glifosato mezclado con pre-emergentes con efecto residual (Deambrosi y Saldain, 2004).

Cuadro No. 7: Evaluación de herbicidas en pre-emergencia. Resultados experimentales de INIA.

Zafra	Mejores productos (nombres comerciales)	Diferencia de rendimiento* (kg/ha)

95/96	Command	1100
96/97	Command y Capinex + Command	4000
97/98	Capinex + Clomanex y Facet SC + Command.	3700
98/99	Facet + Command CE y Command CE	2500
99/00	Command + Facet y Command	4800
00/01	Command + Facet	2000
01/02	s/d	s/d
02/03	s/d	s/d
03/04	Command CE y Command CE + Facet SC	s/d
04/05	Clomazerb + Quinclocerb y Command CE	3200
05/06	s/d	s/d
06/07	s/d	s/d
07/08	s/d	s/d

*con respecto al testigo sin aplicación.

Fuente: Deambrosi y Saldain (1997a, 1998a, 1999, 2000, 2001a, 2004, 2005, 2007, 2008).

2.11.1.2. Pos-emergencia temprana

Es en esta época donde se recomienda realizar las aplicaciones de herbicidas para lograr una mayor eficiencia de control (Deambrosi y Saldain, 1997a).

Cuadro No. 8: Evaluación de herbicidas en pos-emergencia temprana. Resultados experimentales de INIA.

Zafra	Mejores productos (nombres comerciales)	Diferencia de rendimiento* (kg/ha)
95/96	Exocet + Hyspray	1400
96/97	Quinclorac + Propanil 480 y Nabu Post + Facet	2800
97/98	Aura + Facet SC, Command + Propanil y Herbadox + Facet SC + Propanil	4800
98/99	Herbadox + Aura; Aura + Facet SC + Dash y Command + Aura + Dash	5500
99/00	Command CE + Pilón 60 + Herbidown y	2000

	Command CE + Propanil BASF	
00/01	Facet + Propanil + Plurafac, Aura + Facet + Dash y Propanil 48% + Facet + Herbadox	2800
01/02	s/d	s/d
02/03	s/d	s/d
03/04	Byspiribac + Colt 48	s/d
04/05	Nominee+ Command + Plurafac y Nominee+ Facet SC+ Plurafac	1300
05/06	s/d	s/d
06/07	Aura+Command+Dash; Propanil+Command+Facet y Exocet + Cibelcol + Propanil + Hyspray	6700
07/08	Propanil 48 + Command + Facet	5800

*con respecto al testigo sin aplicación.

Fuente: Deambrosi y Saldain (1997a, 1998a, 1999, 2000, 2001a, 2004, 2005, 2007, 2008).

2.11.1.3. Pos-emergencia tardía

Cuadro No. 9: Evaluación de herbicidas en pos-emergencia tardía. Resultados experimentales de INIA.

Zafra	Mejores productos (nombres comerciales)	Diferencia de rendimiento* (kg/ha)
95/96	Comand + Facet + Propanil	800
96/97	Sanson y BAS 625 + Dash HC	4900
97/98	Aura + Facet SC, Whip Super + Facet SC, Nabu Post + Facet SC	4500
98/99	Command + Aura + Dash Aura + Facet SC + Dash	3000
99/00	Facet + Aura + Dash, Nominee + Facet SC + Surf WK	4200

00/01	Facet + Herbadox + Propanil 48 % y Aura + Herbadox + Dash	2200
01/02	s/d	s/d
02/03	s/d	s/d
03/04	Aura + Facet Byspiribac + Exocet Aura	s/d
04/05	Nominee + Facet + Plurafac Aura + Facet	3400
05/06	s/d	s/d
06/07	Nominee + Facet SC + Dash y Aura + Facet + Dash	7500
07/08	s/d	s/d

*con respecto al testigo sin aplicación.

Fuente: Deambrosi y Saldain (1997a, 1998a, 1999, 2000, 2001a, 2004, 2005, 2007, 2008).

2.11.2. Productos utilizados

Cuadro No. 10: Productos con sus respectivos principios activos y concentración de éste.

Nombre comercial	Principio activo	i.a. g/kg o g/l
Aura	Clefoxidim	200
Bispirilan	Bispiribac	400
Bispirine	Bispiribac	400
Capinex 75	Quinclorac	500
Cibelcol	Clomazone	480
Command CE	Clomazone	480
Exocet 250	Quinclorac	250
Facet SC	Quinclorac	250
Nominee	Bispiribac	400
Quinclorac 250	Quinclorac	250
Quinclogan	Quinclorac	500
Clomanex	Clomazone	480
Propanil 48	Propanil	480
Nabu Post	Setoxydim	125
Whip Super	Fenoxaprop-p-etil	90

Herbadox	Pendimetalin	330
Pilon 60	Propanil	600
Sansón	Nicosulfuron	40

Fuente: Sata (s.f.).

2.11.2.1 Descripción de los principios activos

-Clefoxidim

Herbicida selectivo de post emergencia, controla a partir de la cuarta hoja del cultivo y en activo crecimiento para todo el stand de las plantas de la chacra.

No aplicar junto con Propanil. Los mejores resultados se obtienen agregando 0,5% del adyuvante Dash HC. En algunos casos se han observado manchas cloróticas en las hojas de arroz luego de la aplicación. Estas manchas desaparecen al poco tiempo no afectando el rendimiento.

Controla:

Brachiaria - *Brachiaria platyphylla*

Capín - *Echinochloa crusgalli*, *E. colona*, *E. cruspavonis*, *E. helodes*

Gramilla blanca - *Paspalum distichum*

Pasto blanco - *Digitaria sanguinalis*

-Bispiribac

Aplicar desde la primera hoja hasta segundo o tercer macollo; es compatible con herbicidas utilizados comúnmente en el cultivo de arroz, tales como Clomazone y Quinclorac. Puede ser aplicado con la mayoría de los insecticidas. No aplicar con Propanil. Se debe reingresar al área tratada, una vez que la pulverización haya secado completamente, dejando como mínimo transcurrir 24hs.

Modo de acción: Inhibe la actividad de la acetatolactato sintetasa la que es esencial para la biosíntesis de valina, leucina, isoleucina. La inhibición interfiere con la división celular y detiene el crecimiento de plantas sensibles

Controla:

Achira - *Sagittaria montevidensis*

Capín - *Echinochloa crusgalli*, *E. colona*, *E. cruspavonis*, *E. helodes*

Cipero - *Cyperus esculentus*

Duraznillo de agua - *Ludwigia peploides*
Enredadera anual - *Polygonum convolvulus*
Gambarrusa - *Alternanthera philoxeroides*
Pasto bolita - *Cyperus rotundus*
Sanguinaria - *Polygonum aviculare*
Verdolaga - *Portulaca oleracea*

-Quinclorac

Herbicida selectivo de post emergencia; no aplicar fungicidas, insecticidas o fertilizantes líquidos 14 días antes o después de aplicar Quinclorac en combinación con Propanil. Cuando se aplica conjuntamente con Propanil no es conveniente combinar con insecticidas fosforados o carbamatos. No mezclar con herbicidas hormonales puesto que se reduce la selectividad.

El cultivo debe ser inundado como máximo 6 días después de la aplicación, en forma permanente, evitando el flujo de agua hacia afuera de las parcelas. Puede ser aplicado en terrenos encharcados.

Controla:

Acacia mansa - *Sesbania punicea*
Aeschynomene - *Aeschynomene sp.*
Brachiaria - *Brachiaria platyphylla*
Capín - *Echinochloa crusgalli*, *E. cruspavonis*, *E. colona*
Enredadera - *Ipomoea sp.*
Gambarrusa - *Alternanthera philoxeroides*
Grama - *Paspalum hydrophilium*
Pasto blanco - *Digitaria sanguinalis*

-Clomazone

Herbicida selectivo de pre y post emergencia de poca persistente (hasta 17 semanas). Puede ser usado de forma preventiva.

Modo de acción: Inhibe la síntesis de clorofila y carotenos

Controla:

Aeschynomene - *Aeschynomene sp.*
Brachiaria - *Brachiaria platyphylla*
Capín - *Echinochloa crusgalli*, *E. cruspavonis*, *E. colona*
Chamico - *Datura ferox*
Cola de zorro - *Setaria spp.*

Eleusine - *Eleusine indica*
Gramilla blanca - *Paspalum distichum*
Pasto blanco - *Digitaria sanguinalis*
Sanguinaria - *Polygonum aviculare*
Sorgo de alepo - *Sorghum halepense*
Verdolaga - *Portulaca oleracea*

-Propanil

Herbicida selectivo de post emergencia, actúa deteniendo el crecimiento radicular, necrosando las hojas e inhibiendo la función clorofílica.

No aplicar con temperaturas menores a 18 °C ni mayores de 30 °C. No ingresar en los cultivos tratados hasta pasados 7 días. No se debe tampoco aplicar en cultivos donde la semilla haya sido tratada con Carbofuran.

Modo de acción: Actúa deteniendo el crecimiento radicular, necrosando las hojas e inhibiendo la función clorofílica.

Controla:

Amor seco - *Bidens pilosa*
Bolsa de pastor - *Capsella bursa-pastoris*
Brachiaria - *Brachiaria platyphylla*
Capín - *Echinochloa crusgalli*; *E. crusgavonis*; *E. colona*
Capín colonial - *Panicum maximum*
Capiquí - *Stellaria media*
Cola de zorro - *Setaria spp.*
Eleusine - *Eleusine indica*
Enredadera - *Ipomoea spp.*
Enredadera anual - *Polygonum convolvulus*
Gambarrusa - *Alternanthera philoxeroides*
Lechetresma - *Euphorbia peplus*
Lengua de vaca - *Rumex crispus*
Panicum - *Panicum dichotomiflorum*
Pasto blanco - *Digitaria sanguinalis*
Pasto horqueta - *Paspalum notatum*
Quinoa - *Chenopodium album*
Verdolaga - *Portulaca oleracea*
Yuyo colorado - *Amaranthus retroflexus*, *A. quitensis*

-Setoyidim

Herbicida selectivo de post emergencia. No aplicar con arroz de menos de tres hojas ni con agua encharcada.

Modo de acción: Bloquea la respiración y el crecimiento a nivel de la yema apical

Controla:

Avena quacha - *Avena fatua*

Brachiaria - *Brachiaria platyphylla*

Capín - *Echinochloa spp.*

Cebada quacha - *Hordeum vulgare*

Cebadilla criolla - *Bromus spp.*

Eleusine - *Eleusine indica*

Gramilla blanca - *Paspalum distichum*

Gramilla brava - *Cynodon dactylon*

Panicum - *Panicum spp.*

Paspalum - *Paspalum proliferum*

Pasto blanco - *Digitaria sanguinalis*

Raigras - *Lolium multiflorum*

Sorgo de Alepo - *Sorghum halepense*

Trigo quacho - *Triticum aestivum*

-fenoxaprop-P-ethyl

Herbicida selectivo de post emergencia.

Modo de acción: Absorbido por las hojas es traslocado hasta alcanzar los puntos de crecimiento. En la planta se hidroliza y pasa a ácido fenoxaprop, verdadera materia activa, que inhibe la síntesis de la coenzima acetil carboxilasa, responsable de la síntesis de ácidos grasos, impidiendo la formación de nuevas células en los meristemas terminales y causando posteriormente la muerte de la planta.

Controla

Avena quacha - *Avena fatua*

Brachiaria - *Brachiaria platyphylla*

Capín - *Echinochloa spp.*

Cebadilla criolla - *Bromus unioloides*

Cola de zorro - *Setaria spp.*

Eleusine - *Eleusine indica*

Gramilla brava - *Cynodon dactylon*

Maíz guacho - *Zea mayz*
Panicum - *Panicum spp.*
Pasto blanco - *Digitaria sanguinalis*
Raigras - *Lolium multiflorum*
Sorgo de Alepo - *Sorghum halepense*
Trigo guacho - *Triticum aestivum*

Pendimethalin

Herbicida selectivo, de pre siembra y pre emergencia, de acción preventiva. Poco persistente (hasta 6 semanas). Reingresar al área tratada una vez que la pulverización se haya secado por completo dejando transcurrir, como mínimo, 24 horas.

Modo de acción: Inhibe la división celular en los meristemas del tallo y la raíz.

Controla:

Capín - *Echinochloa crusgalli*; *E. crusgavonis*; *E. colona*
Eleusine - *Eleusine indica*
Panicum - *Panicum spp.*
Pasto blanco - *Digitaria sanguinalis*
Quinoa - *Chenopodium album*
Sorgo de Alepo - *Sorghum halepense* (de semilla)
Verdolaga - *Portulaca oleracea*
Yuyo colorado - *Amaranthus quitensis*

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. UBICACIÓN DEL PREDIO

El estudio fue realizado con registros de las prácticas de manejo aplicadas y rendimiento logrado en chacras de arroz del establecimiento “El Junco” perteneciente a la empresa DONISTAR S.A.

La empresa está ubicada a 53 km. hacia el noreste de la ciudad de Salto por la ruta nacional No. 31, correspondiendo a la 11° seccional judicial y a la 9° sección policial.

El período de estudio abarca desde la zafra 1994/1995 hasta la zafra 2008/2009 incluidas.

3.2. SUELOS

El predio se ubica dentro de la Unidad de suelos “Itapebí Tres Arboles” de acuerdo a la clasificación de suelos del Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca (MGAP); División Suelos y Aguas.

3.3. MODELO ESTADÍSTICO

Se trabajó con análisis de regresión múltiple, en el que la variable dependiente fue el rendimiento de grano logrado y las independientes, variables y factores de manejo. Los factores de manejo se tomaron como clases y las variables continuas como co-variables.

Se cuantificó la variación de rendimiento asociada a cada factor de manejo utilizando el procedimiento Box Plot del paquete estadístico SAS.

Se definieron “ambientes” utilizando un análisis de conglomerado con las variables que caracterizan las condiciones climáticas de cada año y período fenológico. Los grupos formados fueron tomados como factores en un análisis de varianza de rendimiento contra “ambiente”.

$$Y_{hijklmnopqrstuvw} = \beta_0 + \beta_1 aa_h + \beta_2 fl_i + \beta_3 fs_j + \beta_4 dsr_k + \beta_5 dr_l + \beta_6 ca_m + \beta_7 tmin_n + \beta_8 ant_o + \beta_9 fert_q + \beta_{10} herb_r + \beta_{11} txec_s + \beta_{12} txpc_t + \beta_{13} hpc_u + \beta_{14} hec_v + \beta_{15} ir_w + var + tl + ant + \varepsilon_{hijklmnopqrstuvw}$$

Donde:

Y: rendimiento.

aa: años de arroz.

fl: fecha de inicio de laboreo.

fs: fecha de siembra.

dss: días entre siembra-inicio riego.

dr: días efectivos de riego.

ca: consumo de agua.

tmin: días con temp menor a 15 °C en floración.

fert: fertilización.

herb: herbicida.

txec: temperatura media en la estación de crecimiento.

txpc: temperatura media en el período crítico.

hpc: heliofania en el periodo crítico.

ir: inicio del riego.

var: variedad.

tl: tipo de laboreo.

ant: antecesor.

3.3.1. Hipótesis estadística

Ho: $\beta_1 / \beta_2; \beta_3; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{11}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}=0$

Ha: $\beta_1 / \beta_2; \beta_3; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{11}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}\neq 0$

Ho: $\beta_2 / \beta_1; \beta_3; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{11}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}=0$

Ha: $\beta_2 / \beta_1; \beta_3; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{11}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}\neq 0$

Ho: $\beta_3 / \beta_1; \beta_2; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{11}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}=0$

Ha: $\beta_3 / \beta_1; \beta_2; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{11}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}\neq 0$

Ho: $\beta_4 / \beta_1; \beta_2; \beta_3; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{11}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}=0$

Ha: $\beta_4 / \beta_1; \beta_2; \beta_3; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{11}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}\neq 0$

.

.

.

Ho: $\beta_{14} / \beta_1; \beta_2; \beta_3; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}=0$

Ho: $\beta_{14} / \beta_1; \beta_2; \beta_3; \beta_4; \beta_5; \beta_6; \beta_7; \beta_8; \beta_9; \beta_{10}; \beta_{12}; \beta_{13}; \beta_{14}; \beta_{15}\neq 0$

Ho: antecesor1=antecesor2=antecesor3=antecesor4=antecesor5=antecesor6

Ha: por lo menos un antecesor tiene efecto sobre el rendimiento.

Ho: variedad1=variedad2=variedad3=variedad4=variedad5

Ha: por lo menos una variedad tiene efecto sobre el rendimiento.

Ho: tipo laboreo1=tipo laboreo2=tipo laboreo3

Ha: por lo menos un tipo de laboreo tiene efectos sobre el rendimiento.

3.3.2. Hipótesis biológica

Detectar efecto sobre el rendimiento en arroz de cada factor, siempre teniendo en cuenta los demás factores.

3.4. DESCRIPCIÓN DE LA BASE DE DATOS

Se dispuso de una base de datos de 96 chacras en 15 zafras. Cada observación corresponde a un área determinada dentro de la zona en estudio cuyo manejo y rendimiento de arroz está registrado para cada año de la serie en que estuvo afectada a la producción de arroz y corresponde a una combinación de chacra y año.

Las tecnologías registradas fueron las fechas de inicio de laboreo, variedad sembrada, fecha y densidad de siembra (kg/ha), fertilización (momentos y unidades de nutriente/ha), aplicación de fungicida e insecticida (momento y l/ha), fecha de inicio y fin del riego, agua utilizada en el riego (m³/ha), consumo de agua (m³/ha) (esta variable fue calculada como la suma del agua de riego y las precipitaciones acumuladas desde la siembra a la cosecha), días entre siembra e inicio del riego, días de riego, antecesor (arroz, soja, maíz y sorgo, verdeos, pradera y campo natural), años con cultivo de arroz y rendimientos de arroz seco y limpio (kg/ha). También se dispuso de datos climáticos relevantes para la determinación del rendimiento de arroz como lo son la temperatura y heliofanía (horas de sol), estas divididas en dos periodos, periodo de estación de crecimiento y periodo crítico (entorno a floración).

La fecha de floración (plena floración) se estimó a partir de la fecha de siembra, la variedad sembrada en la chacra, y la temperatura del periodo (temperatura base de la especie y temperatura media diaria), ya que cada cultivar tiene requerimientos específicos (grados/días) para llegar a floración; El periodo de floración se estableció a partir de esta fecha +/- 15 días. El periodo siembra a inicio de floración quedo determinado como días desde siembra hasta inicio del periodo crítico.

3.4.1. Variables de manejo

3.4.1.1. Evolución del área de siembra

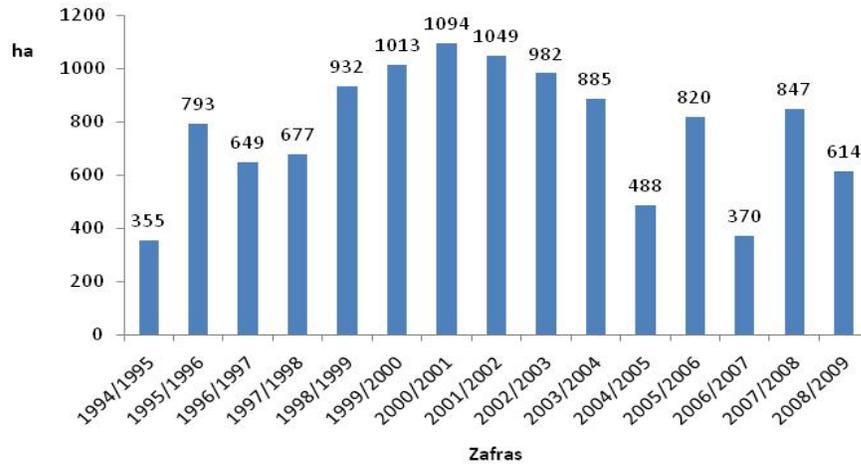


Figura No. 14: Área de siembra de arroz separada por zafra.

A lo largo de las 15 zafras se sembraron 11568 hectáreas. La zafra que más área se sembró en el predio fue la 2000/2001, con 1094 hectáreas, y la con menos superficie sembrada fue la 1994/1995 con 355 hectáreas. El promedio a lo largo de las 15 zafras fue de 770 hectáreas por zafra.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA BASE DE DATOS UTILIZADAS

4.1.1. Antecedentes

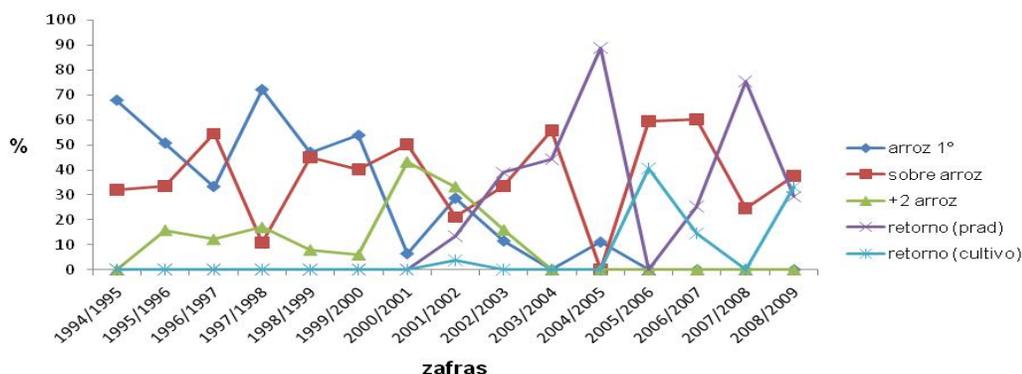


Figura No. 15: Evolución de los diferentes antecedentes a lo largo de las 14 zafras.

La proporción de arroz 1° (arroz sobre campo virgen) fue disminuyendo a lo largo del período ya que el campo virgen se fue terminando dentro del predio donde se realiza la rotación. La proporción de arroz sembrado “sobre arroz” se mantuvo relativamente estable, ya que el productor mantuvo el esquema de rotación a lo largo del período en estudio. Dentro de la línea +2 arroz (arroz sobre 2 y 3 años de arroz), fue de manera ocasional, ya sea por precio o por oportunidad de siembra etc. En las últimas 5 zafras en estudio debido al alza de los precios de los cultivos de secano, comienza a aparecer arroz sobre otros cultivos de verano (soja, maíz o sorgo), con un componente importante dentro del total del área.

En la zafra 2001/2002 se puede notar la aparición de área sembrada sobre praderas; Esto se continúa en las zafras siguientes manteniéndose la base de la rotación mencionada anteriormente. Esto el productor no lo hace solamente por la sustentabilidad del recurso suelo, sino que también lo hace debido a que comienza a ser productor de semilla certificada, por lo cual INASE (Instituto Nacional de Semilla) le exige cierta cantidad de años sin sembrar arroz en estas chacras, de esta manera todos los años tiene área donde sembrar arroz para producir semilla.

La base de la rotación sería 2 años de arroz y luego vuelve sobre pradera de 4 años.

En la Figura No. 31 se presenta el porcentaje de área de arroz sembrado en cada zafra sobre situaciones de 1 a 4 cultivos de arroz previos consecutivos.

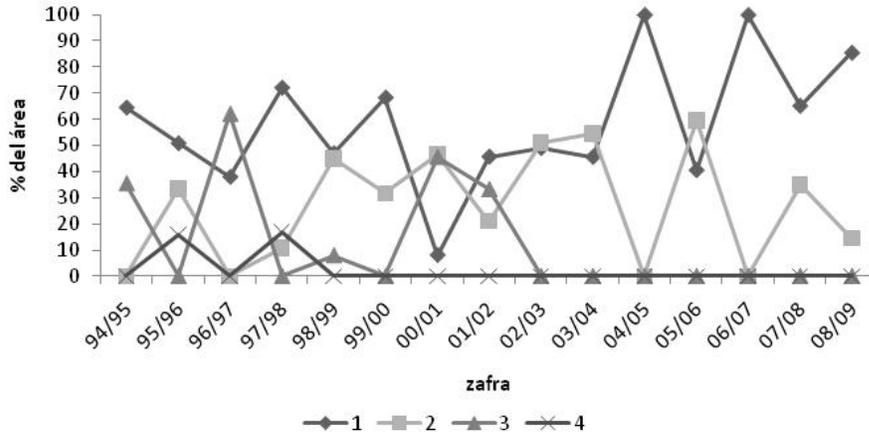


Figura No. 16: Área relativa para chacras con 1 año de arroz hasta 4 años de arroz consecutivos y su evolución en el tiempo.

Todos los años se realizan arroz de primer año y arroz de segundo año. Sin embargo el cultivo se realizó esporádicamente sobre 3 o 4 cultivos de arroz previos. Esta sería una de las razones por las que no se detectaron efectos negativos de la frecuencia del cultivo dentro de la fase agrícola de la rotación.

El productor mantiene relativamente constante este tipo de manejo (2 años de cultivo de arroz) debido básicamente a que la empresa es productora de semilla de arroz, por lo tanto según las normas que exige INASE (Instituto Nacional de Semilla) estas chacras deben ser ubicadas donde no se haya sembrado arroz durante cierto periodo de tiempo; es por esto que las chacras necesariamente tienen que dejar la fase agrícola rápidamente para pasar a una fase de pastura, para así luego de 4 años estar disponibles nuevamente para la producción de semilla.

4.1.2. Variedades

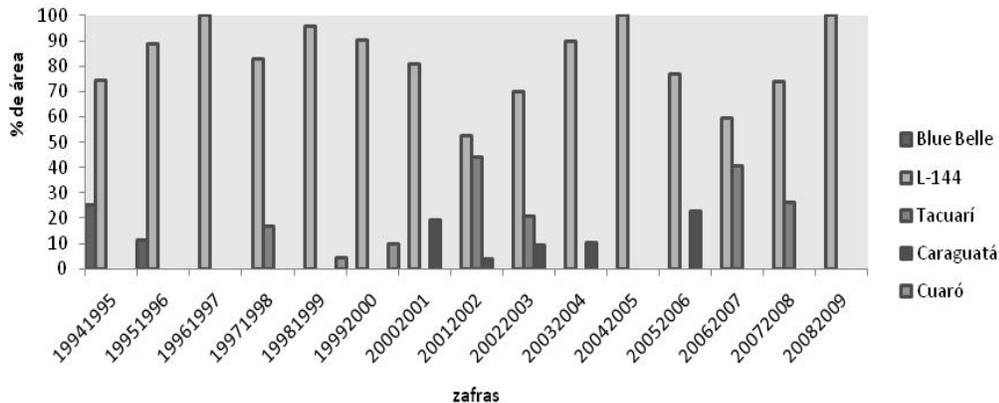


Figura No. 17: Superficie sembrada (%) de cada variedad dentro de cada zafra.

A lo largo de las 15 zafras predominó la variedad El Paso 144. Solo en las primeras dos zafras se sembró BlueBelle. El cultivar INIA Tacuarí fue la segunda más utilizada, pero en un área relativa bastante menor que El Paso 144. También aparecen pero en muy pequeña proporción los cultivares INIA Caraguatá e INIA Cuaró.

Se puede notar que a medida que fueron surgiendo variedades nuevas a nivel nacional el productor las incorporó, pero la que realmente se impuso fue una de ellas, El Paso 144.

4.1.3. Tipo de laboreo

En cuanto al tipo de laboreo, en la empresa se preparó a el suelo de 3 formas diferentes:

- 1- Laboreo tipo convencional: una pasada de excéntrica + dos pasadas de landplane + afinada + siembra + rastra espuelas + 2 pasadas de taipera (siembra taipa) + rolo compactador.
- 2- Laboreo tipo reducido: laboreo de verano + nivelación + cobertura (verde) + laboreo + landplane + sistematización + siembra convencional.
- 3- Laboreo de tipo mínimo: laboreo de verano + nivelación + sistematización + cobertura (verde) + glifosato + siembra directa.

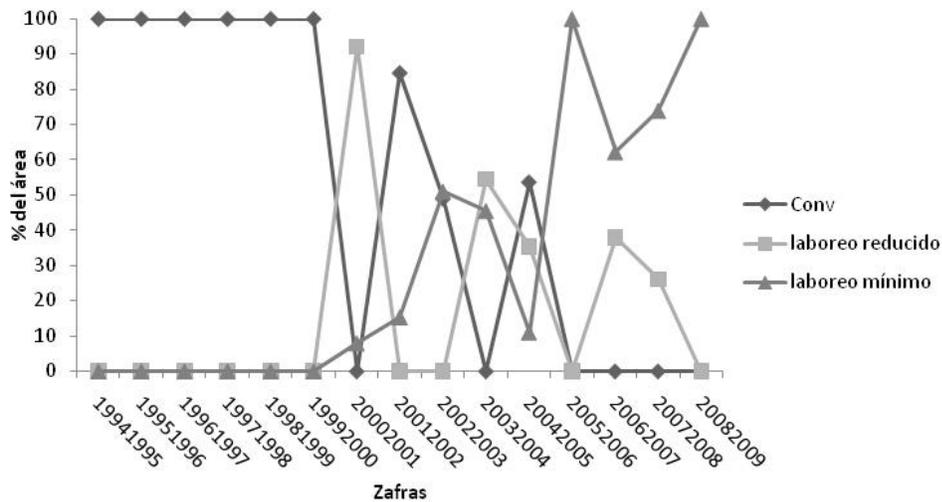


Figura No. 18: Porcentaje de área relativa en función de la forma en que se haya preparado el suelo.

El laboreo convencional fue desapareciendo a medida que transcurren las zafras, en contraposición aumentó el laboreo mínimo. En cuanto al laboreo reducido apareció como forma ocasional en algunas zafras.

Ya en la zafra 97/98 existía información a nivel nacional (Deambrosi y Saldain, 2001b) que mostraban que el cultivo sembrado bajo sin laboreo no tenía diferencia de rendimiento con respecto al tipo de laboreo convencional. Pero existiendo ventajas a favor del no laboreo en cuanto a disminución de la erosión, disminución de costos y oportunidad de siembra.

En este caso el productor estaría sustituyendo la preparación de suelo convencional por las de tipo reducido y mínimo básicamente porque existe una disminución de los costos por hectáreas importante. Este cambio el productor lo hizo de forma acertado ya que logra mantener los rendimientos y disminuir los costos, aumentando el margen económico por hectárea.

La decisión entre realizar laboreo reducido o no laborear pasaría por el estado (nivelación, pisoteo, etc.) de la chacra tiempo antes de sembrar, ya que es en este momento que se decide si se hace un herbicida o se pasa una herramienta y luego se nivela para luego sembrar de forma correcta.

En la Figura No. 19 se muestra la decisión que toma en productor en cuanto a la preparación del suelo en función del antecesor del cultivo de arroz.

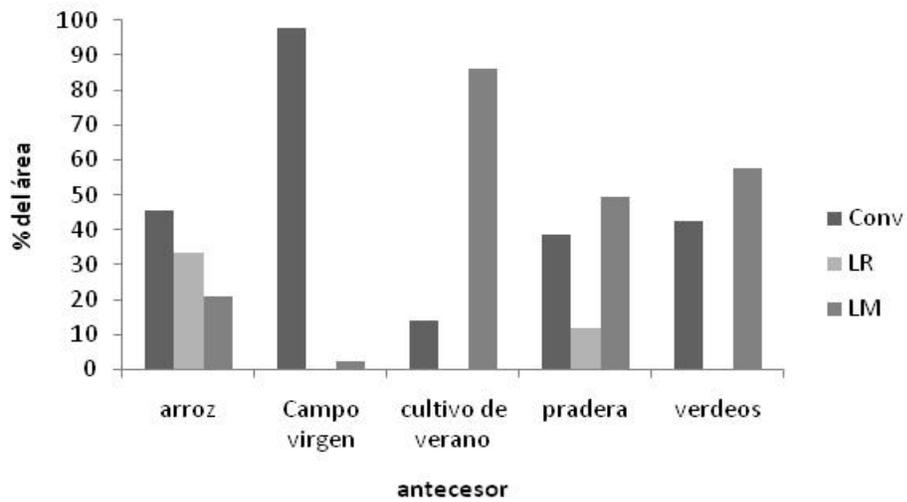


Figura No. 19: Forma de preparación del suelo según el cultivo antecesor al cultivo de arroz.

Gran parte del cultivo de arroz que está antecedido de otro cultivo de arroz tiene algún tipo de movimiento de tierra para la preparación del suelo, esto dependería de las condiciones de trilla que haya tenido el cultivo de arroz anterior. De todas maneras la tendencia sería al no laboreo. En el caso de campo virgen casi el 100 % del área se realiza con laboreo convencional, lo que es explicado por el productor por la compactación del suelo producida por animales en pastoreo pero principalmente lo ve como la manera más eficaz de combatir la gramilla (*Cynodon dactylon*) maleza predominante en los campos naturales y de gran dificultad para combatirla; otra explicación posible es que la mayor parte de los campos que ingresan como campo natural están dentro de los primeros años en estudio, en los cuales la principal forma de preparación del suelo es mediante el laboreo convencional. Para los cultivos de verano y los verdes predomina el laboreo mínimo.

4.1.4. Riego

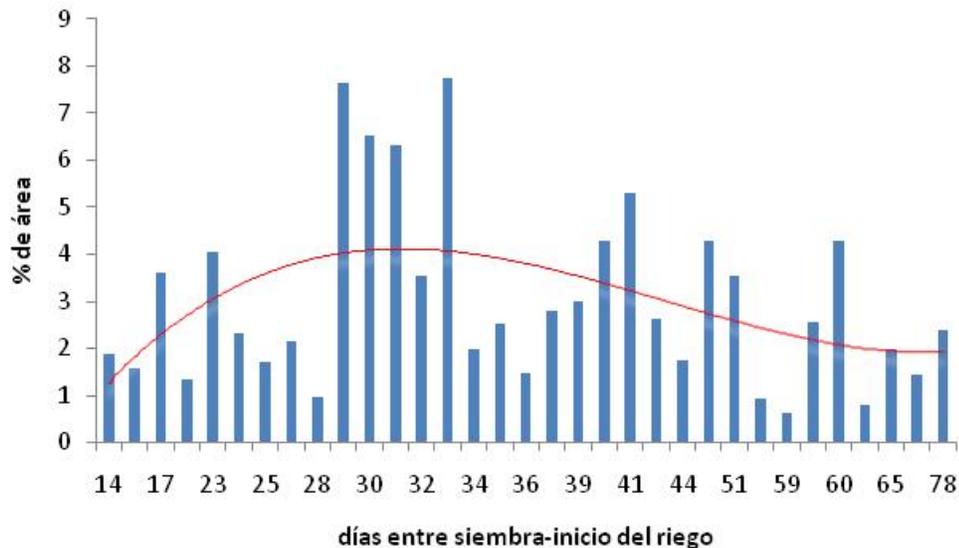


Figura No. 20: Porcentaje de área según los días entre siembra e inicio de riego (momento de inundación).

A la mayor parte del área se comenzó a regar entre los 25 y 39 días luego de la siembra.

Los datos generados a nivel nacional muestran varias ventajas a favor de una inundación temprana (15 a 30 días luego de la emergencia); En primer lugar aumenta la eficiencia del uso del nitrógeno por lo que sería necesario menor cantidad de nutriente aplicado, en segundo lugar provocaría un acortamiento del ciclo a floración por lo que estaría escapando a las bajas temperaturas las cuales provocan esterilidad principalmente en siembras tardías y en tercer lugar la inundación temprana favorece el macollaje aumentando así el número de granos por metro cuadrado. En conclusión un riego temprano (15 a 30 días luego de la emergencia) logra mejores rendimientos de arroz que una inundación tardía (45 días después de la emergencia) (Blanco y Roel 1996, Lavecchia y Méndez 1999, Roel 1999, Deambrosi y Saldain 2000, Lavecchia y Marchesi 2001, Lavecchia et al. 2004).

Como la investigaciones a nivel nacional están realizadas a partir de los días luego de la emergencia, se estimo que a nivel de la emergencia se daba a los 7 días de sembrado.

La mayor parte del área el productor la concentra en el límite superior marcado como óptimo. Si acumulamos el área relativa de todo lo comenzado a regar en el momento óptimo (15 a 30 días luego de la siembra), daría que aproximadamente el 50% del área se comienza a regar en el momento correcto. Esto sería una variable de manejo que el productor tendría que prestarle más atención ya que en el otro 50% se estaría resignando potencial de rendimiento debido a un comienzo del riego muy temprano o muy tardío.

Otra variable importante del riego son los días que se regó cada chacra, estos datos se muestran en la Figura No. 20.

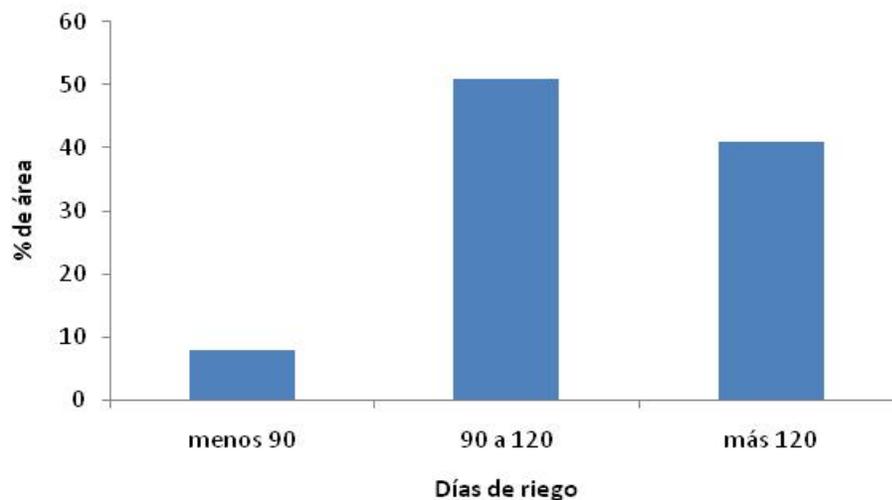


Figura No. 21: Área relativa en función de los días de riego.

En la empresa la mayor parte del área se la riega entre los 90 a 120 días. Lo cual se realiza de manera acertada ya que los datos existentes a nivel nacional muestran que los mejores rendimientos de arroz se logran con aproximadamente 100 días de riego (Roel, 1999). De todas maneras existe una proporción de área importante con más de 120 días de riego, lo cual estaría siendo ineficiente en el uso del agua, o sea que se están gastando más metros cúbicos de agua para lograr el mismo rendimiento, aumentando de esta manera los costos de producción. El 9 % del área restante se riega por menos de 90 días, lo que estaría influyendo principalmente en la calidad de grano (lo cual la industria castiga el precio por kg de grano) y el llenado de grano.

En conclusión el productor tendría que mejorar esta variable de manejo, ya que aproximadamente el 50 % del área se está regando por más o menos tiempo del necesario, lo que estaría generando a la empresa menor margen

bruto por hectárea ya sea por aumento de costos o por una disminución en el ingreso.

4.1.5. Fertilización

4.1.5.1. Criterios de fertilización nitrogenada

El manejo de la fertilización se dividió en diferentes combinaciones de momentos de aplicación:

- S, siembra; S-M, siembra y macollaje, S-P, siembra y primordios; S-M-P, siembra, macollaje y primordios. Este tipo de abreviación se utilizará a lo largo de todo el documento.

En la Figura No. 22 se presenta la estrategia de fertilización según el cultivo antecesor.

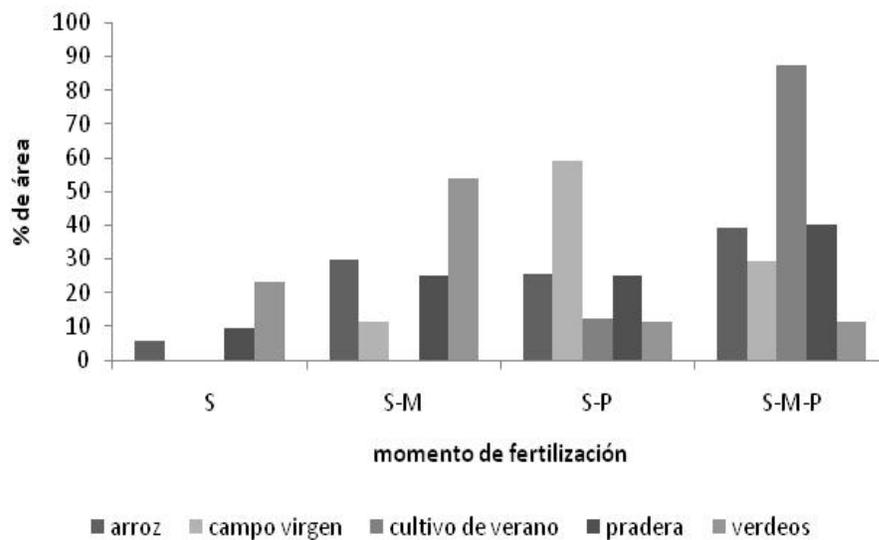


Figura No. 22: Criterio de fertilización según el antecesor del cultivo de arroz.

Se identificaron diferentes estrategias de fertilización según el antecesor. Cuando el antecesor es un cultivo de verano, ya sea arroz u otro cultivo de verano como maíz, sorgo o soja, el productor tendió a fertilizar en tres momentos (siembra-macollaje-primordio). Sin embargo cuando el antecesor es un verdeo o campo virgen la tendencia es realizar una aplicación a la siembra y otra a macollaje o primordios. Cuando el antecesor es pradera las combinaciones de aplicaciones tienen un número similar, por lo que el productor haría las aplicaciones en función de la situación actual de la chacra.

A modo de poder detectar otro criterio de fertilización nitrogenada se estudiaron los momentos de aplicación que tuvo cada variedad (Figura No. 22).

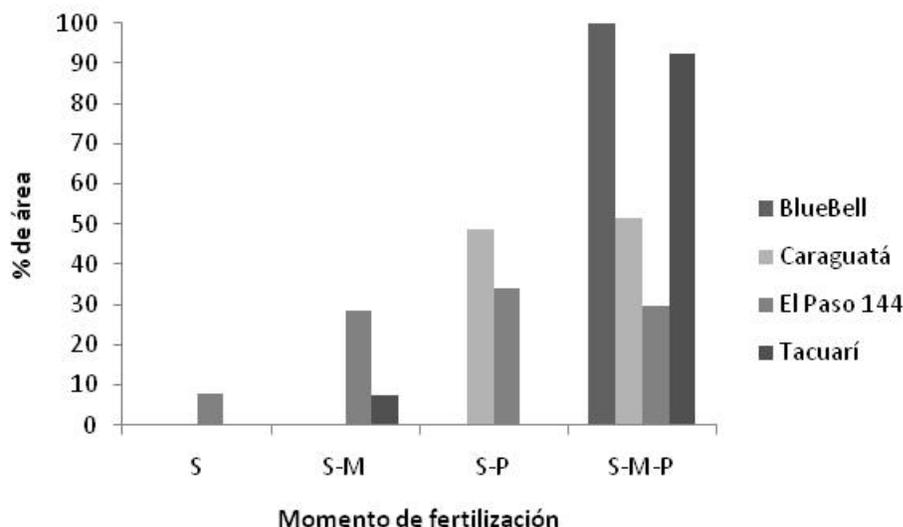


Figura No. 23: Momento de fertilización nitrogenada según variedad.

El 100 % del área sembrada con la variedad BlueBell se fertilizó a la siembra-macollaje-primordios, de todas maneras no podemos decir que el criterio de fertilización sea aplicar en las tres oportunidades ya que se realizó muy poca área con este cultivar. Para el caso del cultivar INIA Caraguatá se puede observar en la figura que el productor prioriza la aplicación a primordios, pero el cultivar El Paso 144 no aparece un criterio claro, ya que les realizó aplicaciones en todas las combinaciones de momentos en cantidad similar. En cuanto al cultivar INIA Tacuarí se muestra una clara tendencia a la triple aplicación (S-M-P).

A nivel nacional Deambrosi y Méndez (1996), detectaron que para los cultivares El Paso 144 e INIA Tacuarí lo mejor en cuanto a las aplicaciones de nitrógeno era el fraccionamiento entre siembra-primordio-macollaje, lo cual aumenta la eficiencia del nutriente. Años más tarde (Lavecchia y Méndez, 1999) vieron que para el cultivar El Paso 144 no siempre sucedía lo antes mencionado, sino que dependía del ambiente al que se lo exponía al cultivo. En el caso del cultivar INIA Caraguatá, Lavecchia y Méndez (1999) vieron que la aplicación a primordios resultó ser clave en función del rendimiento.

El productor realiza un excelente manejo de los momentos de la fertilización según la variedad que esté utilizando ya que estaría tomando como referencia la información existente a nivel nacional.

Con respecto a la cantidad de nutriente agregado en cada aplicación, en siembra ronda las 18 unidades de nitrógeno por hectárea, en macollaje entre 25-30 unidades y primordios también entre 25-30 unidades de nitrógeno por hectárea. Las aplicaciones tanto a macollaje como a primordios varían dentro del rango dependiendo si se hacen una o dos aplicaciones en el cultivo.

INIA en la zafra 06/07 mostraba que el mejor fraccionamiento sería 18-23-23 unidades de nitrógeno entre siembra-macollaje-primordios. Esto podría variar dependiendo del suelo y del efecto año (Lavecchia et al., 2008). Esto muestra que el productor también realiza un acertado manejo de la dosis de nitrógeno, ya que coincide con los datos que aporta INIA.

4.1.5.2. Criterio de fertilización fosfatada

En el caso de la fertilización fosfatada el 100 % de las chacras la recibió a la siembra, en dosis de entre 45 y 55 unidades de fósforo por hectárea. El fertilizante más usado en el predio es fosfato di-amónico.

4.1.6. Manejo de herbicidas

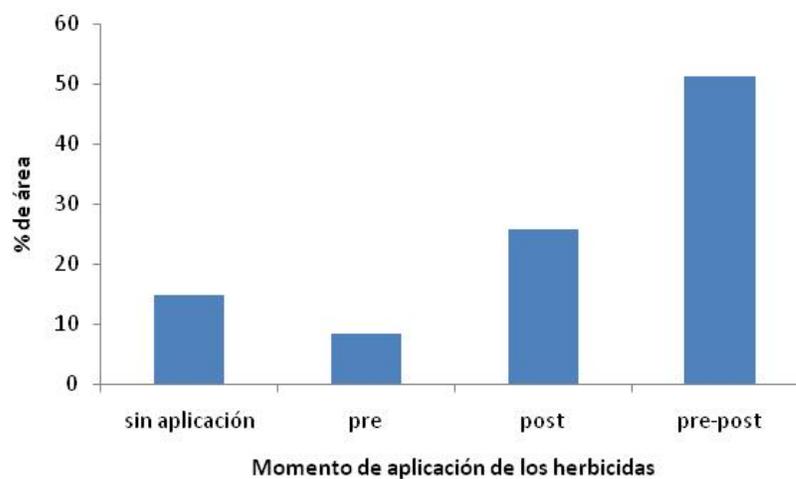
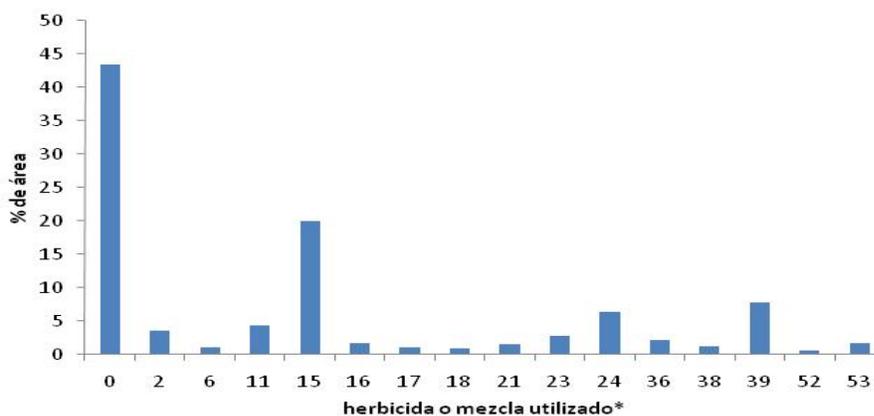


Figura No. 24: Porcentaje de área en función del momento de aplicación de herbicidas.

La mayor parte del área tuvo aplicaciones de herbicidas tanto en pre-emergencia como en post-emergencia. Esto podría estar asociado a la adopción de la siembra directa por parte del productor principalmente en las últimas zafras en estudio.

4.1.6.1. Pre-emergencia



*cada número indica un herbicida individual o una mezcla de herbicidas. (Referencias a continuación).

Figura No. 25: Porcentaje del área en función del herbicida o mezcla utilizada en pre-emergencia.

Cuadro No. 11: Referencias de herbicidas o mezclas de herbicidas utilizados tanto en pre como en post-emergencia.

1	ballesta	17	Round up	32	Byspiriné	44	Facet
2	Comand		clomazone		Hyspray		Propanil
	Propanil	Round up	Exocet	Cibelcol			
3	Herbabox	18	herbidown	33	Propanil		Naturaloleo
	Propanil		comand		Cibelcol	Hyspray	
4	plurafac	19	propanil	34	Propanil	Cibelcol	
	Herbabox		herbidown		Exocet	Propanil	
5	glifosato	20	nomine	35	Byspiriné	Naturaloleo	
	Comand		plurafac		Cibelcol	Hyspray	
6	Facet	21	Glifosato	36	Check	46	Exocet
	Comand		Starade		Cibelcol		Propanil
	Plurafac		Ac.Mineral		Propanil		Cibelcol
7	Comand	22	Surf AC	37	Halley		Naturaloleo
	Propanil		Command		Fusta	Hyspray	
	Facet	Nominé	Cibelcol	47	Clincher		

	Disulan		Ac.Mineral		Dombell		Hyspray
8	whep super	23	Surf AC	39	Glifosato	48	Cibelcol
	Nabu post		Glifosato		Dombell		Naturaloleo
9	Nabu post		24		2-4D		40
	disulan	Check		Glifosato	nabu post		
10	whep super	25	Point	41	2-4 D	49	propanil
	Propanil		Pilón 60		Hyspray	50	colt
	plurafac	Colt 48	Glifosato			exocet	
11	Herbadox	26	Nominé	42	Hyspray	51	exocet
	Propanil		Colt 48		Naturoleo		cibelcol
12	Nabu post	27	Aura	43	Exocet	52	glifosato
13	Facet		Dash		Byspirine		cibelcol
	Nabu post		Facet		Cibelcol	53	glifosato
	Comand	28	Exocet	Naturaloleo	colt 48		
14	Herbadox	29	Round Up Max	44	Hyspray		
	Facet		Colt 48		Byspirine		
	Nabu post	30	Cibelcol		Hyspray		
Herbadox	Propanil		Naturaloleo				
15	round up	31	Propanil				
16	round up		Dicamba				
	Comand						

Casi el 45 % del área no recibió herbicida en la pre-emergencia (herbicida 0, sin aplicación); esto a medida que el productor comienza a reducir el laboreo (como se mostró anteriormente) comienza a disminuir año a año ya que se comienzan a realizar aplicaciones en pre-emergencia para sustituir el laboreo. Este es el caso del producto 15 y 23, los cuales contienen herbicidas no selectivos para el arroz, teniendo como principal propósito la preparación del suelo. Si sumamos las no aplicaciones junto con las aplicaciones para la preparación del suelo vemos que más del 60 % del área no recibió un tratamiento directamente para el cultivo de arroz, sino que no lo recibió o en el caso contrario con la función de preparar el suelo. El 40 % restante se divide en aplicaciones por lo general en mezclas inmediatamente después de la siembra.

Las mezclas de herbicidas selectivos para el cultivo que más se aplicaron fueron: Herbadox (Pendimetalin) + Propanil (Propanil); Command (Clomazone) + Propanil y Check + Point.

La evaluación de herbicidas realizada a nivel nacional por INIA muestra que las mejores mezclas de herbicidas a lo largo de las 15 zafras en pre emergencia fueron las que contenían Command (Clomazone), principio activo el cual se uso en una proporción importante especialmente en mezcla con herbicidas no selectivos. Otro herbicida que según la evaluación en pre emergencia funciono muy bien en mezclas fue Facet (Quinclorac), el cual en la pre emergencia no fue utilizado con frecuencia.

4.1.6.2. Post-emergencia

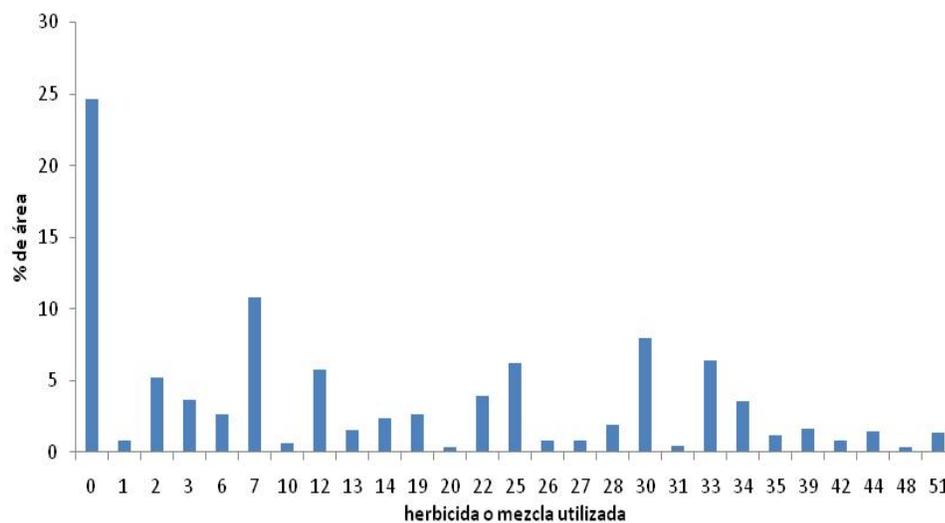


Figura No. 26: Porcentaje del área en función del herbicida o mezcla utilizada en post-emergencia.

El 25 % del área no lleva una aplicación post-emergencia, el otro 75 % son herbicidas selectivos para el arroz. El herbicida que se destaca como el más usado es la mezcla Comand (Clomazone), Propanil (Propanil) y Facet (Quinclorac) más un coadyuvante Disulan. También se destaca la mezcla de Cibelcol (Clomazone) y Propanil (Propanil).

En el caso de aplicaciones en pre-emergencia también existen datos de la evaluación nacional de herbicidas, estos muestran que a lo largo de las 15 zafras los principios activos más destacados fueron Clefoxidim, Bispiribac, Propanil, Clomazone y Quinclorac. De estos el menos usado fue Aura (Clefoxidim) el cual presenta muy buenos resultados en la post emergencia.

La Figura No. 27 y 28 muestran que tipo de aplicación hace el productor (pre o post) dependiendo de cuál sea el antecesor al cultivo de arroz.

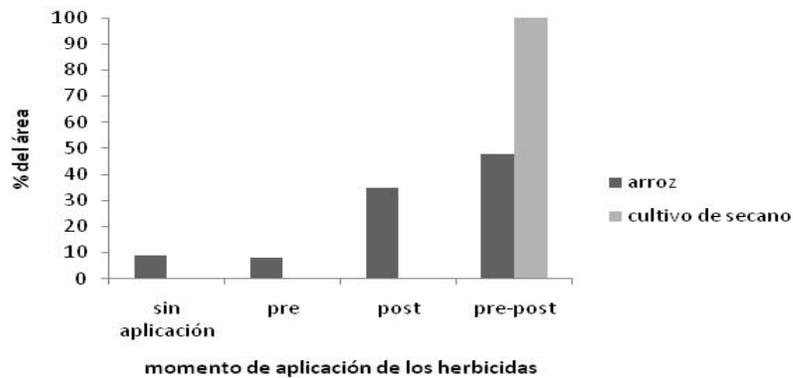


Figura No. 27: Porcentaje del área en función del momento de aplicación del herbicida según antecesores arroz y cultivo de secano (soja, sorgo o maíz).

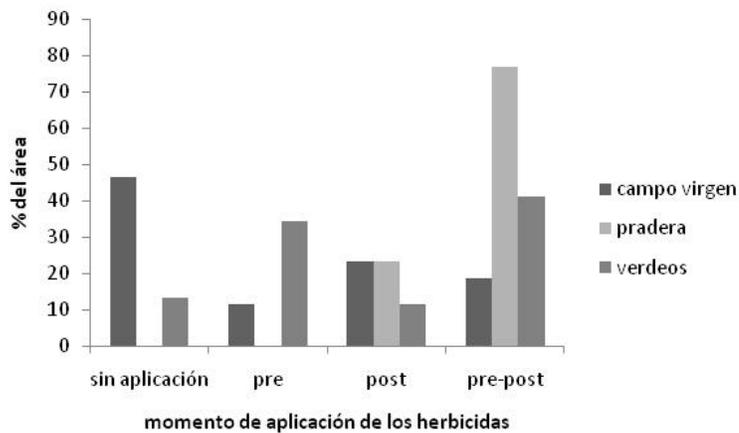


Figura No. 28: Porcentaje del área en función del momento de aplicación del herbicida según antecesores campo virgen, pradera y verdeos.

Cuando el antecesor es un cultivo de verano la tendencia es hacer aplicaciones en pre y post-emergencia. En el caso de “antecesor arroz” tiene menos aplicaciones en pre-emergencia que cultivos de verano, esto podría estar dado básicamente a que cuando el antecesor es arroz gran parte de la tierra se prepara mediante laboreo como se mostró paginas atrás. Algo similar sucede cuando el antecesor es campo virgen en la pre-emergencia, y en la pos-emergencia por ser campo virgen la chacra podría estar limpia de malezas que afectan el cultivo por lo que no se realiza aplicaciones tampoco en post-emergencia. En cuanto a las praderas se puede ver que la mayor parte del área tiene aplicaciones en pre y en post-emergencia debido a que los cultivos sobre praderas se los realizaría mediante laboreo mínimo o reducido.

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En el Cuadro No. 12 se presenta el resultado del análisis de varianza del rendimiento de arroz en respuesta a factores de manejo y la zafra en estudio.

Cuadro No. 12: Valor “F” y su significancia para el rendimiento en grano de arroz en función de la zafra, el cultivo antecesor, la variedad sembrada, el tipo de laboreo utilizado y la fecha de siembra.

Factor	GL	F	PR>F
Zafra	14	5,25	<,0001
Antecesor	5	1,67	0,1509
Variedad	4	3,87	0,0060
Años de arroz	5	0,92	0,4715
Rango de siembra*	6	2,91	0,0125
Tipo de laboreo	2	0,75	0,5271

*hace referencia a chacras sembradas dentro de un rangos de 15 días, desde la última quincena de setiembre a la primera de diciembre.

De los factores planteados en el análisis de varianza, la zafra, variedad sembrada y el rango de siembra tuvieron un efecto significativo sobre el rendimiento de arroz. En tanto el cultivo antecesor, los años de arroz consecutivos y el tipo de laboreo no tuvieron efecto significativo.

4.2.1 Efecto año (zafra)

En el Cuadro No. 13 se presenta el rendimiento medio de cada zafra para el período en estudio.

Cuadro No. 13: Comparación del rendimiento medio de arroz entre zafras para el período 1994/95 al 2007/08.

ZAFRA	MEDIA ESTIMADA	GRUPO*
1998/1999	8918	a
1996/1997	8675	ab
2005/2006	8540	ab
1995/1996	8260	ab
2000/2001	8106	ab
1994/1995	7996	ab
2006/2007	7933	ab
2003/2004	7450	ab
2004/2005	7162	ab

2007/2008	7025	ab
1997/1998	6742	ab
2001/2002	6315	b
2008/2009	6121	bc
2002/2003	6094	b
1999/2000	3514	c

*Las medias seguidas por las mismas letras no difieren estadísticamente, prueba de Tukey ($p=0,1$)

La variación de rendimiento medio estuvo entre 8919 kg/ha la mejor zafra en estudio 1998/1999 y 3514 kg/ha en 1999/2000 con el menor rendimiento de la serie. A su vez, dentro de cada zafra, existió variación de rendimiento determinada por la combinación de variables de manejo de cada año (Figura No. 29).

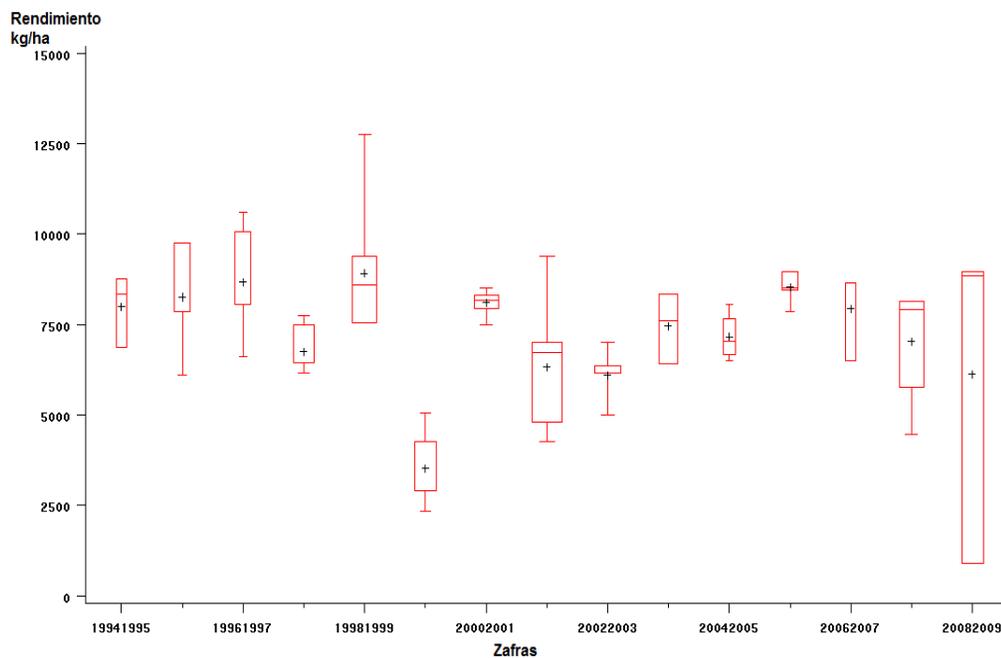


Figura No. 29: Rendimiento medio por zafra y su variabilidad interna definida por la combinación de manejos de cada año.

Los mejores rendimientos individuales se lograron en la zafra 1998/1999, con 12500 kg/ha. Los peores rendimientos se encontraron en la zafra 2008/2009, con aproximadamente 1000 kg/ha.

Las condiciones de clima y manejo determinantes del promedio de producción y su variabilidad, son discutidas en el análisis conjunto de la información.

4.2.2. Efecto antecesor

En acuerdo con lo esperado según los antecedentes, el tipo de laboreo y cultivo antecesor, no modificaron significativamente el rendimiento de arroz en el período (Deambrosi y Saldain, 1998b). La información para cultivo antecesor y número de cultivos de arroz previos no consecutivos se presentan en las Figuras No. 30 y 31.

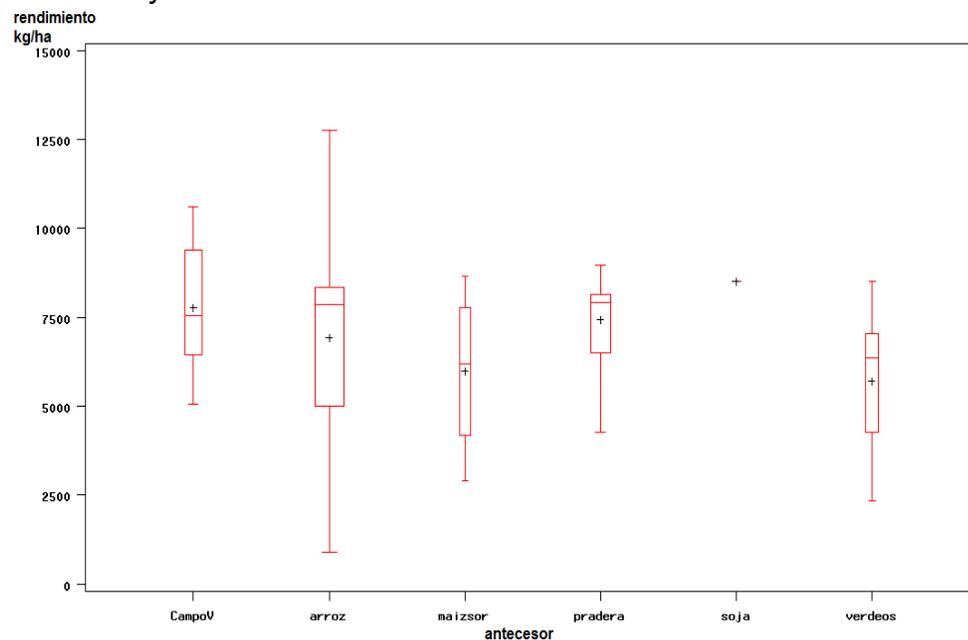


Figura No. 30: Rendimiento promedio de arroz obtenido sobre diferentes cultivos antecesores y su variabilidad establecida por la zafra o la chacra y variabilidad de los diferentes antecesores.

Dentro de cada rectángulo se ubica el 75% de las observaciones de cada antecesor. Las líneas dentro de cada rectángulo indican el 50% de las observaciones, y las cruces el rendimiento medio. El ancho de cada rectángulo es función del número de observaciones de cada antecesor.

El arroz como antecesor fue el más frecuente, por lo que presenta mayor número de observaciones. Tuvo los mejores y menores rendimientos del período. En el caso del campo virgen y pradera como antecesores son los que siguen en número de observaciones, pero con menor variabilidad.

Tampoco se detectaron diferencias en el rendimiento medio de arroz sembrados sobre distinto número de cultivos previos de arroz no consecutivos (Figura No. 31).

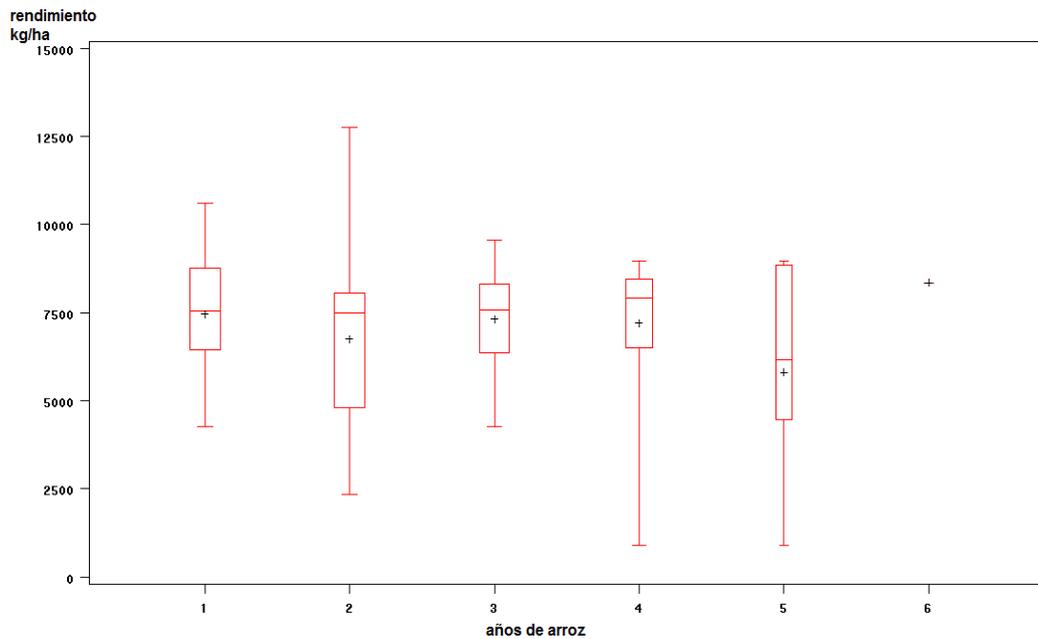


Figura No. 31: Rendimiento promedio y variabilidad en función de los años de arroz.

La frecuencia de arroz sembrado sobre 5 o más años de arroz fue muy baja. Si bien no hubo diferencias en el rendimiento medio, se visualiza una tendencia a obtener los rendimientos mínimos sobre chacras con mayor historia de cultivos de arroz. Los máximos rendimientos se logran con 1 y 2 años de cultivo de arroz y los peores con 4 y 5. Esto coincide con la información existente a nivel nacional la cual muestra que después de los dos años de arroz consecutivos los rendimientos comienzan a caer. Es por esto que el productor realiza de forma acertada una rotación (2 años de arroz - 4 años de pradera) como se comentaba páginas atrás.

4.2.3. Efecto variedad por fecha de siembra

La fecha de siembra es una variable de alto impacto en el cultivo de arroz. La bibliografía muestra que el rango óptimo de siembra se ubica en la primera quincena de octubre, disminuyendo los rendimientos a medida que se atrase a adelante la fecha de siembra a partir de este rango (Lavecchia y Méndez, 1998).

Cuadro No. 14: Medias corregidas según rango de siembra.

Rango de siembra (quincenas)	medias corregidas	Grupo*
1set	7093	ab
2set	7905	ab
1oct	8857	a
2oct	7307	ab
1nov	6917	ab
2nov	6267	b
1dic	4493	b

*Las medias seguidas por las mismas letras no difieren estadísticamente, prueba de Tukey ($p=0,1$).

Para el período analizado, los rendimientos medios mayores se lograron dentro del rango que va desde la primera quincena de setiembre hasta la primera de noviembre incluidas, con un óptimo en la primera de octubre. Los menores rendimientos estuvieron dentro del período segunda mitad de noviembre y diciembre. Blanco y Pérez de Vida (2008), detectaron que un atraso de 60 días en la siembra a partir del 1° de octubre determina una disminución del rendimiento de aproximadamente 1500 kg/ha de arroz, esto para cultivares de tipo índico.

Durante el período, la elección de las variedades se ajustó con la fecha de siembra. Como se presenta en la Figura No. 32 a medida que se atrasa la fecha de siembra el productor siembra las variedades con mayor resistencia y escape al frío.

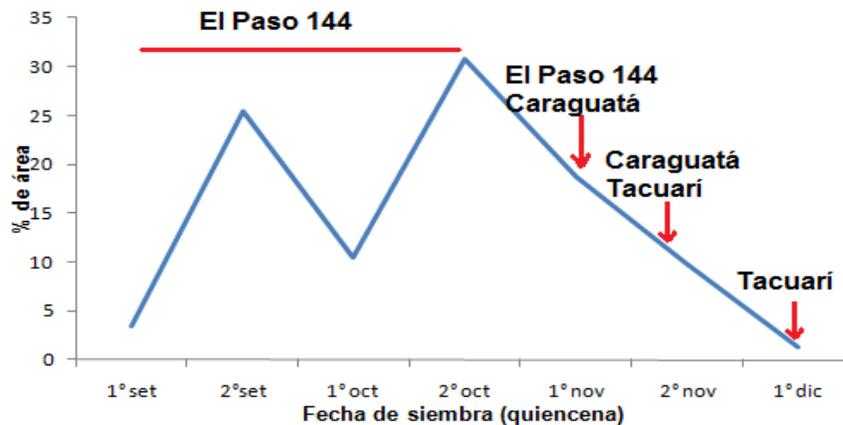


Figura No. 32: Porcentaje del área sembrada en función de la fecha de siembra y distribución de las variedades según la fecha de siembra.

La variedad adaptada a siembras más tardías es Tacuarí, la cual además de tener resistencia genética al frío en floración tiene ciclo más corto que otras variedades por lo tanto también “escapa al frío” en floración (Blanco, 1997). Es por este motivo que de forma muy acertada el productor coloca esta variedad en las fechas de siembras tardías, disminuyendo de esta manera las pérdidas de rendimiento por esterilidad por frío en floración.

La estación de siembra se inicia en la primera quincena de octubre, pero el mayor porcentaje de área de siembra se encuentra entre la segunda quincena de setiembre y la segunda de octubre.

El Paso 144 obtuvo los máximos rendimientos para el promedio del período, diferenciándose significativamente de Tacuarí. No tuvo diferencias significativas con INIA Caraguatá, Blue Belle e INIA Cuaró (Cuadro No. 15). Vale la pena decir que el cultivar INIA Tacuarí como se mostro anteriormente es de las sembradas más tarde por su resistencia genética al frío en floración, esto generaría que la floración no se estaría dando en los momentos óptimos citados por la bibliografía.

Cuadro No. 15: Comparación de las medias estimadas de rendimiento según variedad.

variedad	media estimada	grupo*
L144	7771	a
Caraguatá	7489	ab
BlueBelle	6501	ab
Tacuarí	5751	b
Cuaró	5370	ab

*Las medias seguidas por las mismas letras no difieren estadísticamente, prueba de Tukey ($p=0,1$)

En la Figura No. 33 se presenta el comportamiento medio y la variabilidad de rendimiento de cada cultivar, indicándose el número de observaciones por el ancho de cada rectángulo en la figura.

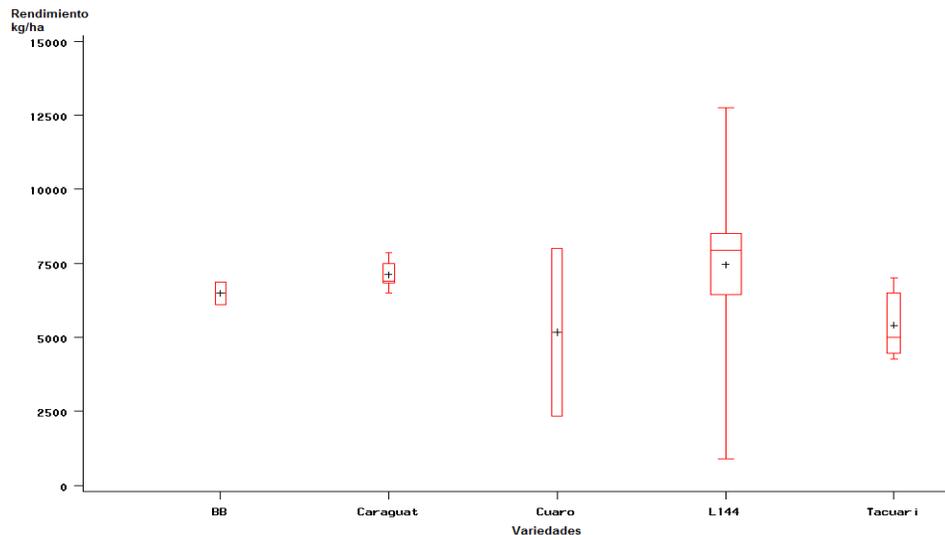


Figura No. 33: Rendimiento promedio y variabilidad de rendimiento de cada variedad.

La variedad más utilizada en la empresa (El Paso 144) fue la de rendimiento más variable, obteniéndose con ella los máximos y mínimos rendimientos del periodo.

En conclusión el productor tendría que tratar de concentrar más área de siembra dentro de la primera quincena de octubre, aunque no se diferencia estadísticamente con los rangos de siembra más próximos pero de todas maneras existen 1000 kg/ha de diferencia de rendimiento de arroz, datos los cuales coinciden con los de INIA (Lavecchia y Méndez, 1998). Esto la empresa no lo cumple ya que la primera quincena de octubre es uno de los rangos con menor área relativa, por lo tanto tendría que realizar un ajuste en el manejo de la fecha de siembra.

En cuanto a la elección de las variedades se puede ver que el productor realiza un correcto manejo, ya que a medida que se atrasa la fecha de siembra el productor comienza a usar las variedades con mayor resistencia y escape al frío en floración tal como lo muestran los datos de caracterización de los cultivares (Blanco, 1997).

4.2.4. Análisis conjunto

En el Cuadro No. 16 se presenta el resultado del análisis de varianza del rendimiento de grano de arroz para dos factores de manejo (años sembrados con arroz y cultivo antecesor) sustituyendo el efecto año por las variables

climáticas que lo caracterizan, y las fechas por el día Juliano en el que se realizó la actividad.

Cuadro No. 16: Valor “F” y su significancia para el rendimiento en grano de arroz en función de los años de arroz y el cultivo antecesor. (P=0,05).

Factor	GL	F	Pr>F
Años de arroz	5	0,35	0.8828
Antecesor	5	2,27	0,0558
Heliofanía periodo critico	1	5,07	0,0273
Temperatura periodo critico	1	2,81	0,0978
Días con menos de 15 °C	1	3,71	0,0578
Fecha de siembra	1	68,24	<,0001
Fecha de laboreo	1	0,11	0,7393
Disponibilidad de agua	1	3,76	0,0561
Días siembra-inicio del riego	1	52,1	<,0001
Días de riego	1	20,03	<,0001

De los dos factores considerados, sólo éste último tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento de arroz ($p < 0,058$). En tanto, todas las variables climáticas que caracterizan el ambiente y la disponibilidad de agua para el cultivo actuaron como covariables significativas. El día calendario de la siembra tuvo un efecto significativo, lo que resulta de ser una variable de manejo que modifica las condiciones climáticas en las que se desarrolla el cultivo.

Tomando el valor “F” como estimador de la importancia relativa de la variable, el orden sería fecha de siembra, días entre siembra e inicio de riego y días de riego como las de mayor impacto, seguido por las condiciones de heliofanía, temperatura y disponibilidad de agua total estimada para el cultivo (lluvia+riego).

Una de las variables que no tuvo efecto sobre el rendimiento fue la fecha de inicio del laboreo. El momento de inicio de la preparación de los suelos es una estrategia para aumentar la oportunidad de siembra en fecha, variable que sí es relevante en la determinación del rendimiento. La fecha de inicio del laboreo es una variable que actúa de forma indirecta sobre el rendimiento y no en forma directa.

En el caso de las covariables climáticas algunas tienen un efecto positivo y otras negativo sobre el rendimiento. La heliofanía en el período crítico (horas de sol en el período crítico) tiene un efecto positivo sobre el rendimiento, esto

quiere decir que desde el punto de vista agronómico sería deseable ubicar la floración de los cultivos en el período de mayor disponibilidad de luz. Esto dependerá de la época de siembra y del cultivar utilizado (Deambrosi y Saldain, 1997b). En el caso de la temperatura en el periodo crítico ($^{\circ}\text{C}$ promedio de todo el período crítico) tiene un efecto positivo sobre el rendimiento y es de los factores ambientales de mayor efecto sobre el rendimiento, siendo determinante desde los 30 días previos a la floración hasta los 30 días posteriores a la misma (Ferreira y Montauban, 1998). Los días con menos de 15°C en floración es una variable climática que afecta negativamente el rendimiento, ya que este fenómeno determina altos porcentajes de esterilidad en las panojas y por lo tanto produce importantes pérdidas de rendimiento (Roel, 1999).

En términos agronómicos, el rendimiento de arroz fue afectado por el cultivo antecesor y las condiciones de ambiente. La fecha de siembra, que es una de las variables que modifica las condiciones de ambiente, mantuvo significancia a pesar de haber incorporado al análisis las variables que ella misma modifica. Este efecto se interpreta como un efecto adicional de la variable, presumiblemente asociado al efecto año, o sea que la fecha de siembra estaría modificando otra variable que no está siendo cuantificada en el análisis de varianza.

Las variables climáticas consideradas en análisis de la base de datos fueron aquellas que según la bibliografía, más modifican rendimiento del cultivo. Dentro de éstas, la temperatura tanto durante la estación de crecimiento como durante el periodo crítico (entorno a floración), la heliofanía también para los dos periodos y el número de días con menos de 15°C en floración.

Como forma de identificar las “condiciones ambientales con potencial de producción diferencial” se realizó un análisis de agrupamiento considerando las condiciones climáticas que tuvo cada chacra entre siembra y cosecha.

De esta manera se separaron las observaciones en 7 “ambientes” (grupos). Cada “ambiente” engloba condiciones de radiación y temperaturas similares durante el desarrollo del cultivo y para el período crítico de determinación del rendimiento. Cada observación representa a una chacra en determinado año bajo determinadas condiciones de manejo.

En el Cuadro No. 17 se caracterizan las condiciones de temperatura y heliofanía medias de cada ambiente definido.

4.2.4.1. Caracterización de los ambientes (cluster)

Cuadro No. 17: Medias de las variables de cada grupo.

Grupo	Heliofanía estación crecimiento (hrs/día)	Heliofanía período crítico (hrs/día)	Temp estación crecimiento (°C)	Temp período crítico (°C)	Días - 15°C
1	9,25 a	8,31 bc	23,80 b	23,8 c	2,94 c
2	7,34 ef	9,97 a	23,45 bc	25,1 b	0,66 c
3	7,12 f	7,40 c	20,81 d	24,5 bc	1,84 c
4	8,40 cd	9,95 a	21,89 cd	27,8 a	3,13 bc
5	7,97 b	8,52 b	25,69 a	26,9 ab	5,13 a
6	8,51 bc	6,21 d	26,14 a	23,8 c	5,12 ab
7	7,12 de	9,09 ab	21,52 d	25,1 b	6,87 a

Considerando sólo las condiciones durante el período crítico se destacan los “Ambientes” 2 y 4, ya que tiene la mayor heliofanía y temperatura media. Sin embargo, las mejores condiciones para la estación de crecimiento en su conjunto estarían en el “Ambientes” 1 (heliofanía) y 5 y 6 (temperatura media).

En el “Ambiente” 3 las condiciones de temperatura y heliofanía de la estación de crecimiento fueron relativamente malas, pero con bajo número de días con menos de 15 °C en floración en el período crítico. Se caracteriza como condiciones de alta nubosidad y baja temperatura media. En tanto, en el “Ambiente” 4 las condiciones son las opuestas, tiene muy buenas condiciones en floración, tanto temperatura como heliofanía, pero con más de 3 días con temperaturas menor a 15 °C, lo cual según la bibliografía estaría afectando la esterilidad y por lo tanto el rendimiento (Ferreira y Montauban, 1998).

Los “Ambientes” 5 y 7 se caracterizan por buenas condiciones para el crecimiento pero problemas de bajas temperaturas en floración.

Con respecto al “Ambiente” 6 fue el que ofreció las peores condiciones ambientales para la producción de arroz.

En el Cuadro No. 18 se presenta el efecto de las variables de manejo, una vez considerada las condiciones climáticas a las que estuvo expuesto el cultivo (efecto Grupo).

Cuadro No. 18: Valor “F” y su significancia para el rendimiento en grano de arroz en función del grupo, los años de arroz, el antecesor y el tipo de laboreo. (P=0,1).

Factor	GL	F	Pr>F
Grupo	6	1,73	0,1259
Años de arroz	5	0,75	0,5863
Antecesor	3	2,08	0,0772
Tipo de laboreo	3	1,59	0,1979

De los factores incluidos en el análisis de varianza ninguno de ellos tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento de arroz, cuantificándose solo una tendencia para el efecto antecesor. En este sentido, el único cultivo antecesor que tendió a determinar menor rendimiento de arroz fue “verdeos de invierno” (8500 kg/ha para el promedio de campo virgen, pradera, soja, arroz, maíz o sorgo contra 6747 kg/ha de verdes de invierno, $p \leq 0,07$).

Los datos obtenidos en cuanto al tipo de laboreo coinciden los de la bibliografía, los cuales dicen que disminuyendo la intensidad del laboreo no se deprimen los rendimientos (Deambrosi y Méndez, 1996).

En el Cuadro No. 19 se presenta el análisis de varianza incorporando el efecto del manejo del riego y disponibilidad de agua como co-variables de los ambientes definidos.

Cuadro No. 19: Valor “F” y su significancia para el rendimiento en grano de arroz en función del grupo, el antecesor y el manejo del riego. (P=0,1).

Factor	GL	F	Pr>F
Grupo	6	4,03	0,0014
Antecesor	5	3,12	0,0012
Siembra-Inicio del riego	1	62,16	<,0001
Días de riego	1	11,55	0,0011
Disponibilidad de agua	1	1,91	0,1706

De los dos factores analizados grupo y antecesor los dos tuvieron efecto significativo sobre el rendimiento y actuaron como co-variables significativas las condiciones de riego (disponibilidad hídrica).

Tomando como “F” como estimador de la importancia de la variable, el orden sería: días desde siembra a inicio del riego, seguido por los días de riego. La disponibilidad de agua (m³ de riego + precipitaciones) no fue una co-variable significativa.

En esta instancia el antecesor tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento, esto podría estar indicando que el manejo del riego sería la manera de levantar las deficiencias que generen los peores antecesores.

Los días entre siembra e inicio de riego influyeron de forma muy significativa sobre el rendimiento. Como se comentaba páginas atrás, el riego tendría que comenzar entre los 15 a 30 días luego de la siembra. En la empresa existen chacras que se comenzaron a regar a los 5 días hasta chacras que se comenzaron recién a los 78 días luego de la siembra. El productor tendría que tratar de comenzar a regar todas las chacras dentro del rango óptimo anteriormente mencionado. Los días de riego también influyeron de forma significativa sobre los rendimientos, en la empresa este factor tiene una variabilidad que va desde los 67 a los 138 días.

En la Figura No. 34 se presenta el rendimiento medio de arroz obtenido en cada “ambiente” definido, corregido por el efecto del manejo del agua.

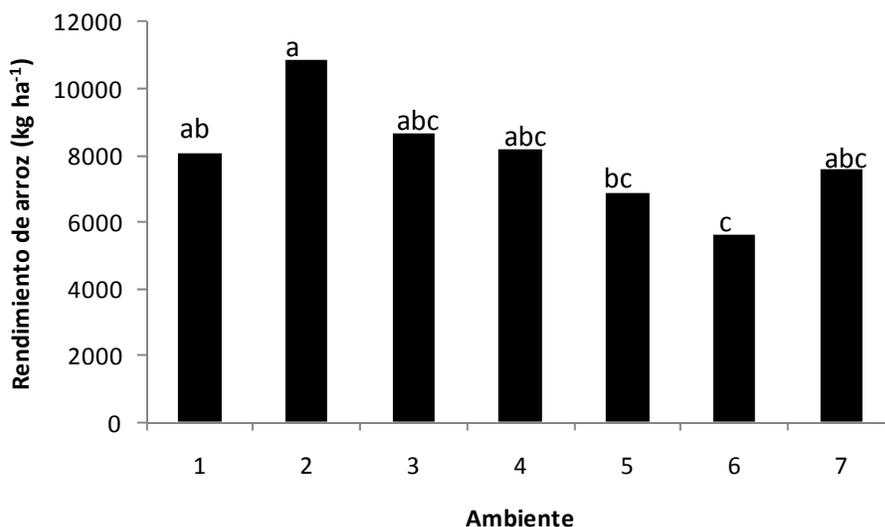


Figura No. 34: Rendimiento medio de arroz obtenido en ambientes definidos por temperatura y heliofanía. Media corregida por efectos del manejo del agua.

El “ambiente” 2 fue el que obtuvo el mayor rendimiento, este ambiente brindó las mejores condiciones de heliofanía en el período crítico y fue el que tuvo menos días con menos de 15 °C en floración, estas condiciones ambientales fueron las que determinaron que el ambiente 2 sea el que más rindió de los 7 ambientes estudiados. El ambiente 6, el cual ofreció las peores condiciones ambientales para la producción de arroz, esto debido a que brindó

muy pocas horas luz en el período crítico, bajas temperatura promedio en el período crítico y más de 5 días con temperaturas menores a 15°C en floración. Teóricamente el productor sabiendo la variedad utilizada tendría que sembrar en una fecha en la cual el período crítico corresponda con las condiciones del “ambiente” 2; esta fecha de siembra teórica rondaría en la primera quincena de octubre como lo indican los datos mostrados anteriormente.

5. CONCLUSIONES

- En lo que respecta a las variedades utilizadas a lo largo del período en estudio, se pudo ver que a medida que fueron surgiendo nuevas variedades, mejores que las que se venían usando en el predio, el productor las fue adoptando. Por otro lado las variedades que son resistente al frío son colocadas correctamente en las fechas de siembra más tardías.
- Al igual que la información existente a nivel nacional, el rango de siembra que lograría los mayores rendimientos en el establecimiento estaría comprendido por la primera quincena de octubre. Esto es una variable a mejorar dentro de la empresa ya que se siembra muy poca área dentro de este rango.
- En cuanto al tipo de laboreo se pudo ver que a medida que pasaban los años se fue sustituyendo el laboreo de tipo convencional por el reducido y el mínimo, respetando la información existente a nivel nacional la cual mostraba beneficios de estas últimas dos formas de preparación del suelo. Los datos de la empresa muestran que no existe diferencia en rendimiento en grano de arroz entre los 3 tipos.
- Dentro de la variable de manejo riego, los datos obtenidos mostraron que existe un efecto importante sobre el rendimiento de los días entre siembra e inicio del riego y de los días de riego.
- El principal criterio de decisión de fertilización parecería ser la variedad sembrada. Para el caso de manejo de herbicidas en pre-emergencia, aparecería como principal criterio de decisión el cultivo antecesor, muy asociado al tipo de laboreo que se realice en cada chacra.

6. RESUMEN

Este trabajo es realizado en el establecimiento “El Junco” perteneciente a la empresa DONISTAR S.A. ubicado a 53 Km. hacia el noreste de departamento de Salto por la ruta nacional No. 31, correspondiendo a la 11^o seccional judicial y a la 9^o sección policial. El mismo consistió en evaluar la incorporación de tecnologías de la empresa evaluando 15 zafras consecutivas, desde la zafra 1994/1995 a la 2008/2009. En primera instancia se trato de ver cuáles eran los criterios de adopción de las tecnologías. De esta parte del trabajo surgió que: Muy poca área de siembra relativa es sembrada a lo largo de las 15 zafras en el rango de siembra que más rendiría dentro de la empresa (1^o quincena de octubre), pero con una correcta ubicación en el periodo de siembra de las variedades con el criterio fecha de siembra tardía-cultivar resistente al frío. El laboreo convencional va disminuyendo a medida que pasan los años y comienzan a surgir como alternativas el laboreo mínimo y el laboreo reducido; el principal criterio de decisión parecería ser el cultivo antecesor. El campo virgen se haría con laboreo convencional y cuando el antecesor es cultivo laboreo mínimo. En cuanto a la fertilización el productor la realizaría bajo dos criterios, uno el cultivo antecesor y otro las variedades. El manejo del riego es acertado en un 50% del área, tanto para los días entre siembra-inicio del riego como para los días efectivos de riego. También se detecto que el manejo de los herbicidas en pre-emergencia está muy asociado al tipo de preparación del suelo que se realice y en la post-emergencia hay un correcto uso de los principios activos. Cuando se realizó un análisis de varianza con los factores de manejo se detecto que: la zafra, la variedad sembrada y el rango de siembra tuvieron un efecto significativo sobre el rendimiento de arroz. En tanto el cultivo antecesor, los años de arroz y el tipo de laboreo no tuvieron efecto significativo. En lo que respecta al riego, el análisis de varianza mostro que habría un efecto importante sobre el rendimiento de los días de riego y de los días entre siembra e inicio del riego, sin existir efecto de la disponibilidad de agua.

Palabras clave: Arroz; Riego; Fecha de siembra; Cultivar; Resistente al frío.

7. SUMMARY

This work is being executed at the plant "El Junco" which belongs to DONISTAR S.A. located 53Km. northeast from Salto department through national route 31, belonging to the 11th judicial sectional and the 9th police section. The work consisted in the evaluation of the incorporation of company technologies evaluating 15 consecutive harvests, from harvest 1994/1995 to 2008/2009. The first stage was to see which was the criteria adopted by the technologies. From this part of the work it was gathered that: A very small area of relative planting is sowed throughout the 15 harvests in the harvest range that would be more profitable for the company (1st fortnight of October), but with a correct location of the sowing period of the varieties with the late sowing date-cultivate resisting to cold criteria. The conventional tillage is decreasing through the years and minimum tillage and reduce tillage are starting to emerge as alternatives, the principal decision criterion seems to be the predecessor farming. The virgin land is done with conventional tillage and when the predecessor is farming, minimum tillage. As to fertilization, the producer would make it under two canons, one the predecessor cultivation, and other, the varieties. The irrigation is correct in 50% of the area, both to the days between sowing-start of the irrigation and the effective irrigation days. Furthermore, it was detected that the managing of the herbicides in pre-emergency is highly associated with the kind of soil preparation performed and in the post-emergency there is a correct use of the active principles. When an variance analysis was performed with the managing factors it was perceived that: the harvest, the variety sowed and the sowing range had a significant effect over the rice performance. Meanwhile the predecessor sowing, the years of rice and the kind of tillage had no significant effect. When irrigation is concerned, the variance analysis showed that there was an important effect over the efficiency in the irrigation days and the days between the sowing and the start of irrigation, with no influence of the water availability.

Key words: Rice; Irrigation; Sowing date; Cultivate; Cold resistant.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. ALIAGA, M.; BOTTARO, D. 1998. Densidad y distribución de siembra en cultivares semienanos de arroz (Inia Caraguata y L 1844). Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 85 p.
2. AVILA, S.; CASALES, L.; MOLINA, F.; ROEL, A. 2007. Riego. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2006-2007. Treinta y Tres, INIA. cap. 2, pp. 1-9.
3. BLANCO, P.; ROEL, A. 1996. Riego. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1995-1996. Treinta y Tres, INIA. cap. 12, pp. 1-10. (Actividades de Difusión no. 103).
4. _____. 1997. Riego. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1996-1997. Treinta y Tres, INIA. cap. 12, pp. 17-20.
5. _____.; GAGGERO, M.; DEAMBROSI, E.; LAVECCHIA, A.; MARCHESI, C.; MENDEZ, J.; PÉREZ DE VIDA, F.; SALDAIN, N. 2001. Reducción de laboreo y siembra directa en el cultivo de arroz. Montevideo, INIA. 18 p. (Serie Técnica no. 122).
6. _____.; PEREZ DE VIDA, F. 2008. Respuesta a épocas de siembra. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2007-2008. Treinta y Tres, INIA. cap. 6, pp. 31-37.
7. BÖCKING, B. 2007. Riego en superficie. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2006-2007. Tacuarembó, INIA. pp. 50-65.
8. BORGHI, E.; ERNST, O. 2003a. Bases eco-fisiológicas del cultivo de arroz en Uruguay. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. 9 p. Consultado 19 sep. 2009. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/dmdocuments/cereales_y_cultivos_industriales_A/cultivos_de_verano/arroz/Borghi_Ernst_Bases_ecofisiologicas.pdf

9. _____.; _____. 2003b. Cultivares de arroz. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. 10 p. Consultado 19 sep. 2009. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/dmdocuments/cereales_y_cultivos_industriales_A/cultivos_de_verano/arroz/Borghi_Cultivares.pdf

10. _____.; _____. 2003c. Densidad de siembra en arroz. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. 4 p. Consultado 19 sep. 2009. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/dmdocuments/cereales_y_cultivos_industriales_A/cultivos_de_verano/arroz/Borghi_Densidad_de_siembra.pdf

11. _____.; _____. 2003d. Época de siembra en arroz. (en línea). Paysandú, Facultad de Agronomía. 4 p. Consultado 19 sep. 2009. Disponible en http://www.eemac.edu.uy/dmdocuments/cereales_y_cultivos_industriales_A/cultivos_de_verano/arroz/Borghi_Epoca_de_siembra.pdf

12. CANTOU, G.; MOLINA, F.; ROEL, A. 2008. Riego. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2007-2008. Treinta y Tres, INIA. cap. 2, pp. 1-2.

13. CASALES, L.; DEAMBROSI, E.; FERREIRA, D.; MOLINA, F.; ROEL, A.; TERRA, J. 2007. Manejo de suelo y nutrición vegetal. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2006-2007. Treinta y Tres, INIA. cap. 2, pp. 1-9.

14. _____.; _____.; _____.; _____.; _____. 2008. Manejo y nutrición vegetal In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2007-2008. Treinta y Tres, INIA. cap. 3, pp. 1-22.

15. DEAMBROSI, E.; MENDEZ, R. 1996. Fertilización. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1995-1996. Tacuarembó, INIA. cap. 3, pp. 1-15 (Actividades de Difusión no. 107).

16. _____.; SALDAIN, N. 1997a. Control de malezas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1996-1997. Treinta y Tres, INIA. cap.4, pp. 1-9.
17. _____.; _____. 1997b. Estrategias en la producción de arroz, para un mejor aprovechamiento de las principales variables climáticas. Treinta y Tres. 16 p.
18. _____.; _____. 1998a. Evaluación de herbicidas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1997-1998. Treinta y Tres, INIA. cap. 12, pp. 1-10.
19. _____.; _____. 1998b. Fertilización. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1997-1998. Treinta y Tres, INIA. cap.5, pp. 1-10.
20. _____.; _____.1999. Manejo de malezas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1998-1999. Treinta y Tres, INIA. cap. 11, pp. 1-12.
21. _____.; _____. 2000. Evaluación de herbicidas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1999-2000. Treinta y Tres, INIA. cap.7, pp. 1-17.
22. _____.; _____. 2001a. Manejo de malezas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2000-2001. Treinta y Tres, INIA. cap.7, pp. 1-43.
23. _____.; _____. 2001b. Siembra directa. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2000-2001. Treinta y Tres, INIA. cap. 3, pp. 1-11.
24. _____.; _____. 2004. Manejo de malezas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2003-2004. Treinta y Tres, INIA. cap. 6, pp. 1-7.

25. _____.; _____. 2005. Manejo de malezas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2004-2005. Treinta y Tres, INIA. cap. 8, pp. 1-30.
26. _____.; _____. 2007. Manejo de malezas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2006-2007. Treinta y Tres, INIA. cap. 5, pp. 1-30.
27. _____.; _____. 2008. Manejo de malezas. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2007-2008. Treinta y Tres, INIA. cap. 5, pp. 1-7.
28. DE DATTA, S.K. 1981. Principles and practices of rice production. New York, Wiley. 618 p.
29. FERREIRA, E.; MONTAUBAN, F. 1998. Incidencia de factores climáticos sobre rendimiento y componentes y vías de construcción del rendimiento de cultivares de arroz. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 186 p.
30. GAMARRA, G. 1996. Arroz; manual de producción. Montevideo, Hemisferio Sur. 440 p.
31. HERNANDEZ, A. 2009. Encuesta de arroz, zafra 2001 a 2009. (en línea). Montevideo, MGAP. s.p. Consultado 12 feb. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,115,O,S,0,MNU;E;42;>
32. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA (INIA). s.f. Programa Nacional de Investigación en la producción de arroz. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 10 oct. 2010. Disponible en (<http://www.inia.org.uy/online/site/32575411.php>).
33. LARRALDE, S.; NOLLA, F. 2002. Efecto del rastrojo y del largo del barbecho en la implantación, crecimiento y rendimiento de dos variedades de arroz sembrados sin laboreo. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 73 p.

34. LAVECCHIA, A.; MENDEZ, J. 1998. Época de siembra. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1997-1998. Tacuarembó, INIA. cap. 5, pp. 1-17 (Actividades de Difusión no. 171).
35. _____.; _____.1999. Densidad y método de siembra. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1998-1999. Tacuarembó, INIA. cap. 9, pp. 1-12 (Actividades de Difusión no. 199).
36. _____.; MARCHESI, C.; MENDEZ, J. 2000. Fertilización. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 1999-2000. Tacuarembó, INIA. cap. 5, pp. 1-32 (Actividades de Difusión no. 233).
37. _____.; _____. 2001. Manejo de fertilización y riego. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2000-2001. Tacuarembó, INIA. cap. 6, pp. 1-13 (Actividades de Difusión no. 262).
38. _____.; _____.; MENDEZ, J. 2004. Manejo del cultivo. In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2003-2004. Tacuarembó, INIA. cap. 2, pp. 1-21.
39. _____.; _____.; _____. 2008. Momento de aplicación de fungicida y dosis de nitrógeno In: Resultados experimentales de arroz, zafra 2007-2008. Treinta y Tres, INIA. pp. 101-112.
- 40 ROEL, A. 1999. Riego en arroz; manejo eficiente de la inundación. Treinta y Tres, INIA. 16 p. (Boletín de Divulgación no. 67).
41. SATA. s.f. Guía SATA; herbicidas. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 21 oct. 2009. Disponible en <http://www.laguiasata.com/index.htm>
42. URUGUAY. MINISTERIO DE GANADERÍA, AGRICULTURA Y PESCA. DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS AGROPECUARIAS. 2009. Series históricas de datos. (en línea). Montevideo. s.p. Consultado 6 jul. 2010. Disponible en <http://www.mgap.gub.uy/portal/hgxpp001.aspx?7,5,60,O,S,0,MNU;E;2;16;10;6;MNU;,>