

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

COLZA: VARIABLES AGRONÓMICAS QUE DETERMINAN EL MARGEN  
BRUTO Y EL RIESGO ASOCIADO

por

Guadalupe Magdalena BARREIRA GARCÍA  
Lucía BAUER BRIT  
María Eugenia BICA DER-GAZARIÁN

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

MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2018

Tesis aprobada por:

Director: -----

Ing. Agr. Sebastián Ramón Mazzilli Vanzini

-----

Ing. Agr. Pedro Arbeletche

-----

Ing. Agr. Juan Pablo Silveira

Fecha: 21 de agosto de 2018

Autores: -----

Guadalupe Magdalena Barreira García

-----

Lucía Bauer Brit

-----

María Eugenia Bica Der-Gazarián

## AGRADECIMIENTOS

Al director de la tesis Ing. Agr. Sebastián Mazzilli por darnos la posibilidad de realizar la tesis de grado y por la dedicación brindada a lo largo del trabajo.

A Pedro Arbeletche por los aportes ofrecidos.

A Patricia Choca por su colaboración y amabilidad.

Agradecemos especialmente a nuestras familias y amigos por el apoyo brindado a lo largo de toda la carrera.

## TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS .....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES .....	VII
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u> .....	3
2.1.   HISTORIA DEL CULTIVO EN URUGUAY .....	3
2.2.   ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA.....	3
2.3.   DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO .....	4
2.4.   FECHA DE SIEMBRA .....	4
2.5.   SISTEMA DE LABOREO Y CULTIVO ANTECESOR .....	5
2.6.   TIPO DE MATERIALES .....	6
2.7.   ARREGLO ESPACIAL .....	7
2.8.   FERTILIZACIÓN .....	8
2.8.1. <u>Nitrógeno</u> .....	8
2.8.2. <u>Azufre</u> .....	9
2.8.3. <u>Interacción entre nitrógeno y azufre</u> .....	10
2.9.   MÉTODO DE COSECHA .....	11
2.9.1. <u>Cosecha directa</u> .....	11
2.9.2. <u>Hilerado y cosecha</u> .....	12
2.10.  ANÁLISIS ECONÓMICO .....	13
2.10.1. <u>Indicadores de resultado parcial</u> .....	13
2.10.2. <u>Análisis de riesgo</u> .....	13
2.10.3. <u>Fuentes de Riesgo</u> .....	13
2.10.4. <u>Herramientas de cálculo</u> .....	14
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	16
3.1.   BASE DE DATOS DISPONIBLE .....	16
3.2.   PRODUCTO BRUTO .....	19
3.3.   COSTOS .....	20

3.3.1.	<u>Costos de maquinaria</u> .....	20
3.3.2.	<u>Costo de insumos</u> .....	21
3.3.3.	<u>Costo de flete</u> .....	21
3.4.	MARGEN BRUTO.....	22
3.5.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	22
3.5.1.	<u>Herramientas para cálculo de riesgo</u> .....	22
4.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	24
4.1.	RENDIMIENTO.....	24
4.2.	DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO .....	27
4.3.	FERTILIZACIÓN .....	29
4.3.1.	<u>Nitrógeno</u> .....	29
4.3.2.	<u>Azufre</u> .....	31
4.4.	POBLACIÓN.....	32
4.5.	FECHA DE SIEMBRA .....	34
4.6.	MÉTODO DE SIEMBRA .....	38
4.7.	ANTECESOR VERANO .....	40
4.8.	ANTECESOR INVIERNO.....	42
4.9.	CULTIVARES UTILIZADOS.....	43
4.10.	COSECHA.....	46
4.11.	COSTOS .....	48
4.11.1.	<u>Costo de maquinaria</u> .....	48
4.11.2.	<u>Costos de fertilizante</u> .....	51
4.12.	MARGEN BRUTO.....	55
4.13.	RENDIMIENTO DE EQUILIBRIO .....	57
4.14.	ANÁLISIS DE RIESGO .....	57
4.14.1.	<u>Zona Litoral Oeste</u> .....	57
4.14.2.	<u>Zona Centro, Este, Norte, Sur</u> .....	60
5.	<u>CONCLUSIONES</u> .....	65
6.	<u>RESUMEN</u> .....	67
7.	<u>SUMMARY</u> .....	68
8.	<u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	69

9. ANEXOS .....73

## LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro No.	Página
1. Datos de media, desvío estándar y cuartiles de población , según zafra.....	34
2. Porcentaje de área acumulada sembrada en distintas fechas, según zafra. ....	36
3. Tasa de siembra (8-20 mayo) para todas las zafras.....	37
Figura No.	
1. Distribución zonal. ....	17
2. Evolución del área de colza sembrada .....	18
3. Porcentaje de chacras según zonas.....	19
4. Rendimiento medio según zafra.....	24
5. Probabilidad acumulada según rendimiento .....	25
6. Porcentaje acumulado de rendimiento según zafra. ....	26
7. Rendimiento corregido por aceite según zafra.....	27
8. Árbol de partición. ....	28
9. Rendimiento en función de la fertilización nitrogenada. ....	30
10. Rendimiento relativo en función de la dosis de nitrógeno.....	31
11. Rendimiento según rango de dosis de azufre agregada. ....	32
12. Rendimiento relativo en función de la población por zafra. ....	33
13. Área de siembra acumulada en las distintas zafras. ....	35
14. Rendimiento en función de fecha de siembra por zafra de estudio.....	37
15. Método de siembra empleados según zafra .....	38
16. Método de siembra y distancia entre filas por zafra. ....	39
17. Población lograda en función del método de siembra. ....	39
18. Porcentaje de área de cultivos de verano antecesor de colza. ....	40
19. Cultivos de verano antecesores según zafra.....	41
20. Rendimiento de colza en función de soja como antecesor.....	42
21. Cultivo antecesor de invierno.....	43
22. Probabilidad acumulada del rendimiento según tipo de material. ....	44
23. Número de materiales por zafra .....	45
24. Superficie en función del tipo de material y zafra .....	46
25. Rendimiento en función del método de cosecha, según zafra .....	47
26. Cuerpos extraños en función del método de cosecha (2011, 2013 y 2014).....	48
27. Evolución de los costos de métodos de siembra .....	49
28. Costos de los distintos métodos de cosecha.....	50
29. Costos combinados de siembra y cosecha .....	51
30. Dosis aplicada y el costo de todos los nutrientes (N-P-K).....	52
31. Probabilidad acumulada de costo de nitrógeno.....	53
32. Probabilidad acumulada de costo de fósforo .....	54

33. Probabilidad acumulada de costo de potasio .....	55
34. Producto bruto, costos totales y sus respectivos márgenes por chacra .....	56
35. Porcentaje de márgenes positivos y negativos para las distintas zafras .....	56
36. Promedio ponderado del rendimiento de equilibrio para cada zafra.....	57
37. Árbol de resultado global Litoral Oeste para una iteración. ....	58
39. Análisis de beta regresión. ....	59
38. Probabilidad acumulada de margen bruto del Litoral Oeste.....	59
40. Correlación entre variables de entrada y la variable de salida. ....	60
41. Árbol de resultado global C-E-N-S para una iteración. ....	61
42. Probabilidad acumulada según margen bruto zona C-E-N-S. ....	62
43. Análisis beta regresión zona C-E-N-S .....	63
44. Correlación entre variables de entrada y la variable de salida zona C-E-N-S. ....	64

## 1. INTRODUCCIÓN

La colza es una oleaginosa de ciclo invernal, originaria de Asia, perteneciente a la familia de las Crucíferas y al género *Brassica*. El género *Brassica* fue uno de los primeros en ser domesticados, siendo el cuarto cultivo oleaginoso de importancia económica a nivel mundial.

Dicho cultivo comprende varias especies: *B. napus*, *B. juncea* y *B. rapa* (ex *Campestris*) y más recientemente *B. carinata*. *Brassica napus* es un cultivo anual, con altos niveles de ácido erúico y glucosinolatos los cuales son tóxicos para el consumo humano y genera rechazo por parte de los animales, por lo que mediante mejoramiento genético se generó la canola, sinónimo de "Canadian Oil Low Acid", la cual posee bajo contenido de ácido erúico y glucosinolatos (Martino y Ponce de León, 1999).

Las utilidades que posee la colza son diversas. Se destacan el uso como aceite para consumo humano, con excelente valor nutritivo por su composición de ácidos grasos. El expeller de colza es un sub-producto del prensado con muy buena calidad proteica. También puede utilizarse con el fin de producir biodiesel.

El rendimiento de aceite ronda el 46% del peso del grano, muy superior al rendimiento de aceite en soja (20%, Montero et al., 2010). El perfil de ácidos grasos determina que el mismo se destaque por su valor nutritivo y condición saludable para la dieta humana ya que de los aceites comestibles, el de canola presenta el menor contenido de ácidos grasos saturados. El consumo de aceite de canola causa reducciones de colesterol en sangre mayores que otros aceites, mayores que otros aceites. Los ácidos grasos poliinsaturados son esenciales para los humanos y no pueden ser sintetizados en el cuerpo, sino suministrados por la dieta.

Otra utilidad es como suplemento proteico para el ganado que deriva de un subproducto del aceite. Posee un buen balance de aminoácidos esenciales y niveles significativos de fósforo, calcio, magnesio y manganeso (Martino y Ponce de León, 1999). La rotación de cultivos en Uruguay tiene como principales componentes de invierno el trigo y la cebada. Actualmente, han ido disminuyendo en forma sustantiva los márgenes de los mismos, teniendo la necesidad de buscar alternativas tanto para la sostenibilidad como la rentabilidad del agroecosistema. El principal estímulo para incluir colza se debe a los precios atractivos que actualmente existen en el mercado y similares costos de producción a los cultivos invernales tradicionales.

Desde el punto de vista agronómico, el cultivo reúne una serie de características que la hacen una buena opción como cultivo de invierno. Entre ellas, cabe mencionar la flexibilidad en la fecha de siembra, no necesita adaptaciones tecnológicas de importancia (Martino y Ponce de León, 1999), posibilidad de seguir con el doble cultivo

anual debido al largo de su ciclo, rastrojos de fácil manejo, corta el ciclo de enfermedades de trigo y cebada, entre otras.

Los objetivos del trabajo son evaluar las prácticas agronómicas que maximizan los márgenes del cultivo de colza, evaluar el riesgo asociado y analizar toda la información recabada en la base de datos y así poder concluir qué variables afectan en mayor medida al rendimiento, y por lo tanto al resultado económico final.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. HISTORIA DEL CULTIVO EN URUGUAY

El cultivo de colza se introduce en Uruguay en la década del '90, se instala en la zona de Ombúes de Lavalle, en una superficie de 300 hectáreas, resultado del impulso proporcionado por la Central Cooperativa de Granos en conjunto con la Cooperativa Agropecuaria Limitada de Ombúes de Lavalle a partir del año 1991. A partir del año 2004, el área se expande debido al estímulo por parte de varias empresas que demostraron interés en su desarrollo. El área aumentó a unas 1.500 hectáreas y los rendimientos fueron en promedio  $1.100 \text{ kg ha}^{-1}$  (Mazzilli et al., 2014).

No obstante, el impulso más importante para el cultivo se da a partir del año 2010, cuando ALUR comienza a participar en el mercado por medio de contratos, el área de colza tiene un nuevo crecimiento. En la zafra 2013 se registraron 15.000 ha. con rendimientos promedio que oscilaron entre  $1000$  y  $1800 \text{ kg ha}^{-1}$  (Mazzilli et al., 2014) y en la zafra 2016 se sembraron 26.000 ha. del cultivo (MGAP. DIEA, 2016).

### 2.2. ADAPTACIÓN AGROCLIMÁTICA

Los procesos que regulan la tasa de desarrollo del cultivo, permiten predecir el comportamiento agronómico y el rendimiento en un área de régimen climático conocido. Los principales factores del ambiente que modifican el desarrollo son: temperatura, fotoperíodo y vernalización (Schwab, 2010).

La temperatura es uno de los factores abióticos que más limita la productividad. Altas temperaturas aceleran el desarrollo de la planta, reducen el período de crecimiento y el potencial de rendimiento (Mendham, 1995). El rango óptimo de temperatura para obtener el máximo rendimiento es entre  $20^{\circ}\text{C}$  y  $30^{\circ}\text{C}$ , temperaturas superiores inhiben el crecimiento de la colza y disminuyen la calidad de su semilla (Ortegón et al., 2006).

En cuanto al fotoperíodo, la colza tiene respuesta cuantitativa de día largo, respondiendo positivamente al largo de día entre 12 y 16 horas. La floración se acelera a medida que el cultivo es expuesto a días más largos (Schwab, 2010). Éste marca la duración del período entre emergencia e iniciación floral.

Por último, la vernalización es la necesidad de temperaturas bajas para desencadenar los procesos de desarrollo (Takahashi y Yasuda, citados por Cordes, 2017). Es característico de los materiales invernales, aunque según Murphy y Scarth (1991) se han observado ciertos requerimientos de vernalización en cultivares primaverales.

### 2.3. DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO

Los componentes numéricos del rendimiento en colza son el producto de la cantidad de silicuas por unidad de superficie, cantidad de semillas por silicua y el peso individual de las semillas (Martino y Ponce de León, 1999).

Los requerimientos hídricos de la colza varían según la etapa fenológica del cultivo (Richards et al., citados por Murphy et al., 1989). Deficiencias de agua en estados tempranos de crecimiento vegetativo reducen la expansión foliar y el crecimiento radical (Martino y Ponce de León, 1999). El período más sensible a la sequía comprende desde el inicio de floración hasta la madurez del cultivo (Champolivier 1996, Martino y Ponce de León 1999). Sin embargo, es difícil que un período de estrés provoque grandes mermas en el rendimiento ya que el período de floración es relativamente largo y posee buena capacidad de compensación de los distintos componentes del rendimiento (Martino y Ponce de León, 1999).

El período crítico es donde se dan las máximas pérdidas de rendimiento ante condiciones ambientales limitantes. En colza se da en torno a la aparición de los primeros brotes florales y se prolonga hasta la cosecha, en su totalidad el período dura aproximadamente 30 días (CETIOM 1976, Sierra 1993, Takashima 2013). Champolivier y Merrien (1996) afirman que el período crítico para la determinación del rendimiento de colza ocurre desde el inicio de la floración hasta el final del período de fijación de granos. La generación del rendimiento está asociada con las condiciones ambientales durante el período crítico, independientemente del largo del ciclo (Takashima, 2013).

Otro aspecto importante es que los rendimientos pueden verse afectados por las heladas. Los momentos en que puede ocurrir daños por heladas son al inicio del ciclo, durante la floración y llenado de grano (Robertson et al., 2002). En consecuencia, la ubicación del período crítico para la determinación del número de granos del cultivo de colza (la floración) queda acotada, por un lado, por la ocurrencia de las últimas heladas y por otro, por las elevadas temperaturas del final de la primavera, que afectan la fertilidad floral y la duración de la etapa de fijación de granos. La severidad del daño que produce una helada depende del estado de madurez del cultivo, y generalmente es mayor a medida que aumenta el contenido de humedad en la semilla (Coll, 2013).

### 2.4. FECHA DE SIEMBRA

La elección de la época de siembra del cultivo contempla la maximización del rendimiento, así como la calidad del grano y el riesgo a heladas, tanto para épocas tempranas como tardías. En los trabajos de Martino y Ponce De León (1999) en las condiciones locales, destacan como fecha óptima de siembra los meses de mayo y junio, con caídas notorias en el rendimiento con siembras posteriores. La temperatura base de la colza primaveral se sitúa en los 6°C (Murphy, 1989) sin embargo, CETIOM (1974)

constató que, para una mejor emergencia y enraizamiento, sería más conveniente sembrar con temperatura del suelo entre 8 y 10°C. La germinación es excesivamente lenta con temperaturas del suelo menores a 8°C (Martino y Ponce de León, 1999).

En los ensayos realizados por Coll (2012) en INTA EEA Paraná, se constata que en el período 2008-2010, en fechas de siembra posteriores a la segunda quincena de mayo, los cultivares de ciclo más largo reducen los rendimientos. Es probable que altas temperaturas reduzcan la duración de la etapa crítica para la determinación del rendimiento (fijación de granos), afectando también el peso de los granos.

En un trabajo donde se comparan los índices agroclimáticos de 57 localidades mundiales (Brasil, España, Canadá, Suecia, Francia, Australia y Chile) muestran que el cultivo se siembra entre los 9,4 y 13,8°C, por lo que consideraron apropiada una temperatura de 10°C para inicio del ciclo (Murphy, 1989).

Los estudios realizados en la estación experimental Dr. M. A. Cassinoni (EEMAC) durante el período 2014-2016 afirman que existe un amplio rango de fechas donde el rendimiento no se ve afectado. Dicho rango abarca siembras a partir de fines de abril hasta fines de junio (Mazzilli et al., 2017).

Los materiales primaverales de ciclo intermedio y corto no deberían sembrarse muy temprano (marzo o abril) ya que pueden llegar en la etapa reproductiva en un período donde las condiciones de temperatura no sean favorables (Iriarte, 2014).

Iriarte (2014) afirma que el rendimiento de materiales de ciclo corto se va incrementando a medida que se atrasa la fecha de siembra, en detrimento del peso de granos que acusa valores más altos en fechas tempranas. También, un atraso en la fecha de siembra implica una tendencia a reducirse el porcentaje de aceite del grano (Larrosa 2009, Coll 2012).

Por último, las siembras realizadas en pleno invierno se ven afectadas principalmente por las bajas temperaturas y la falta de humedad, lo que constituye un alto riesgo para la implantación (Iriarte, 2014).

## 2.5. SISTEMA DE LABOREO Y CULTIVO ANTECESOR

La densidad y geometría de siembra debe permitir establecer una población de plantas capaz de interceptar la mayor parte de la radiación incidente durante los períodos críticos (Dosio y Aguirrezabal, 2004). Por su parte Tesouro et al. (2009), afirman que el proceso de siembra es de vital importancia ya que en esa operación se determina el arreglo espacial y la densidad de plantas del cultivo.

La colza es altamente sensible en la fase de implantación, donde la preparación de la cama de siembra y el manejo del rastrojo son claves para la misma; sistemas de siembra directa, con gran cantidad de rastrojo generan problemas en la implantación (Mazzilli et al., 2014). En este sentido Martino y Ponce de León (1999), sugieren que la cama de siembra y el mecanismo y profundidad de ubicación de la semilla son aspectos relevantes dado el pequeño tamaño de la misma (3 a 4 gramos el peso de mil granos, 2 mm de diámetro). Asimismo, afirman que la clave en el proceso de germinación e implantación es lograr un buen contacto semilla-suelo.

Por otro lado, Aguirre et al. (2010), comprobaron que sin rastrojo en superficie la implantación fue un 40% mayor al compararlo con rastrojo. También encontraron diferencias en la uniformidad de la distribución de las plantas, a favor de siembra sin rastrojo. Se debe considerar que el experimento se realizó en condiciones donde no se registraron heladas, ya que dificultaría el desarrollo en las primeras etapas del cultivo.

El rendimiento del cultivo antecesor, su rastrojo remanente y el momento en que se desocupa el lote, inciden directamente sobre el éxito de la implantación (Cencig y Villar, 2011). Estos autores evalúan el efecto de soja y maíz como cultivos antecesores, concluyendo que cuando el antecesor fue maíz las poblaciones de plantas logradas fueron significativamente más bajas que cuando fue soja. En este mismo sentido, Mazzilli et al. (2014) aseguran que la soja se presenta como buena alternativa ya que la cantidad de rastrojo acumulada no sería limitante para la implantación. Sin embargo, Cencig y Villar (2011), aseguran que las variables altura y rendimiento no mostraron interacción entre antecesor y densidad.

## 2.6. TIPO DE MATERIALES

Los cultivares pueden ser híbridos o variedades. Un material híbrido es el resultado del cruzamiento de dos variedades genotípicamente distintas, mientras que una variedad es un genotipo que produjo semilla, se cosechó y esa misma semilla cosechada se utiliza en la siguiente zafra. La ventaja de los materiales híbridos es que se explota el vigor híbrido, aunque su precio es mayor. Según Mazzilli et al. (2017), los materiales híbridos poseen mayor velocidad de emergencia y uniformidad a la cosecha.

A su vez, según su respuesta a la vernalización, el cultivar puede ser de tipo primaveral o invernal. Los cultivares invernales que necesitan acumular horas de frío para poder florecer y los primaverales que no lo necesitan. En Uruguay, en general se siembran cultivares primaverales en el invierno, ya que los cultivares de tipo invernal pueden no satisfacer sus requerimientos de frío (Martino y Ponce de León, 1999).

## 2.7. ARREGLO ESPACIAL

La siembra es un proceso clave en todo cultivo, ya que mediante el arreglo espacial y densidad de semillas en el proceso se asignan los recursos a cada planta, determinando así los recursos disponibles para el cultivo. Un adecuado arreglo espacial debería disminuir efectos represivos de factores bióticos y abióticos sobre el cultivo.

Los resultados presentados por Mazzilli et al. (2014) afirman que sin importar el ciclo no existe asociación entre población lograda y rendimiento en grano en un rango de poblaciones de 20 a 70 pl m<sup>-2</sup>, aunque se observa una tendencia a que disminuyan a partir de esa población. Según Martino y Ponce de León (1999) a bajas poblaciones la producción se ve afectada en forma importante por la sub utilización de los recursos radiación, agua y nutrientes disponibles.

Trabajos posteriores, indican que, para el conjunto de ensayos realizados bajo distribuciones uniformes en la fila existió nula respuesta a la población. Para el rango de poblaciones entre 20 y 110 pl m<sup>-2</sup> no se detectó ninguna tendencia en rendimiento, lo que indica que con plantas uniformemente distribuidas no existe efecto de la población sobre el rendimiento en grano (Mazzilli et al., 2017).

Los patrones de distribución juegan un rol fundamental en variados eventos ecológicos, como lo son: estabilidad de la comunidad, competencia interespecífica, mantenimiento de la biodiversidad y la productividad (Perry et al., 2002). En este sentido, la uniformidad del cultivo impulsa a la explotación óptima de los recursos del ambiente, evitando una excesiva competencia entre algunos individuos muy próximos y la generación de espacios sin plantas en los que los recursos no son aprovechados (López Pereira et al., citados por Tesouro et al., 2009). La condición ideal bajo la cual el rendimiento es maximizado es aquella donde todas las plantas rinden lo mismo debido a la falta de interferencia entre ellas, con un reparto equitativo de los recursos disponibles (Hühn, 2003).

Menegassi et al. (2011) aseguran que la modificación en el arreglo de plantas entre hilera o entre plantas en la fila puede ser alternativa para alcanzar mayor productividad en canola. En tal sentido estudios realizados en Canadá (Yang et al., 2014) demuestran que cultivos de canola con implantaciones uniformes resultaron en mayores rendimientos. Bajo la misma densidad de plantas, cultivos que se establecieron uniformemente tuvieron mayores rendimientos en grano en comparación a implantaciones carentes de uniformidad. Sin embargo, los efectos de la uniformidad sobre el rendimiento son mayores en condiciones de sitios categorizados de bajo potencial de rendimiento.

Este aumento de rendimiento en grano no solo se explica por una mayor eficiencia en la utilización de los recursos disponibles, sino que también puede deberse a

una mayor competitividad por parte del cultivo frente a las malezas y una reducción en los daños causados por insectos plagas e incidencia de enfermedades.

En cuanto a la distancia entre hileras apropiadas para un correcto arreglo espacial del cultivo, ensayos realizados en Argentina por INTA, muestran los mejores resultados con surcos distanciados entre 15 a 30 cm. Con esta distancia se logra una buena distribución de la semilla. El cultivo se desarrolla favorablemente y cubre perfectamente, ahogando a las malezas que puedan nacer (Iriarte, 2014).

En concordancia, Martino y Ponce de León (1999), afirman que dicha distancia entre surcos es la más conveniente, existen evidencias que con mayores distancias entre surco aumenta la susceptibilidad de las plantas al vuelco, reducen la capacidad competitiva del cultivo con las malezas y logran menores rendimientos.

En estudios realizados en la EEMAC por Mazzilli et al. (2017), se analizó el efecto distancia entre filas que contempló el tratamiento 17-19 cm y 34-38 cm con un rango de poblaciones de siembra entre 30 y 90 pl m<sup>-2</sup>, para un material primaveral y otro invernal. Los resultados indican que bajo distribuciones uniformes en la fila existió una nula respuesta a la población. Por su parte la menor distancia entre filas determina mejoras en los rendimientos de alrededor del 50% para todos los cultivares y en un amplio rango de rendimientos alcanzados.

## 2.8. FERTILIZACIÓN

La colza es una especie con elevados requerimientos nutricionales de nitrógeno, azufre y fósforo, elementos de singular importancia para asegurar altos rendimientos (Melchiori et al., 2017). Nitrógeno y potasio son los nutrientes más requeridos por unidad de grano producido, seguidos por fósforo y azufre. En este sentido, el cultivo absorbe 60 kg de nitrógeno por Mg<sup>-1</sup> de grano y 65 kg de potasio por Mg<sup>-1</sup> de grano y 15 y 12 kg de fósforo y azufre respectivamente por Mg<sup>-1</sup> de grano (Ciampitti y García, 2009).

### 2.8.1. Nitrógeno

El nitrógeno es un componente integral de aminoácidos, proteínas, nucleótidos, clorofila, cromosomas, genes y un constituyente de todas las enzimas. Dichas necesidades de nitrógeno en la planta explican el importante rol que cumple para el crecimiento. El cultivo de colza es exigente en nitrógeno y responde adecuadamente a la aplicación de este nutriente. Es necesario asegurar buena provisión de nitrógeno durante todo el ciclo para obtener aumentos en el rendimiento. Los valores más frecuentes de requerimiento de N por parte del cultivo se hallan entre 54 y 60 kg N Mg<sup>-1</sup> (Rubio et al., 2007).

La fertilización nitrogenada mejora el índice de área foliar, el peso total de la planta, el número de frutos y el número de semillas por fruto, entre otros efectos (Allen et al., 1972). La respuesta en el rendimiento está asociada a un aumento en el número de silicuas  $m^{-2}$  y granos  $m^{-2}$ , confirmando la sensibilidad de estos componentes a la fertilización nitrogenada (Sarandón et al., 1993), sin afectar de forma importante el peso individual de la semilla (Martino y Ponce de León, 1999).

Para lograr una producción sostenible se requiere un eficiente suministro de este nutriente, lo que está relacionado no sólo con la dosis de fertilizante aplicado, sino con el momento en que está disponible para el cultivo (Sarandón et al., 1993). La aplicación fraccionada de la dosis de fertilizante nitrogenado, parte en la siembra y parte en estado de fin de roseta y/o inicio de floración, podría ser una alternativa para mejorar el rendimiento y la eficiencia de uso del nitrógeno del cultivo de colza (Tayo et al., citados por Tamagno et al., 1999).

El máximo requerimiento de N en colza se produce cuando se alcanza el 50% de floración, por lo cual se recomienda aplicar este nutriente en estados vegetativos tempranos (roseta de 4 a 6 hojas), para sincronizar la oferta del nutriente con la demanda del cultivo (Iriarte, 2002). Tamagno et al. (1999) afirman que los resultados obtenidos sugieren la existencia de un fuerte componente ambiental en la respuesta a la fertilización fraccionada en colza, principalmente dependiente de las condiciones hídricas del año. El comportamiento del cultivo indicaría un mejor aprovechamiento del fertilizante cuando se aplican dosis en forma fraccionada.

Deficiencias en nitrógeno no solo limitan el rendimiento, sino también el contenido de proteína de la semilla (Orlovius, 2003). En contraposición, dosis excesivas de este nutriente pueden producir vuelco, y/o atrasar la maduración (Martino y Ponce de León, 1999), mayor susceptibilidad a enfermedades, disminuir el porcentaje de aceite, así como efectos nocivos para el medio ambiente (Ciampitti y García, 2009).

### 2.8.2. Azufre

La colza presenta requerimientos mayores de azufre en comparación a los de trigo y cebada, debido al alto contenido de proteína y la mayor proporción de cisteína y metionina (Grant y Bailey, 1993). La deficiencia del nutriente se evidencia en general en la etapa de elongación y floración, por ser los momentos de mayor demanda de este nutriente. Es un elemento poco móvil dentro de la planta, en condiciones de poco azufre en planta tendrá las hojas más jóvenes amarillentas debido a dicha insuficiencia. En la medida que la deficiencia aumenta, los síntomas progresan a hojas inferiores y luego las hojas se desarrollan pequeñas y con colores púrpuras (Martino y Ponce de León, 1999).

Generalmente la respuesta a este nutriente se ha dado en especial en zonas con prolongada historia de uso agrícola, falta de rotaciones adecuadas, suelos livianos y/o

fertilizaciones desbalanceadas entre otros factores (Franzen y Grant, citados por Melchiori et al., 2014). Maynard et al. (1983), sostienen que el análisis en planta es la metodología de diagnóstico adecuada, ya que diferentes factores hacen que sea difícil llevar a cabo un análisis de suelo que realmente cuantifique el potencial de azufre disponible. En este sentido, Grant y Bailey (1993), mencionan que cuando el contenido en planta es menor a 0,2% es considerado bajo, entre 0,2 y 0,25% marginal, y excesivo cuando supera el 1%, determinando así criterios para la fertilización.

Estudios realizados por Melchiori et al. (2010) en la provincia de Entre Ríos, afirman que es factible proponer la fertilización con niveles de azufre de 15-20 kg S ha<sup>-1</sup>, dosis que cubrirían los requerimientos de este nutriente.

### 2.8.3. Interacción entre nitrógeno y azufre

Los requerimientos de nitrógeno y azufre están relacionados ya que ambos nutrientes forman parte de la síntesis de proteínas (Grant y Bailey, 1993). En este sentido, para la obtención de elevados rendimientos, es necesaria la complementación del nitrógeno con una adecuada nutrición de azufre (Ferreira y Ernst, 2014).

Para una situación dada y en cualquier momento del periodo de crecimiento del cultivo, es posible determinar un Índice de Nutrición Nitrogenada (INN) y un Índice de Nutrición Azufrada (INS), como la relación entre la concentración actual del nutriente y la concentración crítica del mismo, correspondiente a la masa real del cultivo. Los valores de INN e INS próximos a 1, indican que, en la fecha de determinación del porcentaje de nutriente actual, el cultivo está en situación de suministro no limitante. Valores mayores a 1, indican un consumo de lujo y valores inferiores, deficiencia del nutriente (Lemaire et al., citados por Ferreira y Ernst, 2014).

En experimentos realizados por Ferreira y Ernst (2014), en la EEMAC, ajustaron las curvas de dilución de N total y S total y estudiaron su relación con el estado nutricional en C1 (roseta) y el rendimiento en grano y aceite. Los índices de estado nutricional (INN e INS) necesarios para obtener el 90% de rendimiento máximo en C1, fue de 1,04 y 0,88 para INN e INS respectivamente. En cuanto al aceite, no se encontró un valor crítico para lograr la máxima concentración de aceite en grano para ninguno de los índices por sí solos. Sin embargo, la relación entre estos dos nutrientes (N:S) en C1 se relacionó con la concentración de aceite en grano.

Así mismo, la deficiencia de S puede determinar ausencia de respuesta a fertilizaciones nitrogenadas, e inclusive respuestas negativas. Las deficiencias de N generalmente ocurren en las mismas circunstancias que las de S. Es por ello que puede ocurrir que la respuesta al agregado de N se vea limitada por deficiencias de S (Martino y Ponce de León, 1999).

## 2.9. MÉTODO DE COSECHA

La cosecha del cultivo es otro momento clave a la hora de evitar pérdidas de producción, es en esta instancia en la que pueden ocurrir las mayores mermas en rendimiento. Para poder ser eficientes en la cosecha de colza se deben tener en cuenta factores referidos al cultivo, del lote a cosechar y a las condiciones ambientales, definiendo así el momento y método de cosecha (Iriarte y Valetti, 2013).

La cosecha se realiza a mediados de noviembre, la floración y fructificación de la colza ocurre en un período de 20 a 30 días, lo que determina una maduración desuniforme, que avanza en sentido acrópeto, comienza desde abajo en el tallo principal y va progresando hacia arriba y hacia las ramas laterales, por lo que la selección del momento de cosecha es clave (Augsburger, 1991).

Adicionalmente, la colza posee crecimiento indeterminado y las silicuas que contienen los granos presentan la característica de ser muy fácilmente dehiscentes a medida que se van secando lo que provoca dudas en la definición del momento más oportuno para realizar la cosecha del cultivo, así como del sistema más apropiado (Villar, 2008).

Con una cosecha temprana se tendrá un alto porcentaje de semillas inmaduras, alto contenido en clorofila y mayores costos de secado. Si se atrasa demasiado, esperando una mayor maduración de las silicuas superiores, van a aumentar las pérdidas de semillas (Augsburger, 1991). Dadas estas características del cultivo existen dos alternativas: la cosecha directa y la cosecha con hilerado previo.

### 2.9.1. Cosecha directa

Para realizar cosecha directa, el 90% de las plantas se encontrarán en madurez total, con un porcentaje de humedad en grano no menor al 16%, se debe tener en cuenta que la humedad de recibo es del 8,5% por lo que se deberá acondicionar el grano cosechado. El color de las silicuas será pardo claro y el grano, negro intenso (Iriarte y Valetti, 2013).

Con respecto al sistema de trilla, Iriarte y Valetti (2013) describen que, el cabezal corta y recoge y el acarreador entrega los tallos entre el cilindro y el cóncavo. Al girar el cilindro, el material hace contacto con el cilindro de rotación rápida. Este impacto sacude las silicuas produciendo la trilla. Por fricción se realiza una trilla adicional, que se produce cuando el material pasa a través del espacio entre el cilindro y el cóncavo. Para lograr una trilla eficiente se debe regular correctamente la velocidad del cilindro y su separación con el cóncavo. Velocidad: entre 400 y 600 rpm. Para la limpieza, se recomienda el uso de zarandas y zarandones de agujeros redondos de 3 a 4,5 mm de diámetro.

Este método es el más aconsejable dentro de una situación normal, ya que se obtiene una mejor calidad de producto a menor costo. Las cosechadoras en forma estándar pueden cosechar la colza directamente, aunque se producen ciertas mermas de rendimiento por desgrane (Augsburger, 1991).

En la práctica es recomendable la utilización de desecantes cuando se aplica este método. Iriarte y Valetti (2013) afirman que el fin de su utilización es poder homogenizar el estado del cultivo para poder hacer la cosecha directa sin inconvenientes. Los desecantes son productos de contacto que actúan rápidamente desecando el cultivo y malezas. Se deben aplicar cuando el cultivo presenta el 80 – 90 % de las semillas de toda la planta cambiando de color de verde a marrón. Aplicaciones más tempranas pueden resultar en menos rendimiento y calidad de grano especialmente por la presencia de grano verde. Aproximadamente, 5 a 7 días luego de la aplicación del desecante y en función de las condiciones climáticas puede cosecharse (Iriarte y Valetti, 2013).

#### 2.9.2. Hilerado y cosecha

Para realizar el corte e hilerado previo es necesario ubicar el momento de madurez fisiológica del cultivo. En términos generales Iriarte y Valetti (2013) definen el momento de madurez fisiológica en base a la humedad del grano; valores de aproximadamente 30 % estarían indicando esta etapa, coincidiendo con la estabilidad de los principales componentes del rendimiento, fundamentalmente peso de grano y contenido de aceite y constituyéndose como el momento adecuado para practicar el corte. También aseguran que un adelanto en esta operación podría ocasionar mermas en la producción, tanto de grano como aceite, mientras que el atraso puede provocar grandes pérdidas por desgrane.

Para identificar el momento en el cual se debe realizar el hilerado, el tallo principal se divide en tres partes, en el tercio inferior las semillas tendrán un color marrón pardo a oscuro (son las semillas que han madurado primero) y presentarán un contenido de humedad de 20 a 30 %. En el tercio medio el 90 % de las semillas será de color verde el resto puede empezar a colorearse y tener un color marrón claro. Estas semillas presentan entre 30 y 40 % de humedad. En el tercio superior la mayoría de las semillas serán de color verde y se presentarán firmes al hacerlas rodar entre los dedos. Estas semillas tendrán un contenido de humedad de entre un 40 a 45 %.

Una vez definido y realizado el corte la hilera está lista para ser trillada cuando el contenido de humedad del grano es 8,5%. Transcurren entre 5 y 7 días de acuerdo a las condiciones climáticas después del hilerado. La recolección de la andana debe realizarse en el mismo sentido en que ha sido hilerada, para que entren primero las silicuas y evitar el desgrane (Iriarte y Valetti, 2013).

En estudios realizados por Alves (2000) y publicados por el Instituto Plan Agropecuario, el autor recomienda la cosecha hilerada ya que presenta mejores resultados y menos riesgos de pérdidas. Las ventajas del hilerado son: adelanto en la cosecha, empareja la madurez, reduce el riesgo de desgrane, permite mejorar la cosecha, entre otros. Por su parte Villar (2008) confirma que el corte-hilerado y posterior trilla permitió anticipar la recolección en 7 y 15 días con respecto a la cosecha directa, según el contenido de humedad del grano.

## 2.10. ANÁLISIS ECONÓMICO

### 2.10.1. Indicadores de resultado parcial

El margen bruto mide los beneficios que una empresa puede obtener de sus ingresos. Es la diferencia entre el producto bruto y los costos directos o variables. El producto bruto es la producción final valorizada, producida en un período dado, con los recursos de la empresa, independientemente si la producción fue vendida o no y de si fue cobrada o no (Álvarez et al., 2011).

A la hora de evaluar los márgenes se deben analizar los costos directos de cada actividad. Se entiende por costo directo al costo que originará la decisión bajo estudio (Rivera, 2002). En este sentido, Álvarez et al. (2011) definen los costos directos como aquellos que la empresa incurre debido a la explotación de un rubro o de una actividad vinculada directamente al producto que se quiere obtener.

### 2.10.2. Análisis de riesgo

En la literatura se pueden encontrar conceptos diferentes referidos al riesgo, como la probabilidad de pérdidas, variación en el retorno o la dimensión de la máxima pérdida posible (Barry, 1984). Knight (1964) define como situación riesgosa a aquella que tiene más de un resultado posible y cuya probabilidad se conoce. Así mismo Hardaker (1999) puntualiza el riesgo como consecuencias inciertas exponiéndose a consecuencias desfavorables.

### 2.10.3. Fuentes de Riesgo

Hay 5 fuentes principales de riesgo, las cuales son: riesgo de producción, riesgo de mercados o precios, riesgo tecnológico, riesgo legal y fuentes humanas de riesgo (Álvarez et al., 2011).

El riesgo de producción es la variabilidad aleatoria inherente de un proceso de producción agropecuario, es decir clima, enfermedades, infecciones, etc. Éstos provocan

este tipo de riesgo, el cual se asocia con variantes en el rendimiento del cultivo producido.

El riesgo de mercados o precios, puede inferir en insumos comprados o productos vendibles. Si los precios de los insumos varían considerablemente en el corto plazo, puede provocar pérdidas significativas y escasez en el flujo de caja. En el largo plazo afecta las decisiones de los productores, por ejemplo, inversiones de bienes durables. La inflación y la tasa de interés afectan considerablemente este tipo de riesgo, así como la variabilidad en el precio de los productos producidos.

El término riesgo tecnológico radica en inversiones tecnológicas actuales que en el futuro pueden estar sujetas al cambio, es decir volverse obsoletas.

Los riesgos legales hacen referencia a políticas gubernamentales, como políticas impositivas comerciales, crediticias y ambientales y las fuentes humanas de riesgo se refieren a los individuos que trabajan en determinado establecimiento y sus acciones.

Todos los tipos de riesgo mencionados anteriormente actúan en el corto y largo plazo. Su impacto mide la performance del flujo de caja. En cuanto al riesgo financiero, se relaciona fuertemente con el riesgo de liquidez, es decir, ser incapaz de cumplir con los compromisos de corto plazo del negocio con el dinero generado por la actividad.

#### 2.10.4. Herramientas de cálculo

Con el objetivo de realizar un análisis de riesgo, se toma como referencia el trabajo aportado por Miguez (2013) en el que se utilizaron dos herramientas informáticas que incorporan el análisis probabilístico de escenarios a través de la simulación Montecarlo. La primera es una aplicación disponible en internet mientras que la segunda ha sido desarrollada en Excel y Visual Basic for Applications (VBA) para la Oficina de Riesgo Agropecuario del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina en la que se utiliza el software Simulación 4.0 de uso libre y autorizado por el autor.

Montecarlo es una técnica cuantitativa que hace uso de la estadística para imitar mediante modelos matemáticos, el comportamiento aleatorio de sistemas reales no dinámicos. La simulación combina conceptos estadísticos (muestreo aleatorio) con la capacidad que tienen las computadoras para generar números pseudo-aleatorios y automatizar cálculos.

La clave consiste en crear un modelo matemático como proceso o actividad que se quiere analizar, identificando aquellas variables cuyo comportamiento aleatorio determina el comportamiento global del sistema (Faulin y Juan, 2005).

La primera herramienta permite obtener fácilmente los márgenes netos esperados y las tasas de ganancia. A partir de ello, se muestra el resultado probabilístico, el histograma para la variable de resultado (incluyendo la función de probabilidad acumulada) y un sistema de semáforo interactivo que permite estimar los niveles de riesgo al elegir un nivel crítico de resultado (medido en U\$S ha<sup>-1</sup>).

La segunda herramienta utilizada fue el software Simulación 4.0, incorporando en las variables de precio de venta y cantidad física obtenida, el comportamiento probabilístico.

La utilización de herramientas de estimación de riesgo permite reevaluar las alternativas de producción a lo largo del proceso productivo incorporando nueva información que refleje modificaciones tanto en la estructura de costos como en las expectativas en las variables aleatorias consideradas en los esquemas de rentabilidad de las actividades productivas, constituyéndose en un instrumento dinámico y de gran utilidad (Miguez, 2013).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. BASE DE DATOS DISPONIBLE

El presente trabajo parte de una base de datos recopilada por la empresa ALUR (Alcoholes del Uruguay S.A) de la totalidad de productores que siembran el cultivo bajo sus planes comerciales de las zafras 2011/2012 a 2015/2016. En todos los casos se obtuvieron datos de seis zonas diferentes del país (Centro, Este, Sur, Litoral, Norte y Oeste). La base de datos cuenta con un total de 1050 chacras, de las cuales se analizaron 890 para estudiar la respuesta en el rendimiento ya que para el año 2012 no se cuenta con la información de rendimiento por unidad de manejo.

Las variables agronómicas utilizadas para el análisis de la base son: rendimiento, fecha de siembra, método de siembra, antecesor de invierno y de verano, cultivares utilizados, arreglo espacial, fertilización y tipo de cosecha.

La base de datos está dividida en zonas siguiendo el siguiente criterio; la zona Este abarca los departamentos de Maldonado, Rocha, Lavalleja, Treinta y Tres y Cerro Largo; el Centro los departamentos Durazno, Florida y Flores; el Oeste: Soriano, Colonia y San José; el Litoral: Rio Negro y Paysandú; el Sur: Montevideo y Canelones y por último la zona Norte, los departamentos Artigas, Salto, Rivera y Tacuarembó (Figura 1).

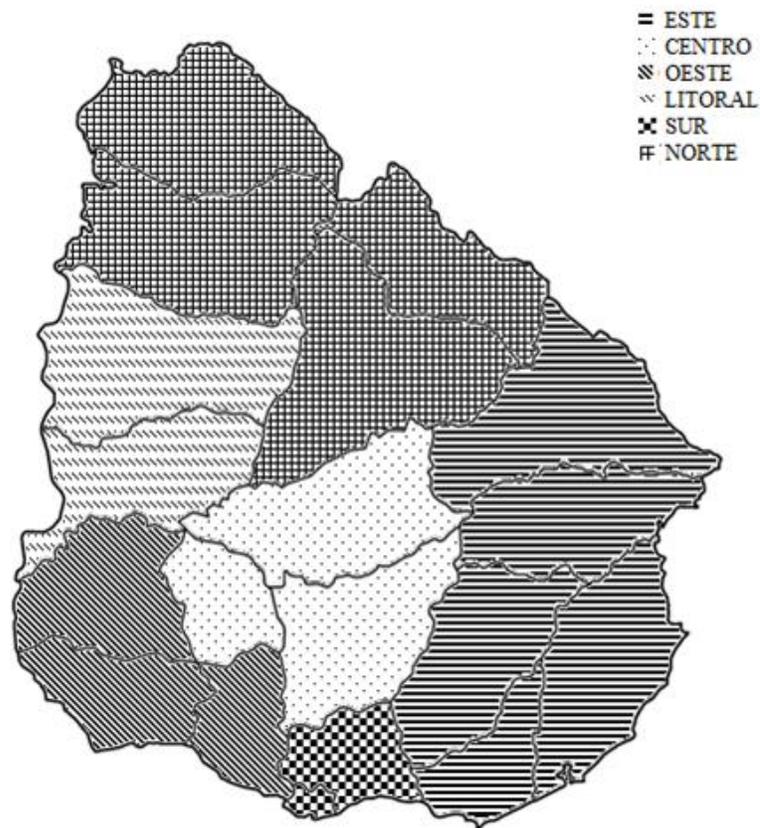


Figura No. 1. Distribución zonal.

El área ocupada por el cultivo en los distintos años de evaluación fue variable. A partir del 2011 la tendencia de superficie sembrada fue en aumento debido a distintos impulsos generados por parte de ALUR con el fin de la promoción del mismo en el país. En el año 2015 aumentó considerablemente la superficie sembrada, lo cual puede ser consecuencia de que la zafra anterior (2014) fue considerada como un año malo para cultivos de invierno en general debido a la existencia permanente de precipitaciones que impactó negativamente en los cultivos tradicionales, trigo y cebada. Esto puede haber incidido en que se realizara más área de colza en la siguiente zafra (Figura 2).

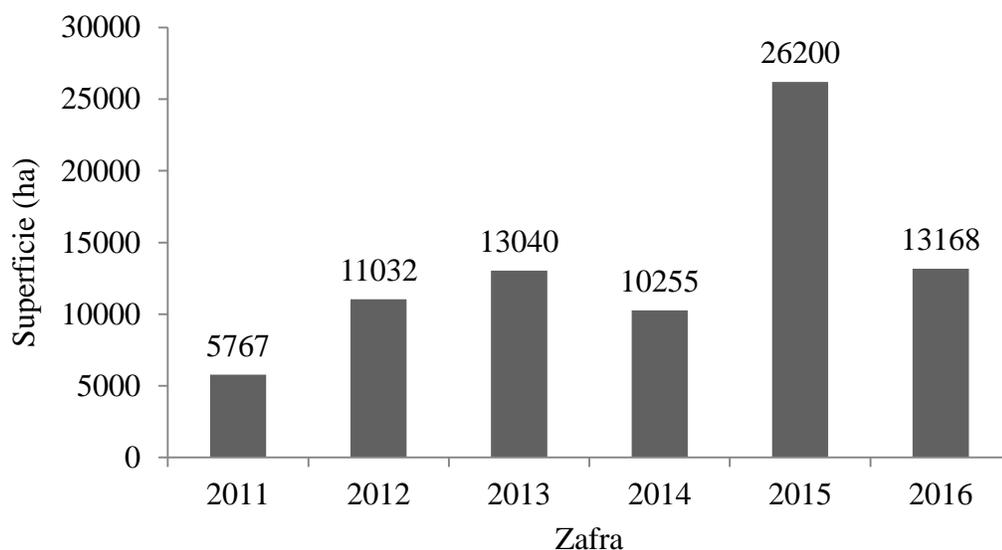


Figura No. 2. Evolución del área de colza sembrada bajo los contratos de producción de ALUR.

Durante el período analizado si bien las áreas tendieron a crecer, existieron cambios en los porcentajes del área que se ubican en cada zona del país. Disminuye proporcionalmente el área cultivada en la zona Litoral durante el período analizado y a su vez hay un marcado aumento del área en la zona Oeste. En cuanto a la zona Norte, en el año 2011 y 2016 no se registraron chacras cultivadas mientras que en el año 2014 el área aumentó marcadamente y en menor medida en el año 2015. En la zafra 2016, el 77% del área se ubica en las zonas Litoral y Oeste, el 20% en el Centro y sólo un 2,6% en las zonas Sur y Este (Figura 3).

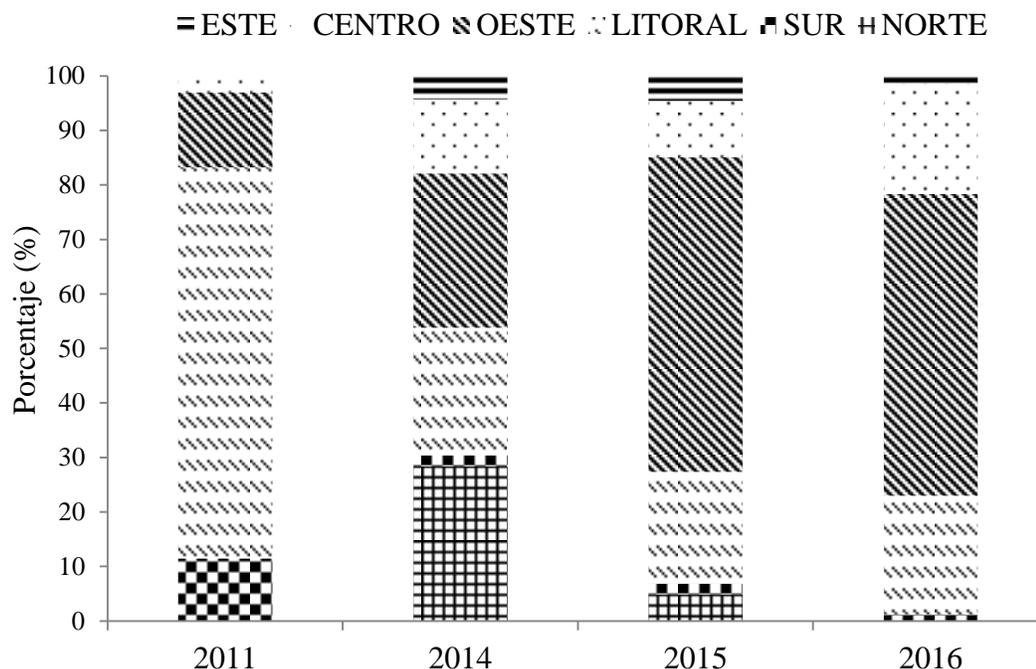


Figura No. 3. Porcentaje de chacras según zonas.

### 3.2. PRODUCTO BRUTO

Para el cálculo del producto bruto, se realizó un producto bruto intermedio, que es el resultado de del precio por los kilogramos producidos, multiplicando el precio de cada zafra en estudio por el rendimiento en kilogramos. Una vez obtenido dicho producto bruto intermedio fue necesario corregir el aceite, la humedad y los cuerpos extraños en función a lo pautado en el contrato comercial de ALUR (Anexo 1), para así obtener el producto bruto final.

Cabe destacar que sólo se recabaron datos de contenido de aceite para los años 2011, 2013 y 2014, para el resto de las zafras se asumió un valor de 43%. Para el descuento por cuerpos extraños, donde se descuenta un punto porcentual de kilos de rendimiento por cada uno % de cuerpos extraños se utilizaron los datos de las zafras 2011, 2013 y 2014. En cuanto a humedad y cuerpos extraños, para los datos faltantes, se utilizó el promedio ponderado de todos los años de cada variable.

Cada chacra cuenta con la información de los kilogramos de semilla que se utilizan a siembra. Para las chacras que no reportaban datos, se utilizaron los  $\text{kg ha}^{-1}$  de semilla promedio por año. Como se mostrará más adelante la variedad más representada en la base de datos fue "Rivette", por este motivo cuando no había dato de variedad, se optó por asumir dicha variedad.

En referencia a la variable distancia entre hileras se asume 19 cm cuando no se reporta el dato, ya que la mayor área de las chacras está sembrada a esa distancia. Se asumió que el fertilizante nitrogenado utilizado fue Urea azufrada para todas las chacras y años en evaluación. A cosecha de no existir dato de adherente cuando es cosecha directa, se asumió que no se realizó dicha aplicación.

### 3.3. COSTOS

A la hora de poder calcular el margen bruto por hectárea logrado en cada chacra en los distintos años en estudio fue necesario determinar costos de producción. Los costos de producción estudiados fueron agrupados en: costos de maquinaria, insumos y flete.

#### 3.3.1. Costos de maquinaria

Los costos de maquinaria incluyen los costos de los métodos de siembra, cosecha y del combustible asociado a cada labor.

Para el correcto análisis de la base de datos, desde el punto de vista de márgenes se debieron asumir ciertas premisas. Los métodos de siembra que se utilizaron fueron chorrillo, precisión o voleo. De no existir dato, se asumió chorrillo ya que es el método de siembra más utilizado para la colza en la base de datos.

Para todas las actividades se asume que la maquinaria fue contratada, por lo tanto los costos fueron obtenidos de la página web de la Cámara Uruguaya de Servicios Agropecuarios (CUSA), en ésta se presentan calculados, año a año los costos de siembra y cosecha para cultivos de invierno. Para todo el período de evaluación los costos tomados de CUSA son del primero de febrero de cada año.

En cuanto a siembra, se agruparon dos subgrupos: siembras de precisión y siembras con sembradoras de chorrillo, y no se tomó en cuenta el método de siembra al voleo dado que tan solo 14 chacras del total utilizaron esta técnica.

Para la cosecha, se obtuvieron los datos de cosecha directa y cosecha previa con hilerado. En caso de que la cosecha se realice de forma directa se debe tener en cuenta además el costo de 2,5 lt ha<sup>-1</sup> de gramoxone (herbicida desecante) el cual fue obtenido de Agro Shop (Treinta y Tres). En caso de haber utilizado adherente, se le sumó el costo de 1,8 lt ha<sup>-1</sup> de producto obtenido de la Cooperativa Agraria Nacional (COPAGRAN). Si se realizó hilerado pre-cosecha se le sumó el costo de hilerar al costo total de cosecha.

Por último, los costos del combustible se obtuvieron de la Administración Nacional de Combustibles, Alcoholes y Portland (ANCAP), a partir del historial de precios de cada año de gasoil, se obtuvo el precio en pesos y con la cotización del dólar

correspondiente a cada zafra, se llegó al precio en dólares del litro de combustible. El precio del combustible se multiplicó por el consumo de cada labor agrícola especificado en CUSA.

### 3.3.2. Costo de insumos

En esta categoría se explican los costos de semillas, fertilizantes, insecticidas, fungicidas y herbicidas. Para el cálculo costo de semilla y fertilizante la información histórica de precios fue obtenida de COPAGRAN. Se obtuvo el precio de la semilla híbrida y variedad, multiplicando el precio unitario de cada año por los kilogramos de semilla utilizados para cada chacra.

En cuanto a los fertilizantes, se obtuvo el precio de la tonelada de urea, se procedió a hallar los dólares por unidad de nitrógeno y en el caso del potasio la fuente utilizada fue cloruro de potasio (KCl). Para fósforo se realizó el mismo procedimiento, pero se debió además promediar tres posibles alternativas de fuentes de fósforo: supertriple, fosfato di amónico y 7-40. En todos estos casos se restó el contenido de nitrógeno de la mezcla tomando el costo de la unidad de N estimado anteriormente.

Para el caso de herbicidas, se asumió una aplicación pre-siembra de 4 lt ha<sup>-1</sup> de glifosato DMA + clopyralid, sumado al costo de su aplicación. Para la post-siembra se asumió una aplicación de 150 cc ha<sup>-1</sup> 2,4 D + clopyralid, y 230 cc ha<sup>-1</sup> de haloxifop-metil (graminicida, precio obtenido de Dow Agrosience) y trifluralina (precio obtenido de Lanafil) al 50% del área, más el costo de aplicación. El costo de pulverización fue obtenido de CUSA, y el costo del gasoil de los precios históricos de ANCAP.

Para el control de plagas se asumió que el 100% de las chacras aplican insecticidas al menos una vez y que el 50% de éstas repiten la aplicación, por lo que a la hora de realizar el cálculo teórico se multiplica por el valor 1,5. El producto utilizado fue 150 cc ha<sup>-1</sup> de triflururón.

Para la aplicación de fungicida, se contabilizó cuántas chacras habían aplicado (20%) y el producto que se asumió fue 350 cc ha<sup>-1</sup> de azoxystrobina + cyproconazole. Ambos controles se realizan en la misma aplicación, por lo tanto, se contabilizó un uso de la pulverizadora.

### 3.3.3. Costo de flete

El costo del flete es variable según zona y año en estudio. Para la obtención del costo del flete que mejor se asemeje a la realidad se obtuvo el punto medio de cada una de las seis zonas mediante Google Earth, del punto medio se hallaron los kilómetros hasta la ruta más cercana, y desde ahí hasta el destino donde se localiza la planta de

biodiesel en Montevideo. Este mismo procedimiento se realizó para cada zona respectivamente.

Como resultado los kilómetros a la planta de biodiesel fueron: zona Norte 417 km, Litoral 395 km, Oeste 158 km, Centro 180 km, Este 281 km, Sur 72 km. Una vez obtenida la distancia a destino, se la multiplicó por el precio en dólares por kilómetro por año y zona, para la tonelada de grano. La información fue obtenida de planillas históricas de precios de la empresa Kilafen, la cual muestra año a año la evolución del precio del transporte según un rango preestablecido de kilómetros para cada tonelada de grano.

#### 3.4. MARGEN BRUTO

En el margen bruto obtenido en el análisis de los datos, no se tienen en cuenta todos los costos directos atribuidos a la actividad, es decir mano de obra asalariada ni la depreciación de bienes de capital, tampoco la renta, arrendamiento o impuestos. Para su cálculo, se resta al producto bruto, la sumatoria de los diferentes costos explicados en el punto 3.3.

#### 3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para un correcto análisis de la base de datos se realizará una descripción estadística básica para la población de chacras sujetas a análisis. Con el fin de demostrar cuales son las variables agronómicas que explican el rendimiento alcanzado se realizó un árbol de regresión en el programa Java Memory Profiler (JMP) desarrollado por Statistical Analysis Software (SAS).

En el árbol de regresión los datos fueron sucesivamente particionados en función de criterios, separando cada conjunto en dos nuevos grupos. Éstos fueron nuevamente particionados según exista suficiente heterogeneidad para producir un nuevo par de sub grupos. Las variables utilizadas para armar el árbol fueron las que proporciona la base de datos disponible.

##### 3.5.1. Herramientas para cálculo de riesgo

En el trabajo se utilizará como herramienta de cálculo el análisis cuantitativo de riesgo usando el programa simulAr, un software de simulación Montecarlo, el cual calcula cada posible valor para cada variable y determina la probabilidad de cada escenario. Se realizaron dos simulaciones, una para la zona Litoral Oeste y otra para la zona Centro-Este-Norte-Sur. Su objetivo es calcular el impacto combinado de las variables del modelo, determinando la probabilidad de resultados para la siguiente zafra.

Cada variable se representará por una función de distribución de probabilidad. Para rendimiento se usó distribución normal, truncada con un mínimo y un máximo, y su

desvío estándar. Para la variable precio se utilizaron los valores de la zafra 2017/2018, con una distribución triangular con un precio promedio, mínimo y máximo. El porcentaje de aceite se usó una distribución normal truncada, y desvío estándar, con la cual se calcula la bonificación en dólares. En el descuento de secado se usó una distribución normal y su desvío estándar, y el descuento del flete una variable fija. Dichas variables son variables de entrada del producto bruto.

Por otro lado, para los costos se presentan las siguientes variables de entrada. Para el método de siembra se usó una distribución discreta, con la proporción y el precio de chorrillo y precisión respectivos. En esta variable está incluido el costo del combustible utilizado en la labor. Para el costo de semilla se tomó en cuenta los kilogramos de semilla y se usó una distribución normal, con desvío estándar y truncada. Y para el precio de la semilla se usó distribución triangular entre un mínimo, media y máximo. Para los fertilizantes las variables de entrada son los kilogramos de cada nutriente usando distribución normal truncada, y para los precios de cada uno, se utilizó distribución triangular. En cuanto a la cosecha, se distribuye como una variable discreta, y por último para los insumos se usa distribución normal. Las correlaciones que se toman en cuenta en el análisis son entre rendimiento y cada uno de los nutrientes aplicados, y la correlación entre nutrientes aplicados. El margen bruto es la variable de salida, el cual se obtiene a partir del producto bruto simulado y los costos simulados.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RENDIMIENTO

Los rendimientos fueron variables entre años, con un rendimiento promedio máximo en la zafra 2011 de 1683 kg ha<sup>-1</sup>, y un mínimo de 1269 kg ha<sup>-1</sup> en el año 2014 (Figura 4). De las 890 chacras analizadas en el período, el 10% obtuvieron un rendimiento aproximado de 700 kg ha<sup>-1</sup>, sin embargo, el 50% (o la mediana) alcanzaron los 1500 kg ha<sup>-1</sup>, rendimiento promedio del país. Por otra parte, sólo un 10% de las chacras superaron los 2000 kg ha<sup>-1</sup> y tan solo el 1% se acercó al rendimiento potencial definido por Gómez y Miralles (2002, 5000 kg ha<sup>-1</sup>, Figura 5).

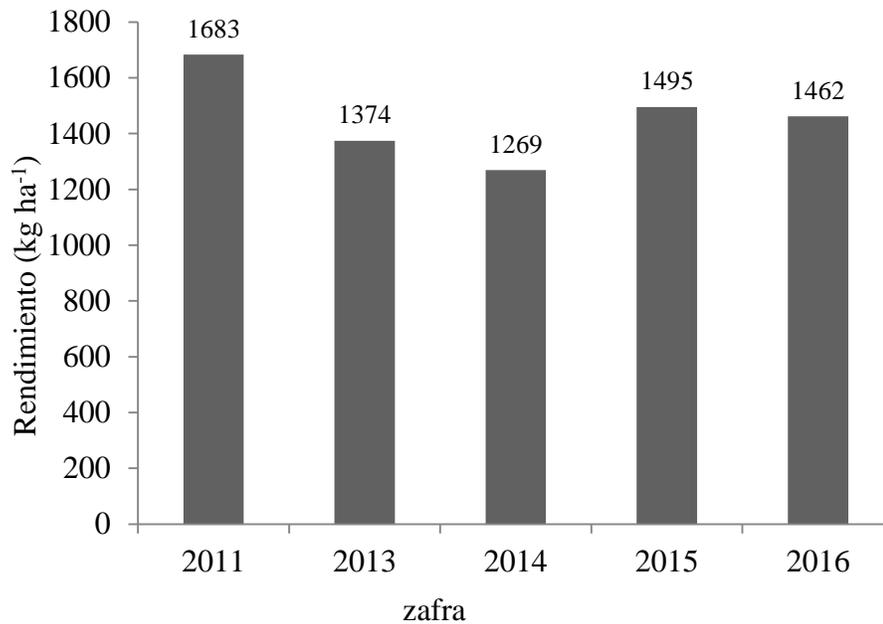


Figura No. 4. Rendimiento medio según zafra.

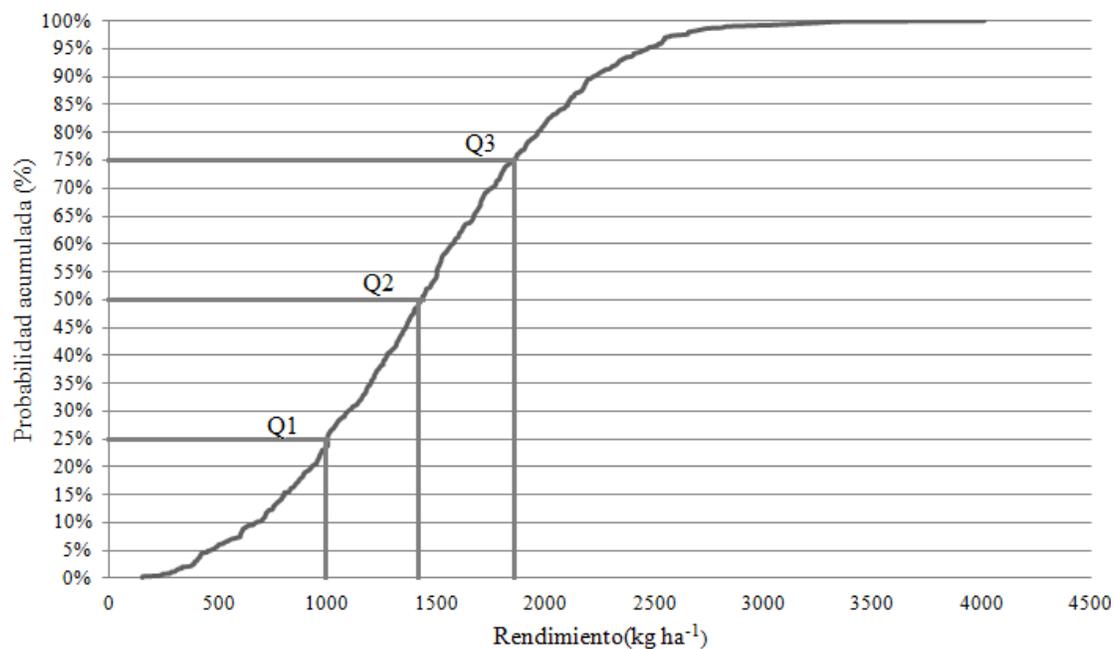


Figura No. 5. Probabilidad acumulada según rendimiento (Q1= cuartil 1 25% de los datos; Q2= cuartil 2 50% de los datos; Q3= cuartil 3 75% de los datos).

El rango de rendimientos posibles para todas las zafras se mantuvo invariable, teniendo valores mínimos de 200 kg ha<sup>-1</sup> y valores máximos entorno a los 3500 kg ha<sup>-1</sup>. La mejor zafra fue la del año 2011 donde los rendimientos mínimos fueron de 1000 kg ha<sup>-1</sup>, ubicado por encima de los rendimientos mínimos del resto de los años, y los rendimientos máximos fueron los más altos de todo el período en estudio (4000 kg ha<sup>-1</sup>).

Comparando los rendimientos entre zafras, se puede observar que el 50% de las chacras en 2011 obtuvieron 1670 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que en 2014 (la zafra con rendimientos más bajos del período) el 50% de la población de chacras rindieron 1230 kg ha<sup>-1</sup>, 26% inferior que el mejor año (Figura 6).

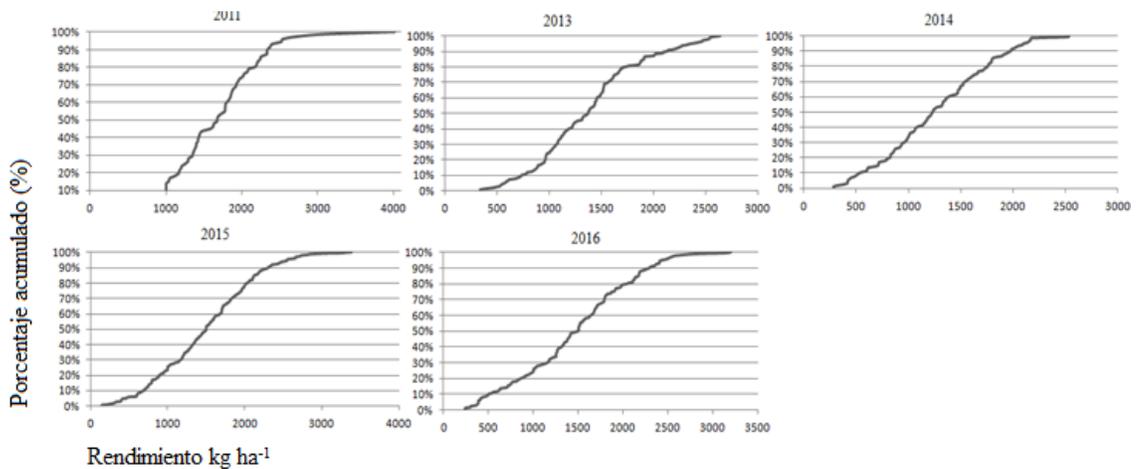


Figura No. 6. Porcentaje acumulado de rendimiento según zafra.

Los bajos rendimientos registrados en el año 2014 pueden estar explicados por el efecto año (1734 mm anuales en comparación a los 1100 mm promedio del país). El 2014 fue un año muy lluvioso donde los excesos hídricos ocasionaron importantes pérdidas en rendimiento en los cultivos de invierno en general.

El contenido de materia grasa fue determinante del rendimiento comercial en cada año (Figura 7), y los niveles de bonificación fueron mayores en los años de mayor rendimiento medio, lo que indica que los ambientes que favorecieron los mayores rendimientos, también favorecieron el nivel de materia grasa medio.

En el año en que se obtuvo mayor rendimiento en grano, también se logró mayor rendimiento por aceite, pero esto se debe al mayor equivalente en kilos de aceite, y no necesariamente por mayor porcentaje de aceite en grano ya que este se mantiene constante (entorno al 48%).

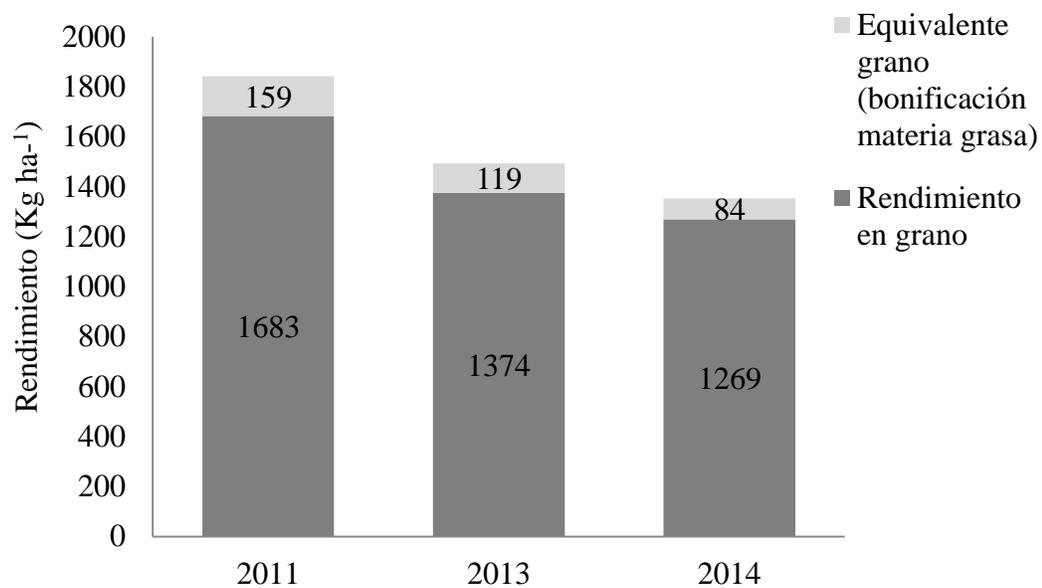


Figura No. 7. Rendimiento corregido por aceite según zafra.

#### 4.2. DETERMINANTES DEL RENDIMIENTO

Teniendo en cuenta todas las variables agronómicas bajo estudio se realizó un árbol de partición el cual refleja que variables afectan en mayor o menor medida el rendimiento en grano alcanzado por el conjunto de chacras (Figura 8).

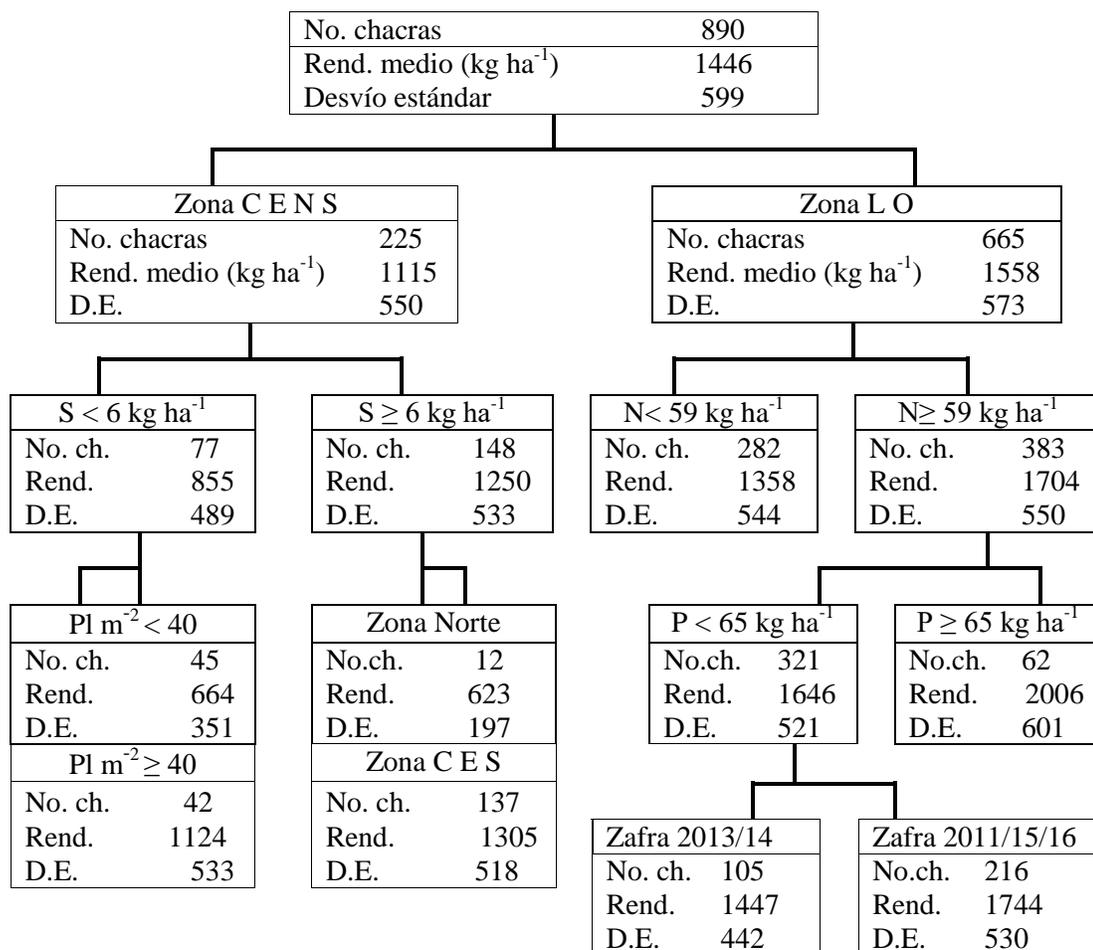


Figura No. 8. Árbol de partición.

El total de chacras presentó un rendimiento promedio de 1446 kg ha<sup>-1</sup> muy cercano al promedio nacional de 1500 kg ha<sup>-1</sup>. En tal sentido el principal determinante de rendimiento fue la ubicación de las chacras, donde las de mayor rendimiento son las ubicadas en las zonas Litoral y Oeste, mientras que las de menor son en las zonas Norte, Este, Centro y Sur, es decir el hecho de cambiar de una a otra zona, asegura un aumento en rendimiento de 443 kg ha<sup>-1</sup>.

Cuando se enfoca en las zonas con mayor rendimiento, la cantidad de nitrógeno aplicado pasa a ser el factor de mayor relevancia. Las chacras con agregado mayor a 59 kg N ha<sup>-1</sup> arrojan en promedio rendimientos de 1704 kg ha<sup>-1</sup> y un desvío estándar de 550, lo que significa un 20% más en rendimiento que si se agrega menos de 59 kg N ha<sup>-1</sup>. Resulta notorio que del total (890), 282 chacras agregan menos de 59 kg N ha<sup>-1</sup>, resultando en un número muy importante de chacras que presentan rendimientos por debajo de la media nacional.

De las 383 chacras que agregan más de 59 kg N ha<sup>-1</sup>, el fósforo agregado pasa a ser la variable agronómica que tiene mayor peso en el rendimiento. Dosis mayores a 65 kg P ha<sup>-1</sup> aseguraron rendimientos en grano de 2006 kg ha<sup>-1</sup>, sin embargo, dicha situación se presentó en tan solo 62 chacras, las restantes (321) agregaron dosis inferiores a la mencionada, siendo su rendimiento determinado por el efecto año. Las zafras 2011-15-16 se presentaron como “años buenos” y zafras 2013-14 como “años malos”, donde las mejores zafras presentan aumentos de rendimiento en alrededor de 300 kg ha<sup>-1</sup>.

En las zonas de menor rendimiento (C-E-N-S), el nutriente que más impactó fue el azufre, donde los mejores resultados se dan con agregados de más de 6 kg S ha<sup>-1</sup> y nuevamente se vuelven a dividir las chacras según la zona, siendo el Norte la peor zona con 623 kg ha<sup>-1</sup> promedio y el resto de las zonas (Sur, Centro, Norte y Este) con 1305 kg ha<sup>-1</sup>.

Cuando el azufre agregado fue menor a 6 kg ha<sup>-1</sup> la población es la determinante en el resultado, poblaciones mayores o iguales a 40 pl m<sup>-2</sup> arrojan rendimientos de 1123 kg ha<sup>-1</sup> promedio y poblaciones menores a 40 pl m<sup>-2</sup> significan caídas en rendimiento de casi la mitad (664 kg ha<sup>-1</sup>). En función de las variables agronómicas que determinan el rendimiento, se pasará a describir detalladamente una a una según su orden de importancia.

#### 4.3. FERTILIZACIÓN

##### 4.3.1. Nitrógeno

Se estudió la respuesta en rendimiento a la aplicación de nitrógeno. Se evaluaron 5 rangos de dosis de nitrógeno: 0 a 20 kg N ha<sup>-1</sup>, 20 a 40 kg N ha<sup>-1</sup>, 40 a 60 kg N ha<sup>-1</sup>, 60 a 80 kg N ha<sup>-1</sup>, 80 a 120 kg N ha<sup>-1</sup>, donde se obtuvieron los rendimientos relativos para cada rango respectivamente.

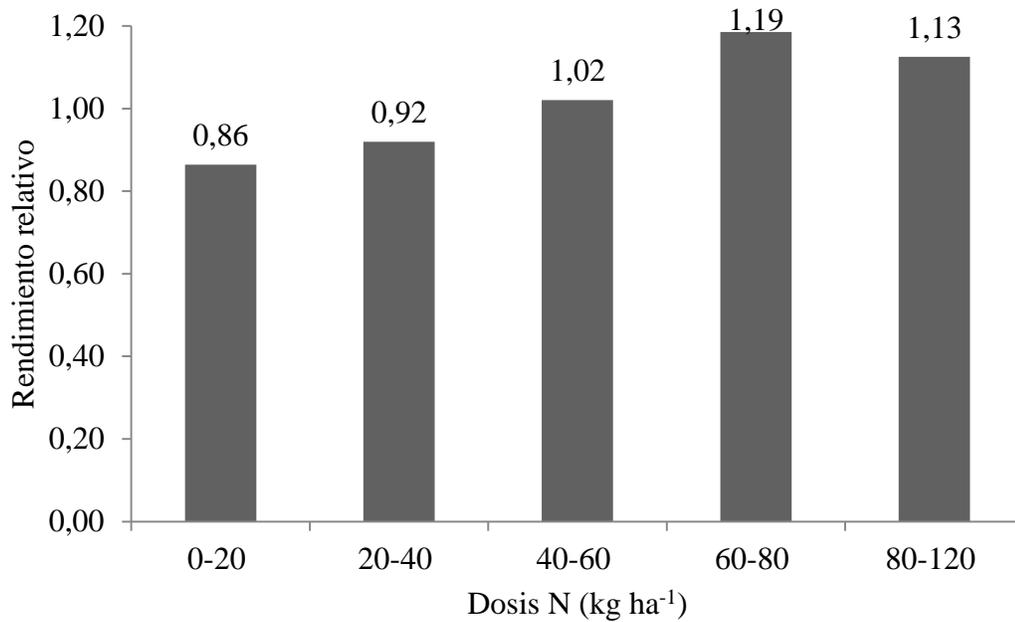


Figura No. 9. Rendimiento en función de la fertilización nitrogenada.

En la medida que se aplicaron mayores dosis de nitrógeno los rendimientos tendieron a aumentar hasta el rango 60 a 80 kg N ha<sup>-1</sup>, rango que presentó la mayor respuesta al agregado de nutriente, alcanzando un rendimiento relativo igual a 1. Si se subdivide la gráfica en dos partes, se puede encontrar dos grandes grupos; uno con menos de 60 kg N ha<sup>-1</sup> y otro con más de 60 kg N ha<sup>-1</sup>. El hecho de fertilizar con más de 60 kg N ha<sup>-1</sup> asegura alcanzar producciones similares a la media nacional, siendo el nitrógeno determinante a la hora de generar rendimiento y consecuentemente margen bruto (Figura 9).

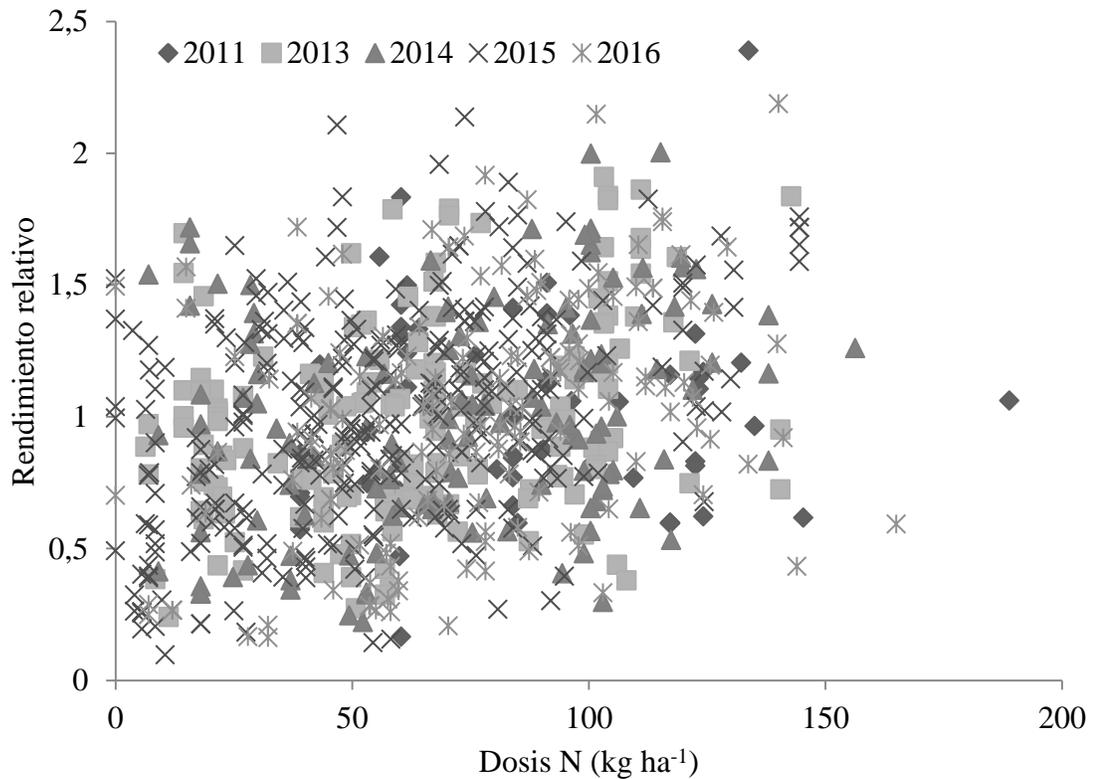


Figura No. 10. Rendimiento relativo en función de la dosis de nitrógeno.

Cuando se analizan cada chacra en función del agregado de N, no se observó una tendencia marcada en los datos analizados, es decir, que las chacras sin agregado de nitrógeno como las que agregaron altas dosis pudieron obtener rendimientos relativos similares. Sin embargo, se encontró que a partir de  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$ , los mínimos rendimientos tienden a aumentar. Por debajo de los  $60 \text{ kg N ha}^{-1}$  existe la probabilidad de tener altos rendimientos, como también obtener un rendimiento relativo cercano al 0.

#### 4.3.2. Azufre

El cultivo de colza ha demostrado ser extremadamente sensible a la deficiencia de azufre, pudiendo no producir grano en casos de condiciones de deficiencia severa, ya que sus mayores requerimientos se presentan en la etapa de floración.

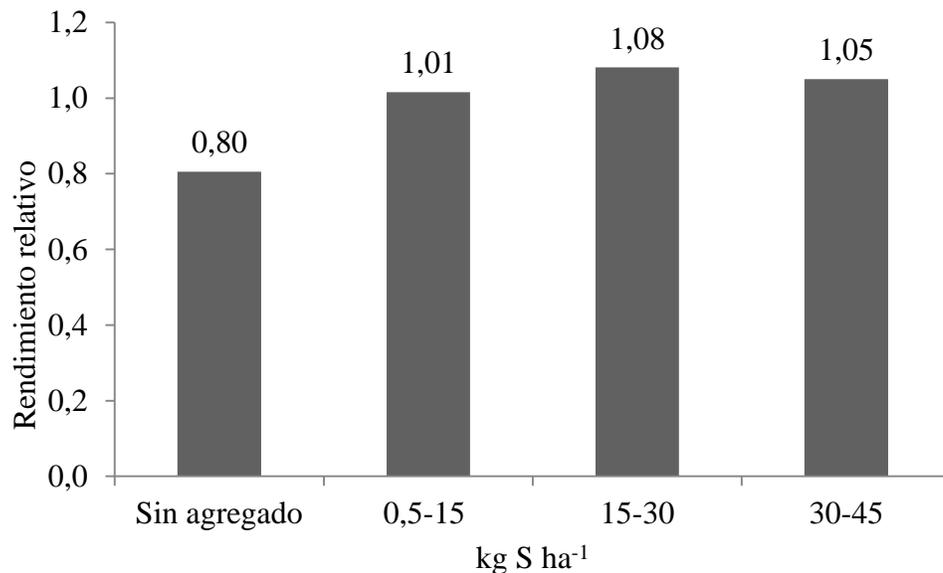


Figura No. 11. Rendimiento según rango de dosis de azufre agregada.

La mayor respuesta en rendimiento al agregado de azufre, se presenta en el rango entre 15 a 30 kg S ha<sup>-1</sup>, coincidiendo con trabajos realizados por Melchiori et al. (2010) en el que afirman que la dosis con la que se cubrirían los requerimientos del nutriente son en el entorno de 15 a 20 kg S ha<sup>-1</sup>. Cuando la dosis agregada supera los 45 kg S ha<sup>-1</sup> no se observa respuesta en rendimiento y cuando no se fertiliza o se fertiliza con dosis menores a 15 kg ha<sup>-1</sup> el rendimiento en grano tiende a ser menor.

#### 4.4. POBLACIÓN

El número de granos por metro cuadrado es el componente que determina en mayor medida el rendimiento del cultivo, éste estará determinado por el número de plantas por metro cuadrado y silicuas por planta; lo que lleva a buscar aquella población que arroje los mejores resultados. Al estudiar el efecto de la población sobre el rendimiento se constató que no hay relación entre el número de plantas por metro cuadrado y el rendimiento en grano, lo que coincide con la información recabada por Mazzilli et al. (2014), donde afirman que no existe asociación entre población lograda y el rendimiento en grano en un rango de poblaciones de 20 a 80 pl m<sup>-2</sup>.

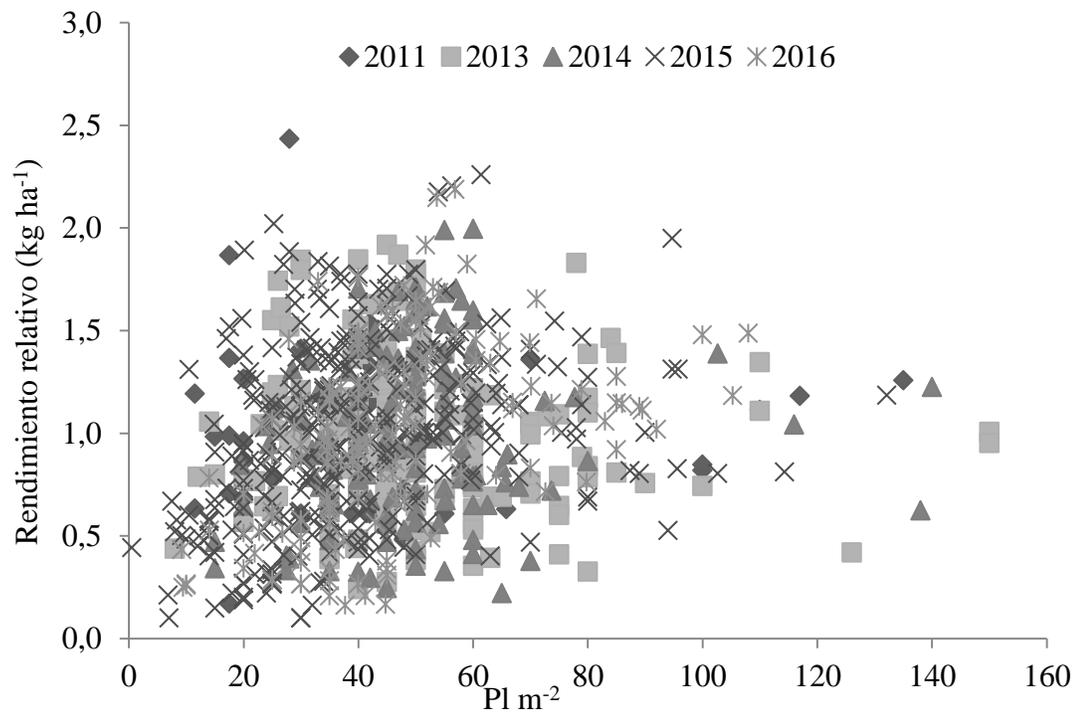


Figura No. 12. Rendimiento relativo en función de la población por zafra.

En la medida que se superan las 40 pl m<sup>-2</sup>, los rendimientos mínimos tienden a aumentar. Sin embargo, se desprende que no existe una población óptima que garantice el rendimiento, ya que se pueden obtener elevados rendimientos tanto con alta o con baja densidad poblacional.

Si bien la respuesta a la población fue errática, cabe destacar que esta especie tiene la capacidad de compensar, por lo que se esperarían elevados rendimientos en el rango mencionado anteriormente, siempre y cuando se mantenga la uniformidad del cultivo.

Cuadro No. 1. Datos de media, desvío estándar y cuartiles de población para todas las zafras.

Zafra	n	Media	D.E	Min.	Máx.	P(10)	P(25)	P(50)	P(75)	P(90)
<b>2011</b>	56	43	26	12	135	18	20	41	48	70
<b>2013</b>	171	51	22	8	150	27	40	47	60	78
<b>2014</b>	135	50	18	15	140	32	40	50	58	65
<b>2015</b>	343	40	19	7	132	20	28	38	50	63
<b>2016</b>	169	45	18	9	108	25	35	40	52	71

La media poblacional se mantuvo en el rango entre 40 y 50 pl m<sup>-2</sup> lo que coincide con la bibliografía mencionada, con un mínimo y máximo de 7 y 150 pl m<sup>-2</sup> respectivamente. Así mismo, el desvío estándar fue disminuyendo al correr de las zafras, lo que indicaría que el rango poblacional en la zafra 2016 está más acotado.

El cuartil 50 representa la mediana, que representa el valor de la variable de posición central en un conjunto de datos ordenados. En todos los casos, la mediana fue similar a la media, esto quiere decir que la mitad de los datos se asemejan con el promedio de todos los datos (media).

El cuartil 10 que representa el 10% de los datos se mantuvo en el mínimo rango recomendado de población, en cambio el cuartil 90 se aproxima al máximo poblacional recomendado.

#### 4.5. FECHA DE SIEMBRA

Conocer la fecha de siembra permite determinar en qué momento y en qué condiciones ambientales se situarán las distintas etapas fenológicas del cultivo. Al analizar las zafras 2011 al 2016, se observa que hay una preferencia por las siembras en el mes de mayo. En menor proporción se realizan siembras en junio o posterior, lo que coincide con el hecho de que siembras tardías tienen menor potencial de rendimiento debido a que el período crítico del cultivo no cae en las condiciones óptimas (Mazzilli et al., 2017).

Por otra parte, se observa que en el año 2014 existió el menor porcentaje de área sembrada en el período entre los meses de mayo y junio, rango que según Mazzilli et al. (2017) no impactaría en el rendimiento en grano; en cambio aumentaron tanto las siembras tempranas de abril como las tardías de junio. En el último año de evaluación

(2016) se presentó la mayor proporción de superficie sembrada en dicho período (Figura 13).

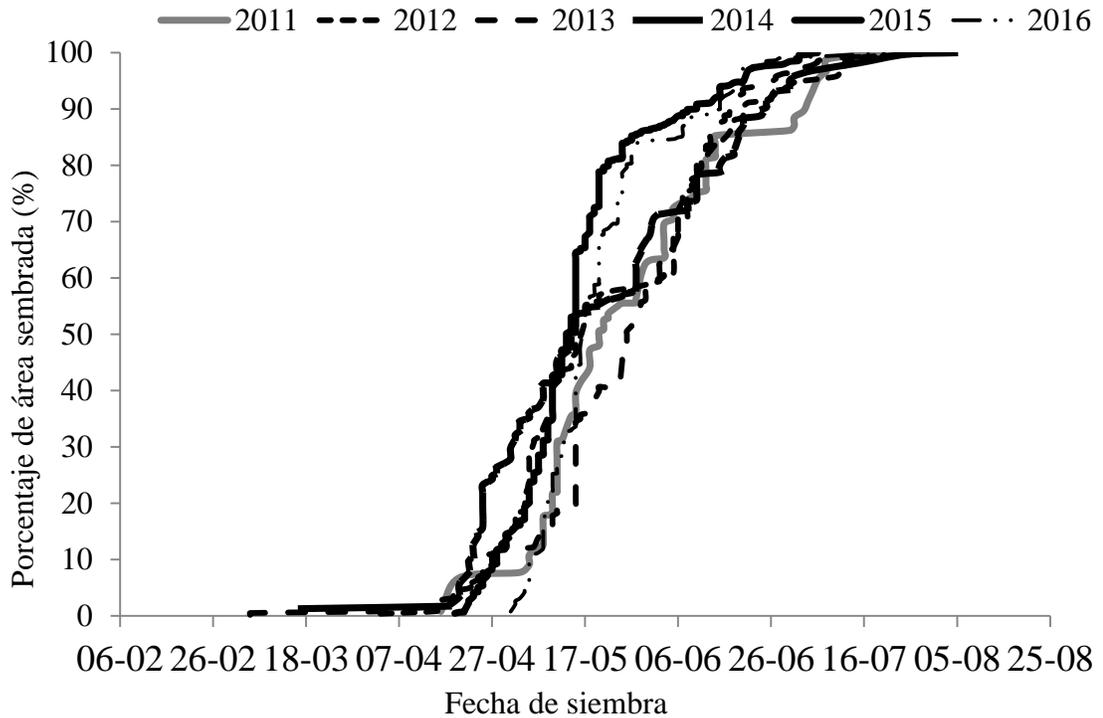


Figura No. 13. Área de siembra acumulada en las distintas zafras.

Si bien existen siembras tempranas a comienzos de marzo, es a partir del 15 de abril cuando se empieza a acumular mayor porcentaje de área de siembra en todas las zafras consideradas. Las siembras para la zafra 2016 comienzan luego del 27 de abril, comparativamente más tarde que el resto de las zafras. En todos los años, la totalidad del área sembrada se logró antes del 5 de agosto, como fecha de siembra más tardía.

Cuadro No. 2. Porcentaje de área acumulada sembrada en distintas fechas, según zafra.

	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>
	%	%	%	%	%	%
<b>15-abr.</b>	0	0,8	2,6	1,3	0	0
<b>15-may.</b>	39,4	49,2	34,5	53,5	64,5	44,4
<b>15-jun.</b>	85,3	84,1	87,6	80,1	94,0	91,5
<b>15-jul.</b>	98,9	99,2	99,0	98,2	100,0	99,5
<b>15-ago.</b>	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Para todas las zafras, al 15 de abril se acumuló en promedio 1% de la totalidad del área de siembra. A partir del 15 de abril hasta el 15 de junio se sembró más del 80% del total, reflejando la concentración de siembra posterior al 15 de abril, mayo y junio.

La tasa de siembra es un indicador de la velocidad con la que se siembra un área determinada. Es la pendiente de la gráfica, se calcula como el área sembrada comprendida entre dos fechas de siembra. Para todos los años se halló la tasa de siembra entre el 8 y el 20 de mayo (12 días). En el año 2016 ocurre la máxima tasa de siembra, donde se sembró 47% del área en ese período mientras que el año 2014 presentó la menor tasa de siembra (16,4%) debido a las condiciones climáticas adversas (año lluvioso), que llevaron a retrasos en la siembra que se prolongaron hasta el mes de agosto.

Cuadro No. 3. Tasa de siembra (8-20 mayo) para todas las zafras

Año	Tasa de siembra (%)
2011	35,4
2012	22,8
2013	25,6
2014	16,4
2015	44,0
2016	47,0

La fecha de siembra en la base de datos se concentra entre el 27 de abril y el 8 de julio. Dentro de este rango, no existe una fecha óptima que garantice un máximo rendimiento (Figura 14), por lo que la fecha de siembra por sí sola no parece ser determinante de los rendimientos logrados.

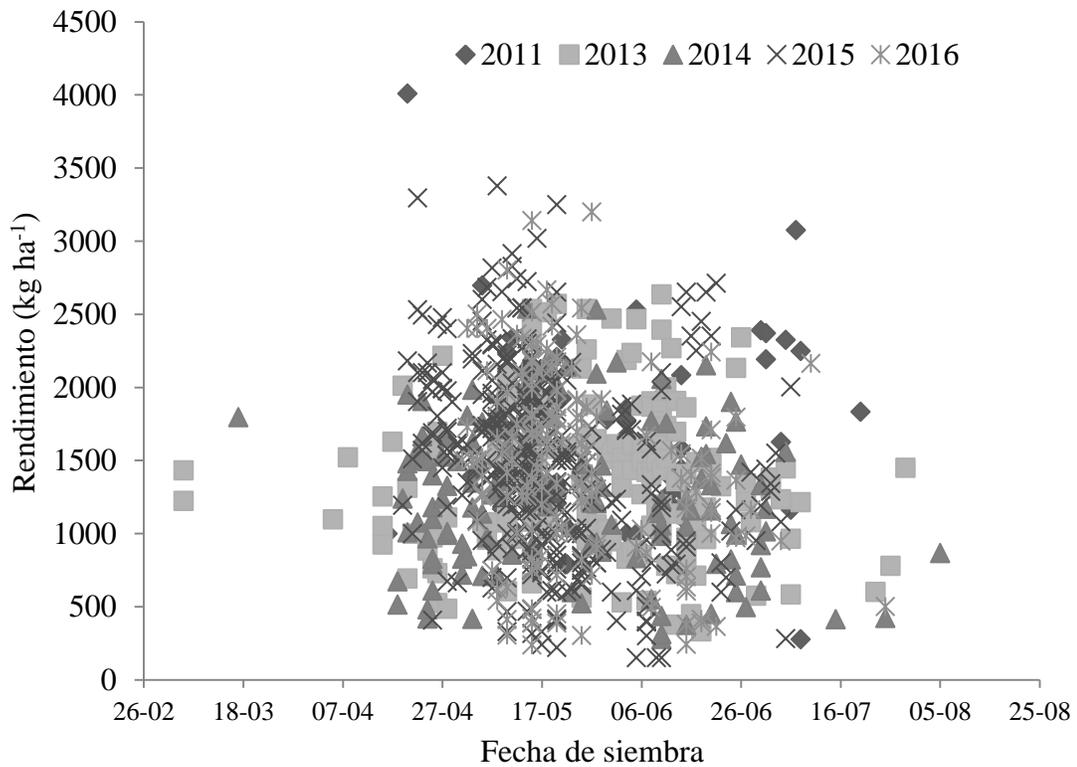


Figura No. 14. Rendimiento en función de fecha de siembra por zafra de estudio

Cabe destacar que la variable fecha de siembra no aparece como variable determinante del rendimiento en el árbol de regresión (capítulo 4.2), debido a que la misma se encuentra acotada dentro del rango ya estudiado, por lo que no hay suficiente variabilidad como para separar los datos según ésta variable.

#### 4.6. MÉTODO DE SIEMBRA

Los tres métodos de siembra empleados en colza son chorrillo, precisión y voleo. En la zafra 2011, la mitad de los productores optaron por siembras de precisión y la otra mitad optaron por sembrar a chorrillo. En el resto de las zafras, hay una preferencia por el método a chorrillo, el año 2012 destaca por tener el 97% del área sembrada con este método.

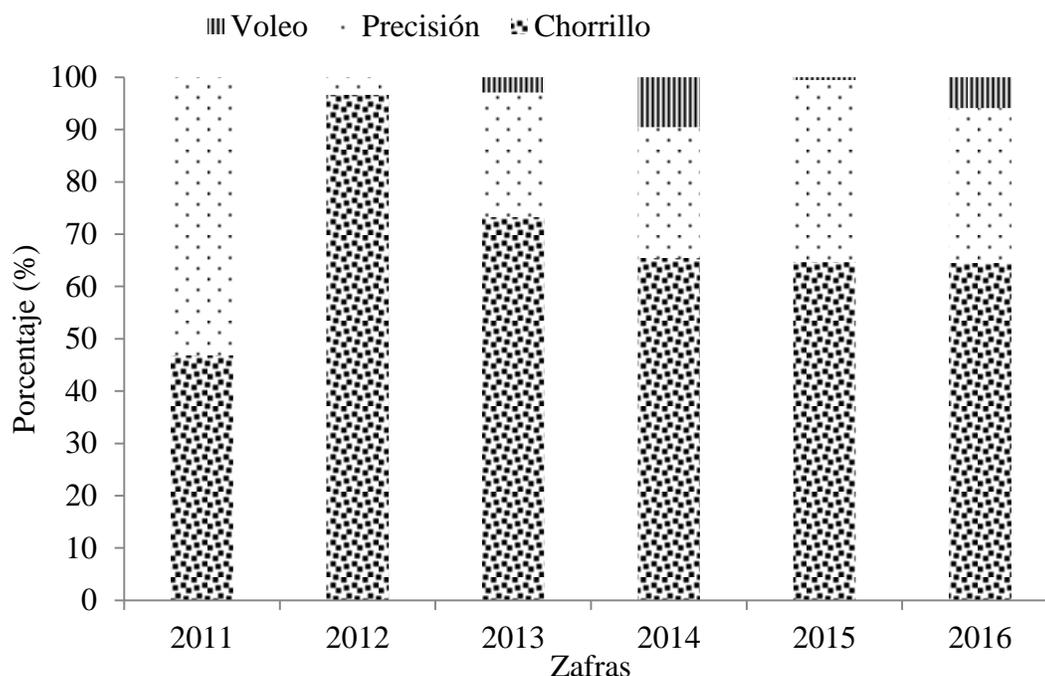


Figura No. 15. Método de siembra empleados según zafra

Con excepción del año 2011, el método de siembra más utilizado es chorrillo. Dentro de este método, la distancia entre hileras elegida en mayor proporción fue menor o igual a 19 cm. En todos los casos en que la siembra utilizada fue precisión, se puede observar que la distancia utilizada fue mayor o igual a 38 cm (Figura 16).

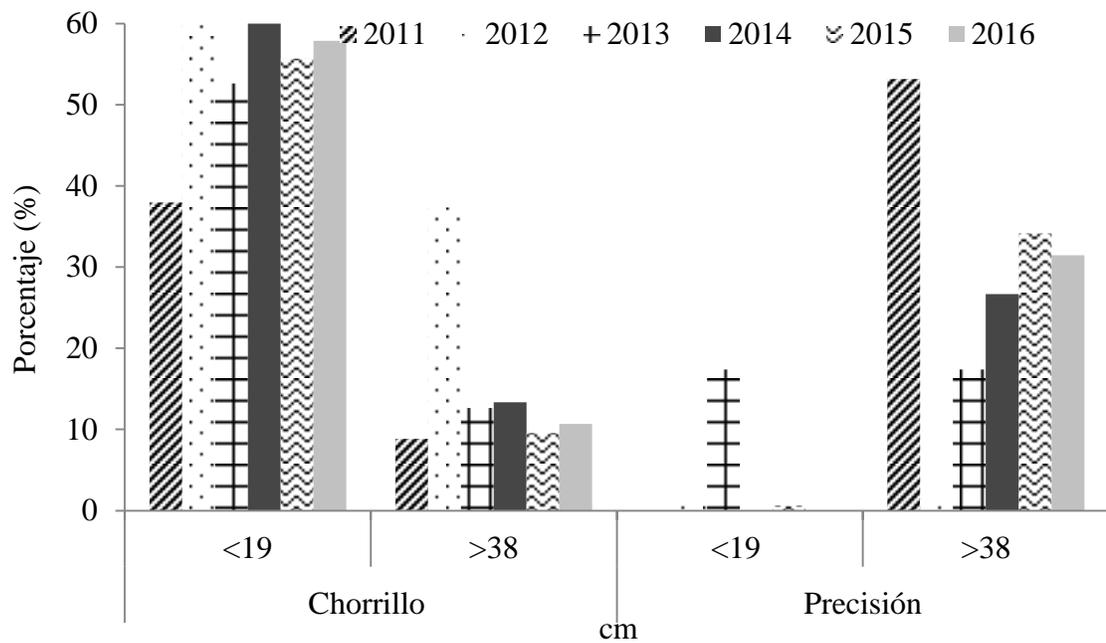


Figura No. 16. Método de siembra y distancia entre filas por zafra.

A continuación, se presenta el diagrama de cajas o boxplot, en el cual se representan los tres métodos de siembra y la variable  $pl\ m^{-2}$ . La distancia entre filas no está considerada en el diagrama.

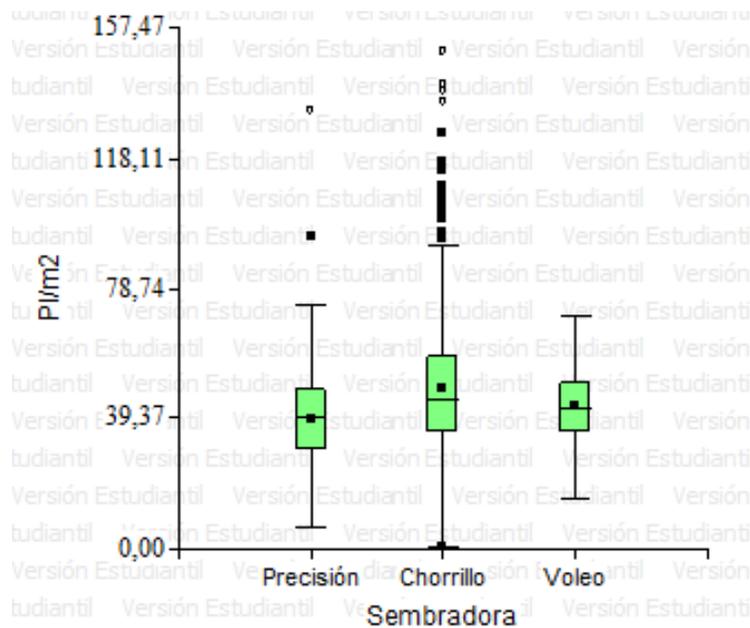


Figura No. 17. Población lograda en función del método de siembra.

Para el método de siembra a chorrillo se observa que la media es mayor y más variable en cuanto al mínimo y al máximo, que en los otros métodos. A su vez, se desprende que la población entre el 50% y 75% está más dispersa que la población entre el 25% y 50%.

#### 4.7. ANTECESOR VERANO

Para cualquier zona en estudio, el cultivo antecesor por excelencia fue la soja en todas las zafra estudiadas. Esto se debe al hecho de que la soja es el principal cultivo presente en la zafra estival a nivel local (1,05 millón de hectáreas en la zafra 2012/13 en comparación con el maíz con 123 mil hectáreas sembradas en la misma zafra) y a que es un rastrojo de alta degradabilidad y por lo tanto facilita la siembra del cultivo de colza.

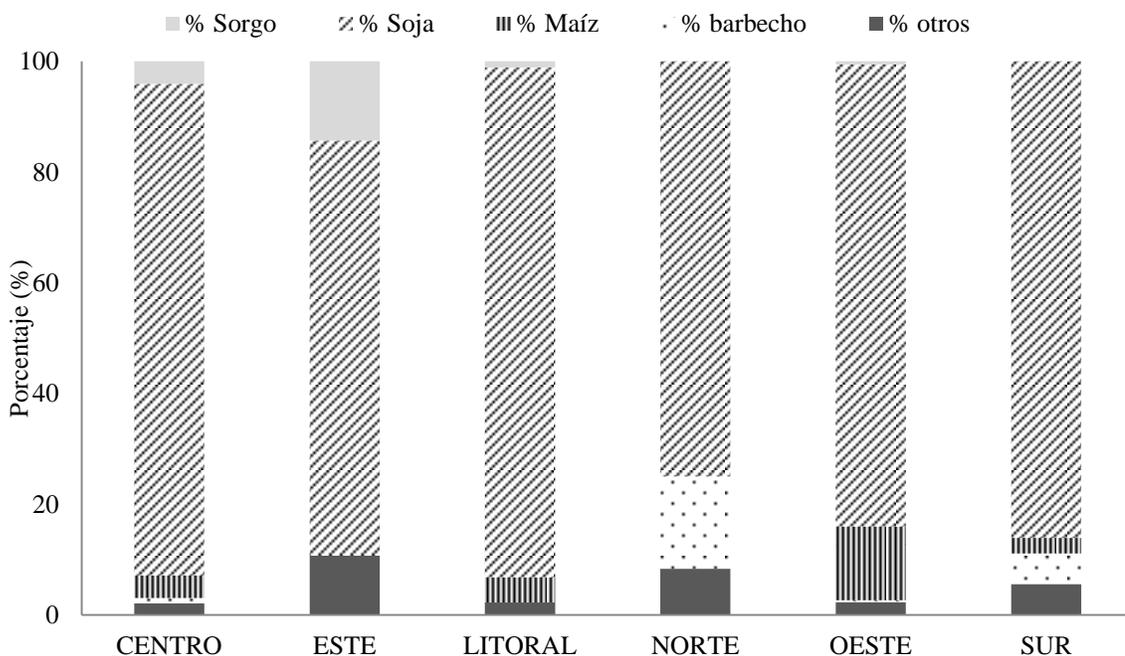


Figura No. 18. Porcentaje de área de cultivos de verano antecesor de colza.

El porcentaje de la categoría "otros" abarca antecesores que no representan elevada proporción, estos son zanahoria, alfalfa, campo natural, moha, festuca, girasol, papa, pradera y sudangrass.

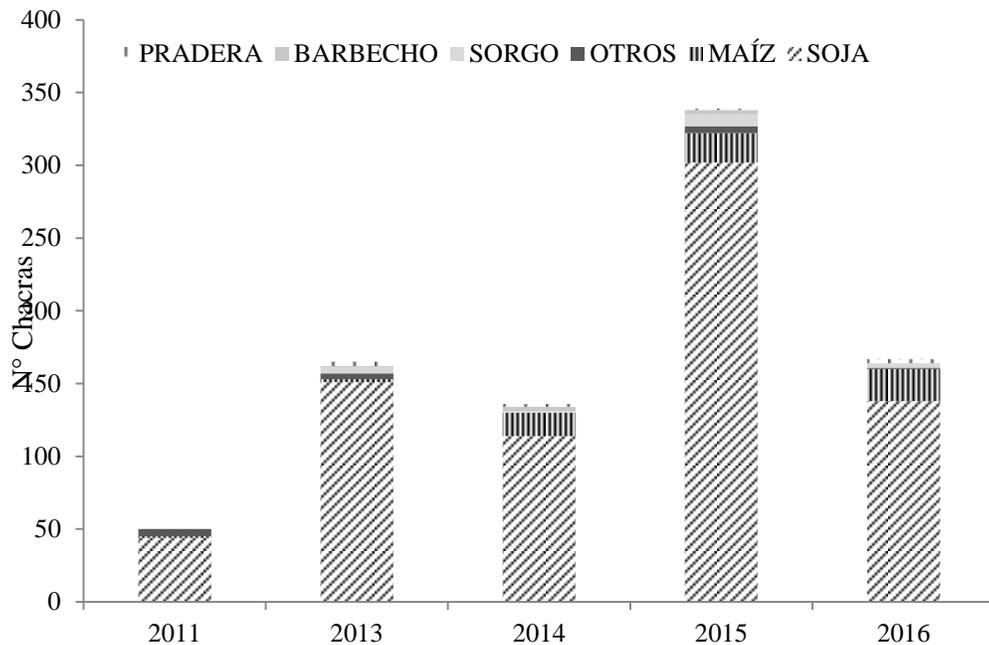


Figura No. 19. Cultivos de verano antecesores según zafra.

Cabe destacar que el área de colza sembrada sobre rastrojo de maíz ha ido en aumento en el período 2011-2016. La hipótesis que se plantea es que el maíz es un antecesor muy elegido por los productores porque se siembra de primera y se cosecha desde fines de febrero a mediados de marzo, teniendo así un buen largo de barbecho (tres meses aproximadamente), suficiente para controlar malezas y preparar la cama de siembra. Además, es un cereal por lo que corta con el ciclo de las enfermedades que comparten las oleaginosas (*Sclerotinia sclerotiorum*).

Debido a que en la mayoría de los casos el cultivo antecesor de verano fue soja, se realizó una subdivisión entre cuales provienen de soja de primera y cuáles de segunda, con el fin de evaluar su repercusión en el rendimiento del cultivo de colza en cada año de evaluación (Figura 20).

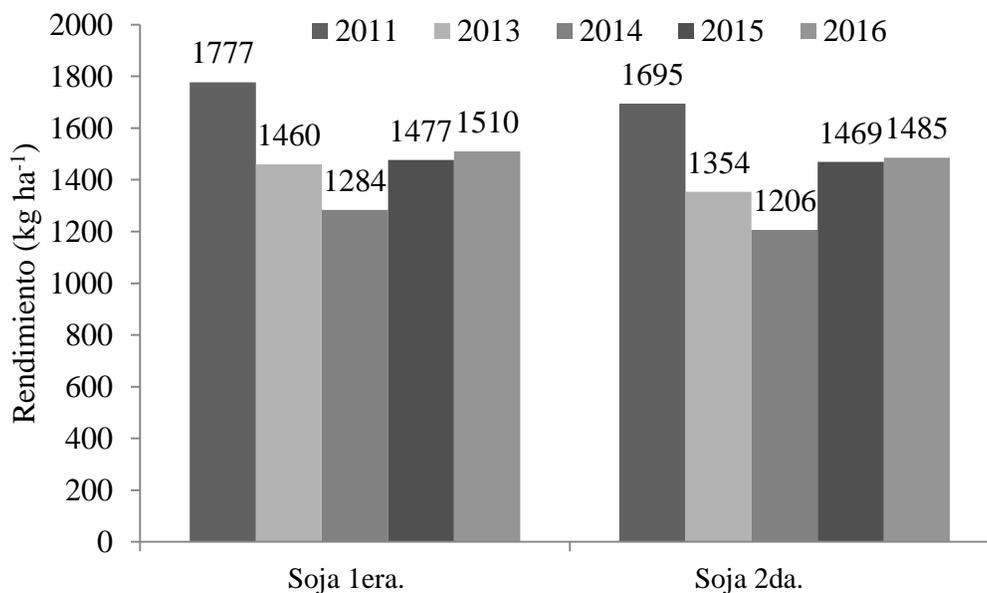


Figura No. 20. Rendimiento de colza en función de soja como antecesor.

Para todos los años de evaluación el antecesor soja de primera arrojó mayores rendimientos promedios, sin embargo, las diferencias no son relevantes. El mayor o menor rendimiento del cultivo de colza se da por el efecto año, considerando el 2011 como un año "bueno" y el 2014 como un año "malo" y no por antecesor soja de primera o segunda.

#### 4.8. ANTECESOR INVIERNO

Con respecto al cultivo de invierno anterior a la colza, no se evidenció una marcada preferencia por determinado cultivo, esto varía según la zona en estudio. En cambio, trigo y barbecho, son los antecesores que se presentaron con más frecuencia en todas las zonas, especialmente en la zona Litoral y Oeste con mayor presencia de trigo y barbecho respectivamente.

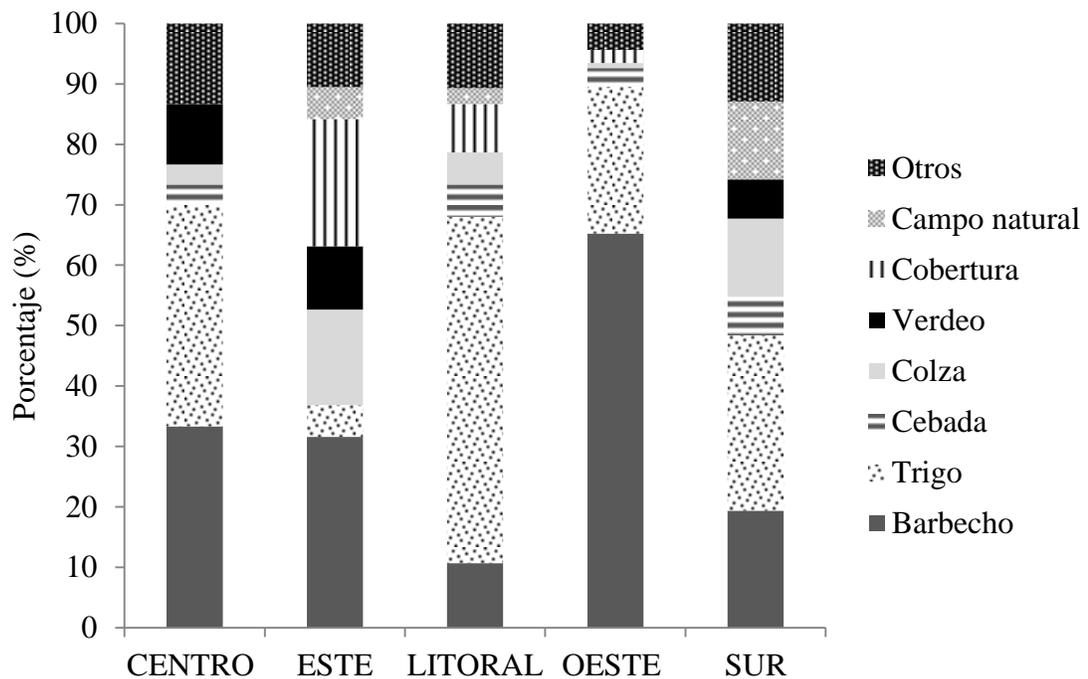


Figura No. 21. Cultivo antecesor de invierno.

Otro aspecto a destacar es la participación de la colza como antecesor de invierno en las zonas Sur y Este, en promedio 14% del total. Por lo que la rotación sería netamente de especies oleaginosas: colza-soja-colza, aumentando así la probabilidad de ocurrencia de enfermedades.

#### 4.9. CULTIVARES UTILIZADOS

Los materiales utilizados fueron separados en híbridos o variedades, como se describió en el capítulo de revisión. Los materiales híbridos presentaron mayores rendimientos para cualquier zafra cuando se los compara con variedades, no obstante, el número de chacras fue solo un 30 % del total (Figura 22).

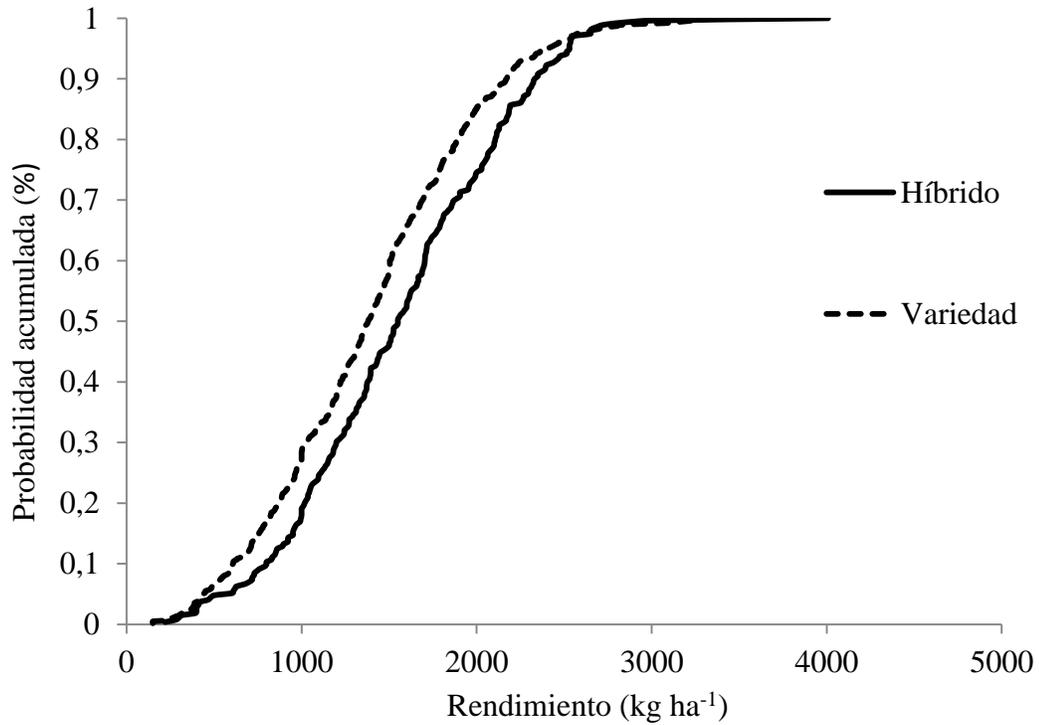


Figura No. 22. Probabilidad acumulada del rendimiento según tipo de material (híbrido o variedad).

Es importante también analizar el número de materiales que utilizaron los productores para así obtener un análisis más completo de qué tipo de cultivares se usan, y la diversidad de los mismos. En este sentido, el número de materiales por año es variable, con tendencia al aumento en el número utilizado. Sin embargo, en la última zafra en estudio se observa una disminución del número de materiales (Figura 23).

Año	No. materiales	Inv./ Prim.	Hib./ Var.
2011	5	1 I → 4 P →	1 H → 3 H → 1 V →
2012	10	2 I → 8 P →	2 H → 4 H → 4 V →
2013	10	2 I → 8 P →	2 H → 4 H → 4 V →
2014	11	2 I → 9 P →	2 H → 4 H → 5 V →
2015	11	11 P →	7 H → 4 V →
2016	6	6 P →	3 H → 3 V →

Figura No. 23. Número de materiales por zafra, clasificadas en primaverales (P) o invernales (I) y variedad (V) o híbridos (H).

Para todas las zafras los materiales primaverales superaron a los invernales en superficie de siembra, y a su vez, dentro de éstos las variedades son preferentemente sembradas frente a los híbridos (Figura 24).

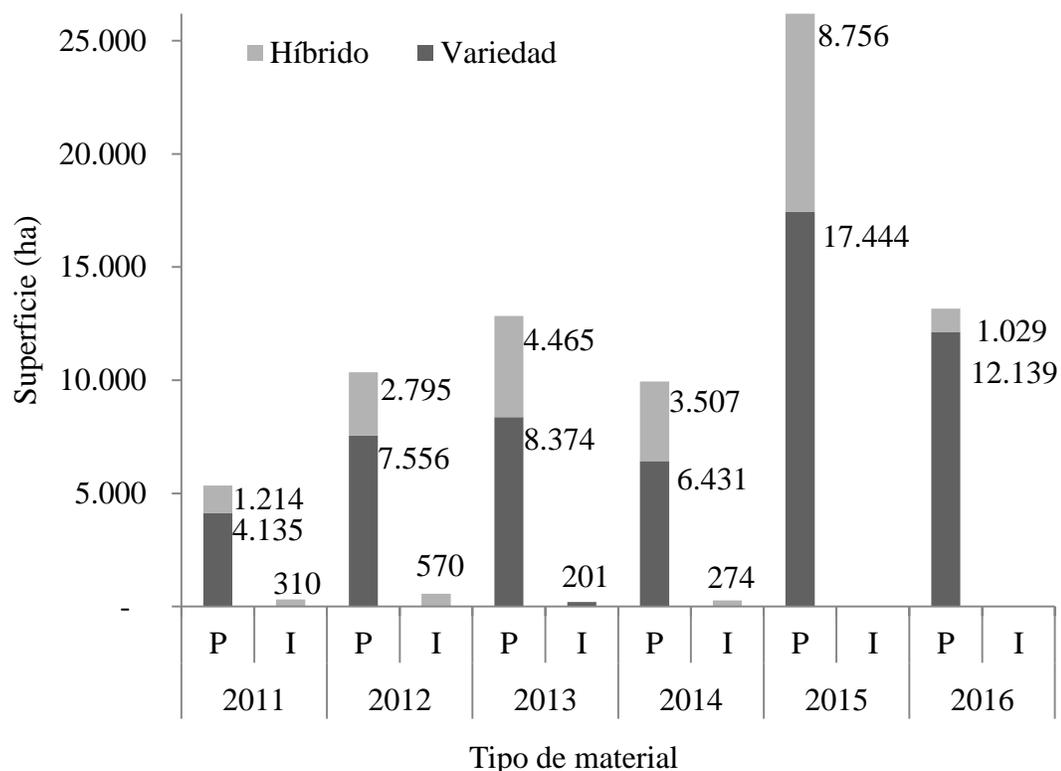


Figura No. 24. Superficie en función del tipo de material y zafra

#### 4.10. COSECHA

La cosecha es otra de las variables agronómicas estudiadas ya que pérdidas importantes en rendimiento se pueden dar en este momento. Al analizar la base de datos disponible se observó que en el 60% de los casos la cosecha se realizó de forma directa y un 40% mediante corte e hilerado, en todos los períodos. No existe un método de cosecha que optimice los rendimientos generados, sino que depende del momento de cosecha, el uso de adherentes o desecantes en el caso de la cosecha directa, la maquinaria a utilizar y costos de ambos métodos (Figura 25).

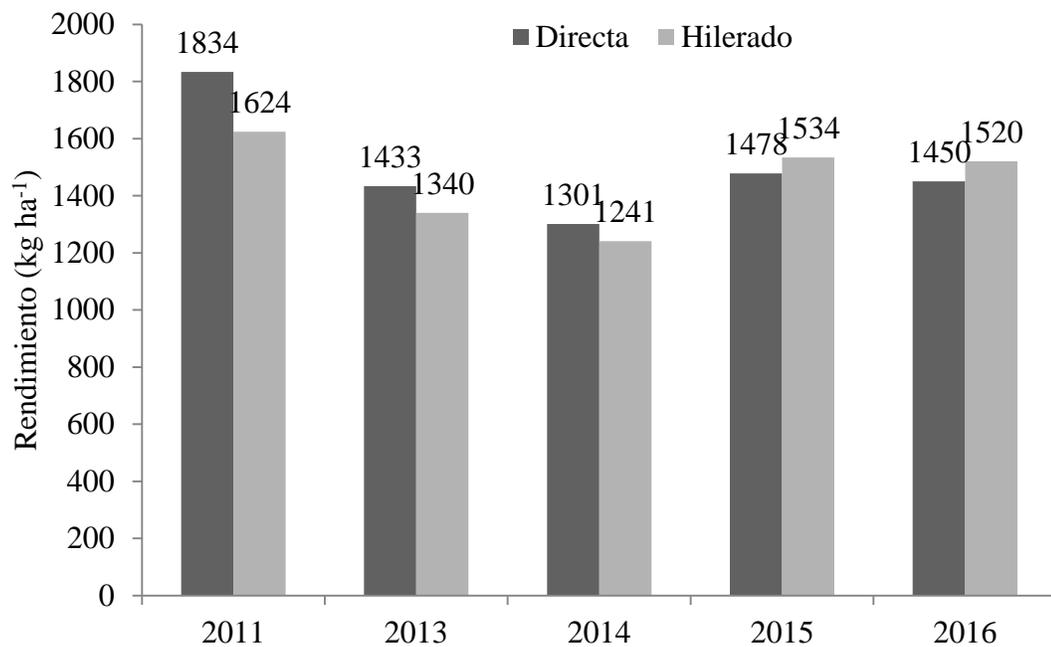


Figura No. 25. Rendimiento en función del método de cosecha (directa o hilerado) según zafra

Al comparar los métodos de cosecha tampoco se encontraron variaciones en cuanto a cuerpos extraños, tanto en el año 2011 como en el 2014, sin embargo, sí existieron en el año 2013 en el que con hilerado los cuerpos extraños sumaron más del 2% (Figura 26). Cabe destacar que para las zafras 2012, 2015 y 2016 no se contó con el dato por lo que no fue incluido en la figura.

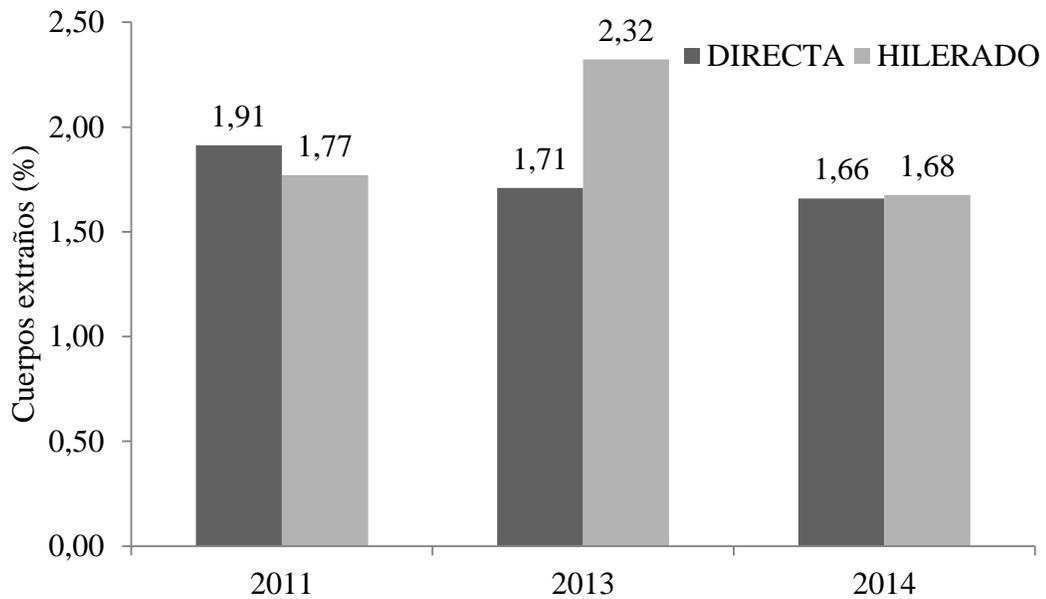


Figura No. 26. Cuerpos extraños en función del método de cosecha para las zafas 2011, 2013 y 2014

#### 4.11. COSTOS

##### 4.11.1. Costo de maquinaria

Con respecto a los costos de siembra, la tendencia fue a la suba, al comparar los métodos, se pudo observar que la siembra de precisión presentó mayores costos con una marcada diferencia respecto a la siembra a chorrillo. La mayor diferencia entre ambos métodos se presentó en los años 2014 y 2015 con una variación de US\$ 22, para una posterior caída en los costos de las dos opciones en el año 2016 (Figura 27).

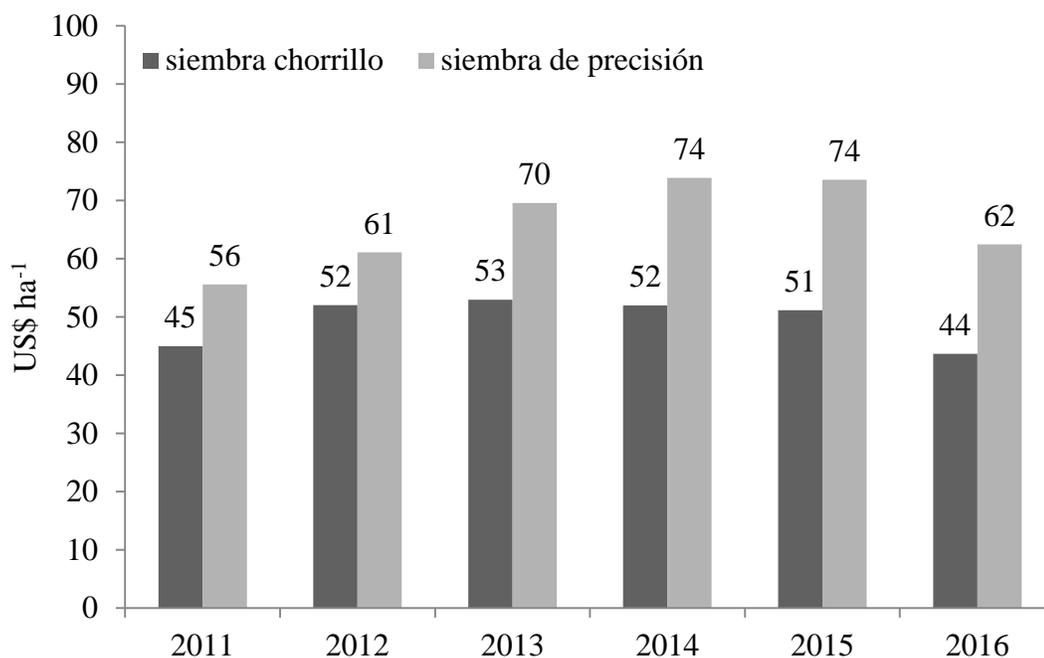


Figura No. 27. Evolución de los costos de métodos de siembra

El costo del método siembra a chorrillo presentó una variación de aproximadamente 10 US\$ ha<sup>-1</sup>, con mínimos de 44 US\$ ha<sup>-1</sup> en el año 2016 y máximos de 53 US\$ ha<sup>-1</sup> en el 2013. Los costos de la siembra de precisión fueron más variables oscilando entre 55 y 74 US\$ ha<sup>-1</sup>.

Del total de chacras un 65% (576 chacras) utilizó sembradoras a chorrillo mientras que un 32% (286 chacras) sembraron con el método siembra de precisión. Cabe destacar que un 3,5% (31 chacras) se realizó mediante siembras al voleo las cuales no se tuvieron en cuenta al analizar los costos dada su baja proporción en el total.

Los métodos de cosecha utilizados en la base de datos fueron cosecha directa, cosecha mediante corte e hilado y cosecha directa con aplicación de adherente. Los costos se han mantenido parcialmente estables en el período evaluado. El método de cosecha de menor costo fue cosecha directa (sin aplicación de adherente) oscilando en los 70 US\$ ha<sup>-1</sup> y fue utilizado en el 25% de las chacras.

Cabe destacar que el método cosecha directa fue realizado en el 60% de los casos, del cual un 25% lo realiza sin aplicación de adherente y el restante 35% con aplicación del mismo. El método de cosecha con previo hilado se realizó en el 40% de las chacras.

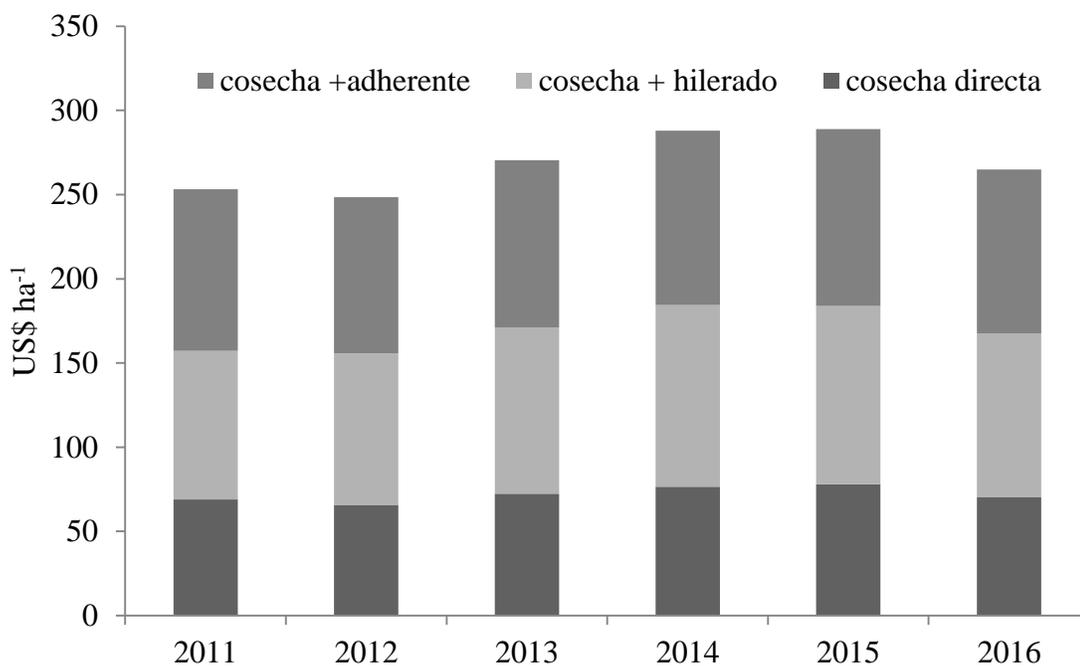


Figura No. 28. Costos de los distintos métodos de cosecha

Los otros dos métodos presentaron costos similares entre sí al analizarlos año a año, con un valor aproximado a los 98 US\$ ha<sup>-1</sup> con mínimos de 88 US\$ ha<sup>-1</sup> en el año 2011 y máximos de 105 US\$ ha<sup>-1</sup> en el año 2015.

Con el fin de analizar los costos de las dos labores en su conjunto, se presenta a continuación la comparación de éstos entre los distintos métodos de siembra y cosecha.

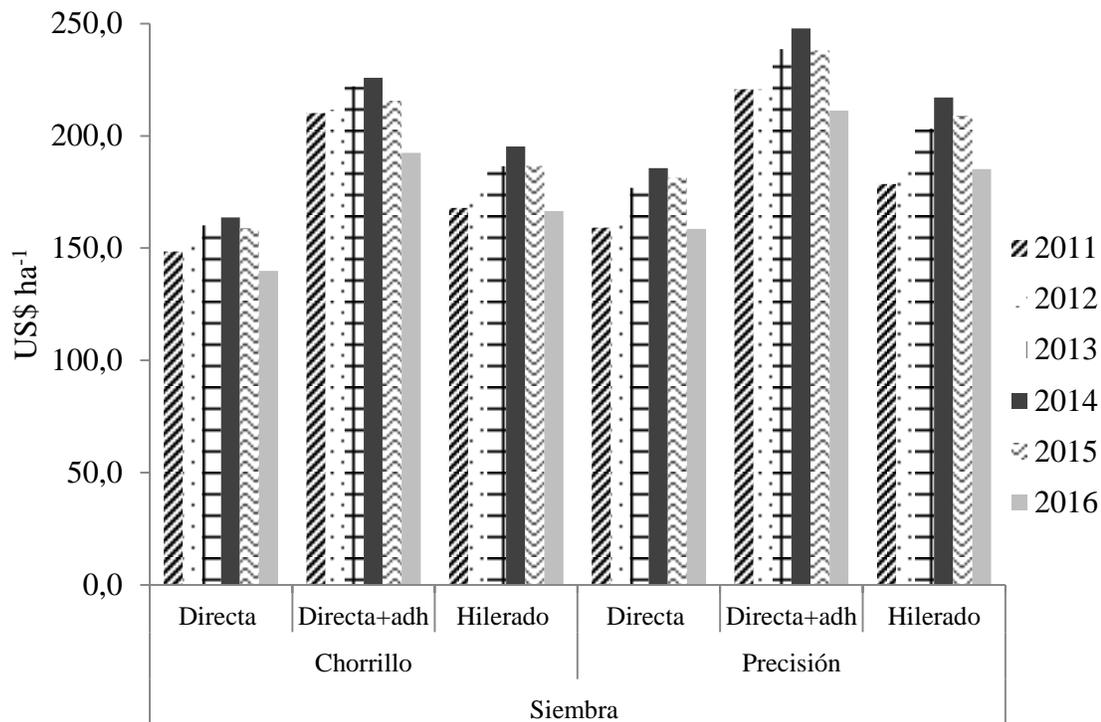


Figura No. 29. Costos combinados de siembra y cosecha

La combinación de labores agrícolas más económica es siembra a chorrillo y cosecha directa, que significan 150 US\$ ha<sup>-1</sup> y un equivalente medio de 330 kg ha<sup>-1</sup> de grano, el 22% del rendimiento promedio nacional.

En contraposición, la combinación de mayor costo es siembra de precisión y cosecha directa con adherente, con un valor aproximado de 220 US\$ ha<sup>-1</sup> resultando en 493 kg ha<sup>-1</sup>, una tercera parte del promedio nacional.

Para todos los casos e indistintamente del paquete utilizado, la tendencia de los costos fue a la suba, hasta llegar a un máximo en el año 2014 y luego a la baja para los siguientes años (Figura 29).

#### 4.11.2. Costos de fertilizante

La siguiente figura muestra los dólares promedio por hectárea que se utilizaron en cada zafra, separados en cada nutriente (N, P y K). La marcada tendencia a la baja se debe a la disminución de los precios, no a la disminución de la dosis aplicada del fertilizante. El impacto se visualiza especialmente luego del año 2013, donde hay una caída notoria de precios. En el caso del potasio (K) hay una disminución en el costo, pero también en la dosis utilizada por hectárea. El fósforo siguió la regla general de

precio por cantidad, cuándo el precio disminuyó las dosis aumentaron y cuándo el precio aumentó las dosis aplicadas fueron menores.

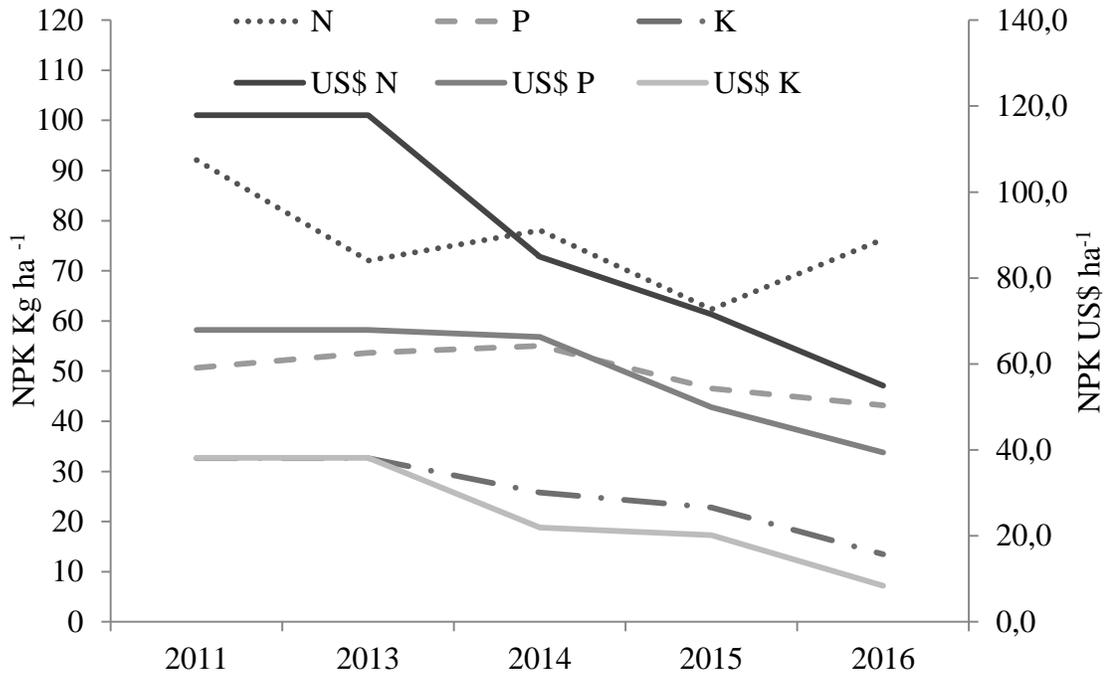


Figura No. 30. Dosis aplicada y el costo de todos los nutrientes (N-P-K)

En las últimas zafras en estudio se invirtieron menos dólares en fertilizante que las primeras, no por haber disminuido las dosis aplicadas sino por la baja en el precio del insumo (Figuras 30 y 31). En promedio para todos los años se gastaron 75 US\$ ha<sup>-1</sup> de N, llegando a un máximo de 242 en el 2011 y un mínimo de 0 US\$ ha<sup>-1</sup> para todos los años. En el total del período, el desvío estándar disminuyó un 54%, lo que significa que hay menor variación en el rango de dólares gastados (Anexo 2).

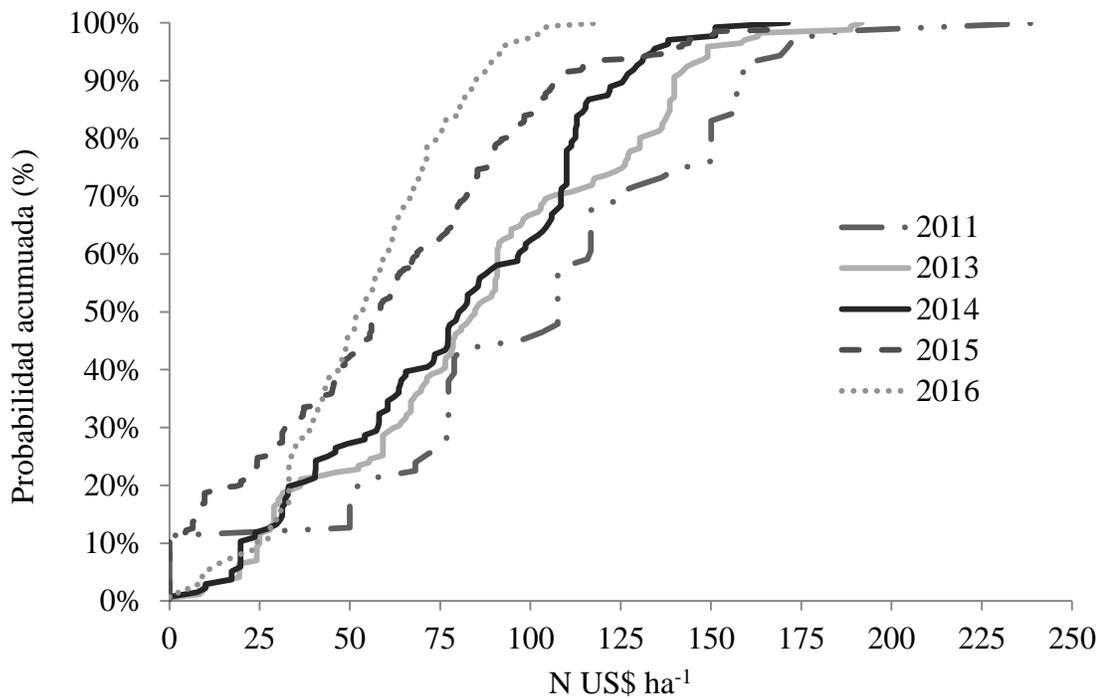


Figura No. 31. Probabilidad acumulada de costo de nitrógeno (N) total aplicado en cada chacra para el período en estudio

Para el caso de P en promedio para todo el período se gastaron  $50 \text{ US\$ ha}^{-1}$ , con un máximo de 139 en el año 2014 y  $0 \text{ US\$ ha}^{-1}$  en todos los años y el desvío estándar fue menos variable que para nitrógeno y se mantuvo en el rango de 25 a 18  $\text{US\$ ha}^{-1}$  (Anexo 3).

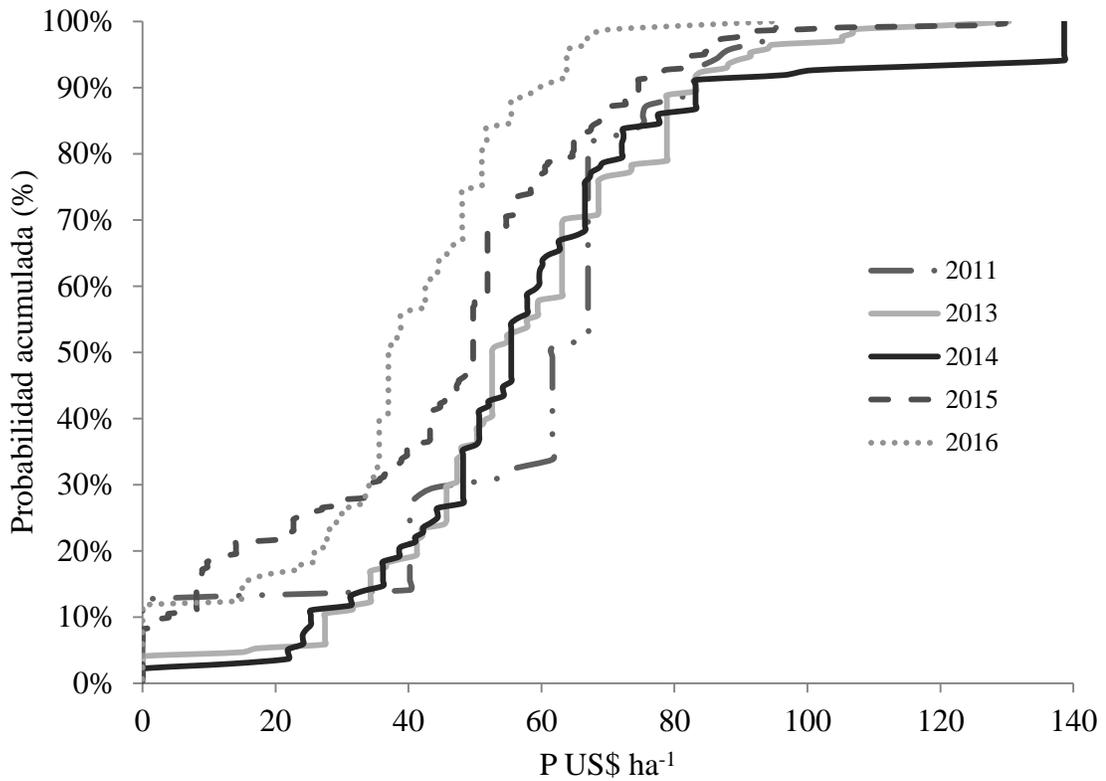


Figura No. 32. Probabilidad acumulada de costo de fósforo (P) total aplicado en cada chacra para el período en estudio

Para el caso del K, la probabilidad de que no se agregue el nutriente fue del 40% en todas las zafras (Figura 33), en el año 2016 la probabilidad de no agregarlo alcanzó el 80%. Se desprende que el potasio es un nutriente que no se agrega en todas las chacras, y hay una tendencia a no agregarlo a medida que transcurren los años o se han seleccionado sitios dónde el agregado no es necesario en la actualidad.

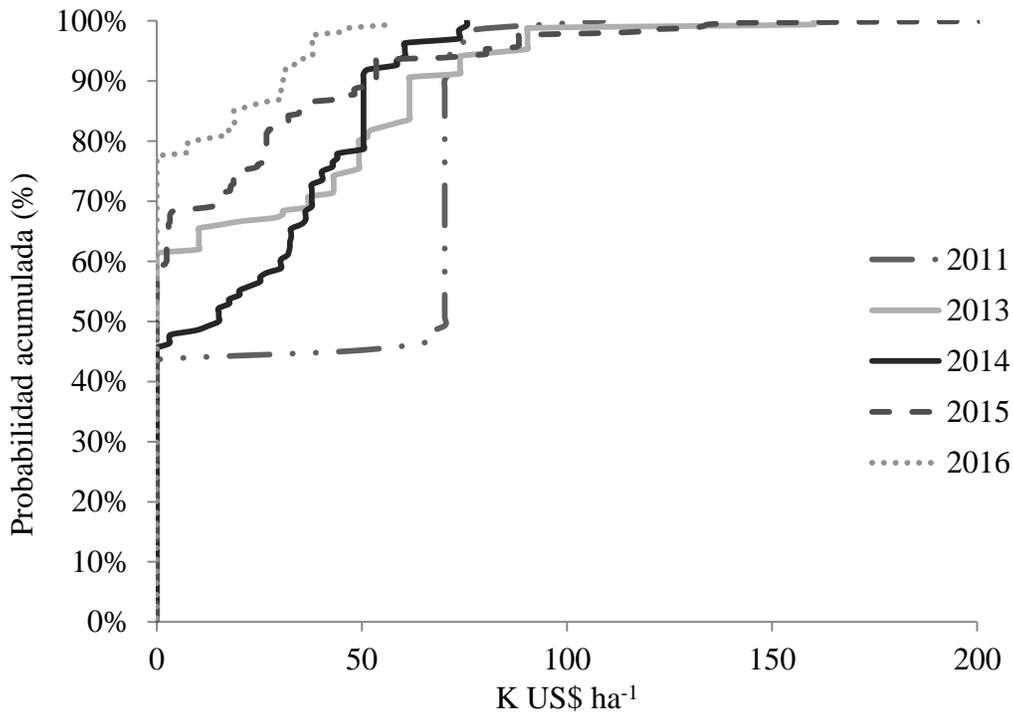


Figura No. 33. Probabilidad acumulada de costo de potasio (K) total aplicado en cada chacra para el período en estudio

#### 4.12. MARGEN BRUTO

Al evaluar el margen bruto se pudo observar que la chacra que logró el mayor margen bruto (1307 US\$ ha<sup>-1</sup>) fue en la zafra 2011 catalogada como "buen año", en la zona del Litoral. El paquete utilizado fue siembra a chorrillo con materiales híbridos, cosecha directa, logrando una buena bonificación en aceite y sin descuentos por secado ni por cuerpos extraños, llegando a un rendimiento de 4100 kg ha<sup>-1</sup>, casi tres veces por encima al rendimiento promedio nacional.

Por otra parte, la chacra con el margen bruto más negativo (-397 US\$ ha<sup>-1</sup>) se dio en la zafra 2014 considerado un "año malo", en la zona Norte. El paquete empleado fue siembras a chorrillo con materiales híbridos, cosecha mediante hilerado, descuentos por cuerpos extraños, aunque no por humedad, obteniendo un rendimiento de 380 kg ha<sup>-1</sup>, 75% menos que el promedio nacional.

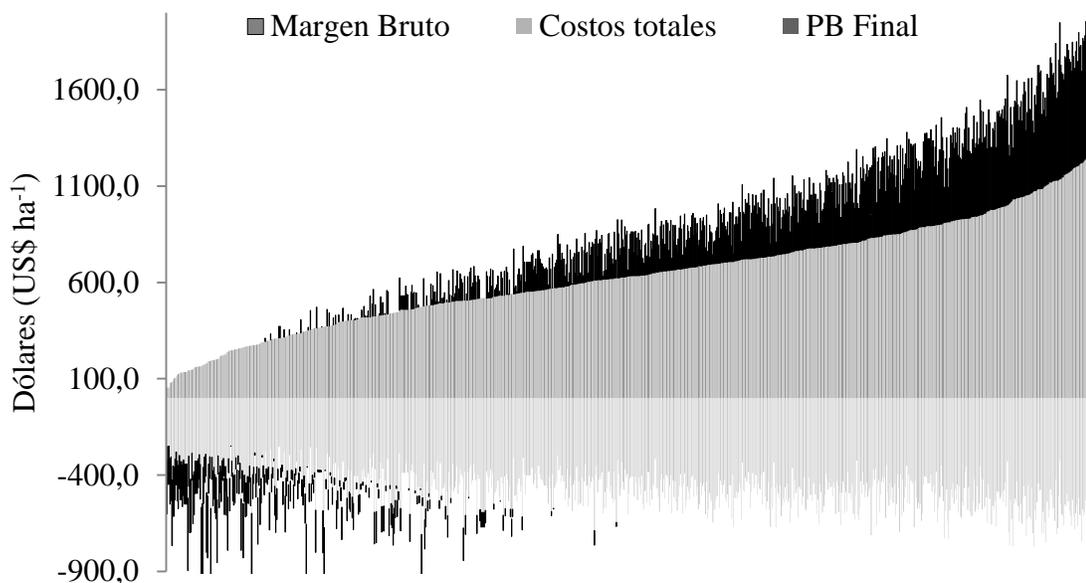


Figura No. 34. Producto bruto, costos totales y sus respectivos márgenes por chacra

Del total de chacras de la zafra 2011 solo un 15% de éstas arrojaron márgenes negativos, siendo el menor de todos los años, lo que avala la afirmación de que fue un año “bueno”. En el otro extremo, el 2014 se presenta como año “malo” con un 34% de chacras con margen negativo.

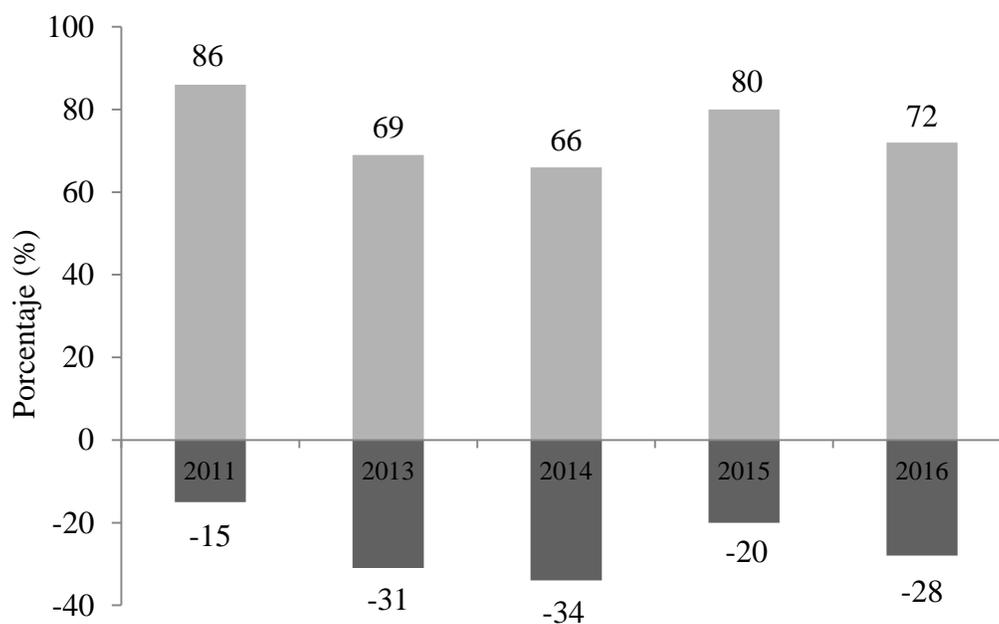


Figura No. 35. Porcentaje de márgenes positivos y negativos para las distintas zafras

#### 4.13. RENDIMIENTO DE EQUILIBRIO

El rendimiento de equilibrio es aquel que equipara a los costos de la actividad, dando un margen bruto igual a 0, es decir, sin ganancias ni pérdidas. Para todas las zafras el rendimiento de equilibrio oscila entre 1000 y 1200 kg ha<sup>-1</sup>, en el año 2015 se necesitó menor cantidad de kilogramos de grano para cubrir los costos. En contraposición en los años 2013 y 2014 obtuvieron el mayor rendimiento de equilibrio (Figura 36). Cabe destacar que no se tuvieron en cuenta los costos de estructura ni renta de la tierra.

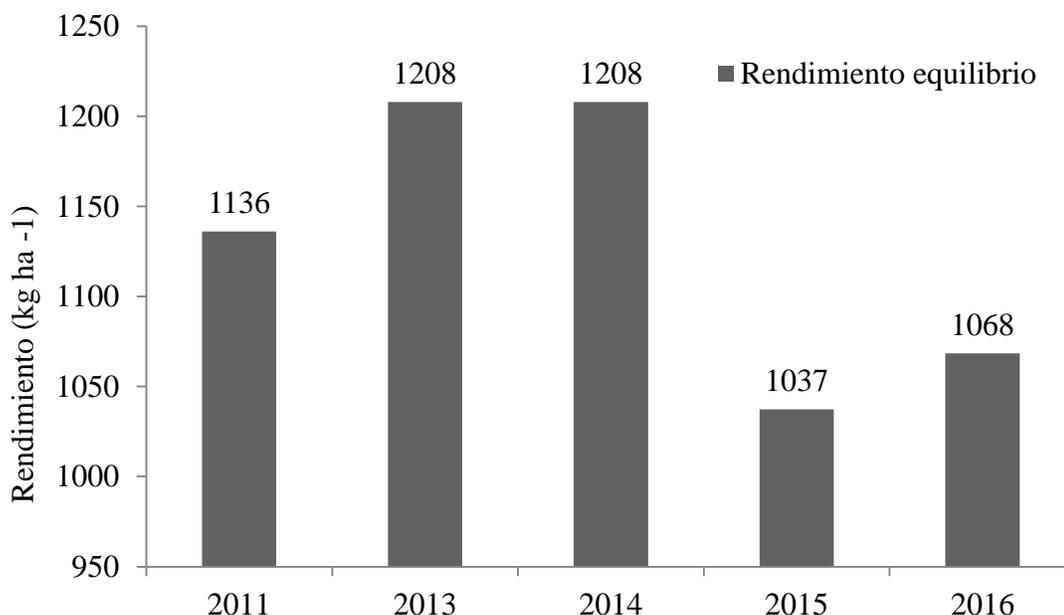


Figura No. 36. Promedio ponderado del rendimiento de equilibrio para cada zafra

#### 4.14. ANALISIS DE RIESGO

Con el fin de estimar el posible resultado económico de la siguiente zafra (2018-2019) se realizaron dos análisis de riesgo según la zona, por un lado, se estudiaron las zonas, Litoral Oeste (L-O), y por otro, las zonas Centro, Este, Norte y Sur (C-E-N-S).

##### 4.14.1. Zona Litoral Oeste

A continuación, se presenta el árbol de resultado global para una interacción realizada para el Litoral Oeste.

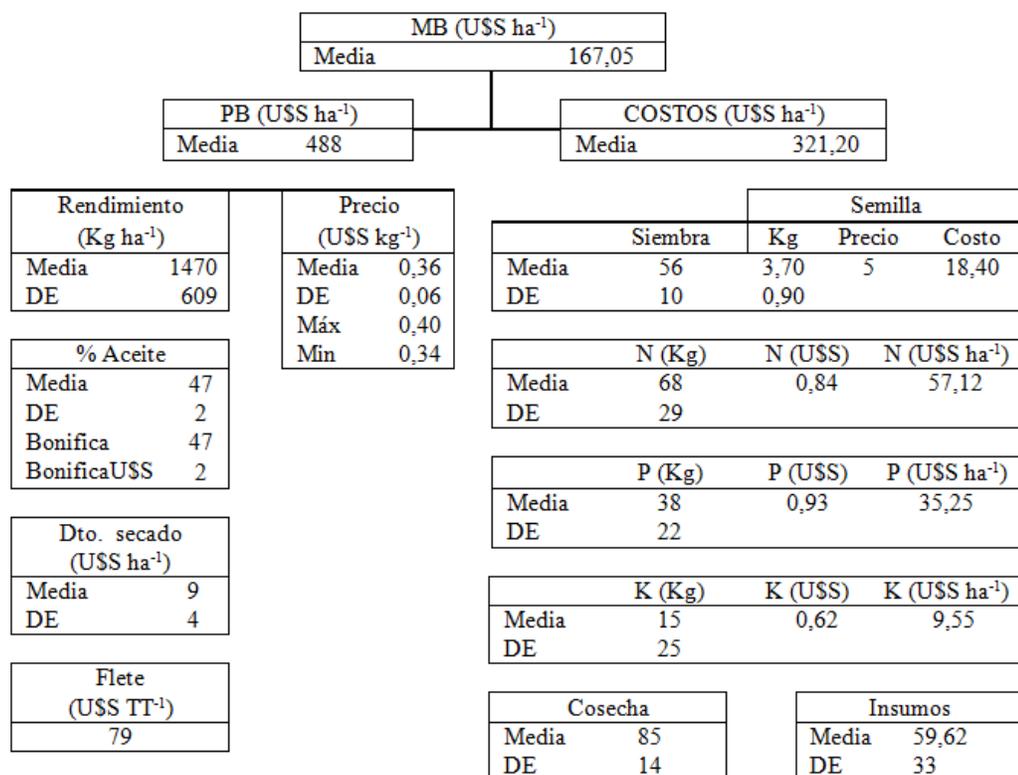


Figura No. 37. Árbol de resultado global Litoral Oeste para una iteración.

Al correr el programa simulAr se obtuvo que la mediana de los datos de esta zona tiene un margen bruto de 135 US\$ ha<sup>-1</sup>, un promedio de 128 US\$ ha<sup>-1</sup>, con un mínimo de -359 US\$ ha<sup>-1</sup> y un máximo de 830 US\$ ha<sup>-1</sup>. De la simulación efectuada se obtuvo el histograma de frecuencias donde se observa la probabilidad acumulada en función del margen bruto. Para esta zona existe un 30% de probabilidad de obtener márgenes brutos negativos y un 70% positivos. La probabilidad de obtener márgenes mayores al promedio es del 52% y tan solo el 10% llegaría a márgenes superiores a los 500 US\$ ha<sup>-1</sup>.

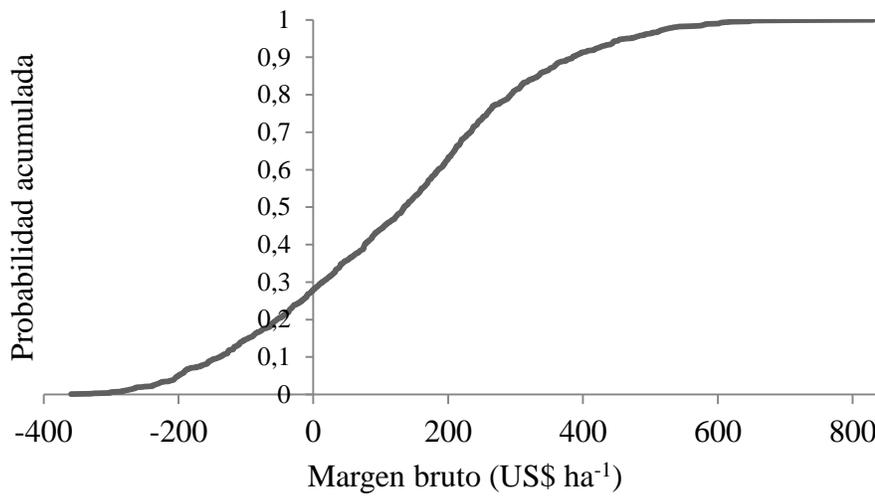


Figura No. 38. Probabilidad acumulada de margen bruto del litoral oeste.

A los valores de cada variable de entrada se le evaluó la regresión con el margen bruto, de manera de evaluar la incidencia de cada una, es decir mostrando el impacto que tiene cada variable en el margen bruto a obtener. De esta forma se observa que el costo de los nutrientes (N P K) son los que tienen mayor incidencia en el margen bruto (Figura 39).

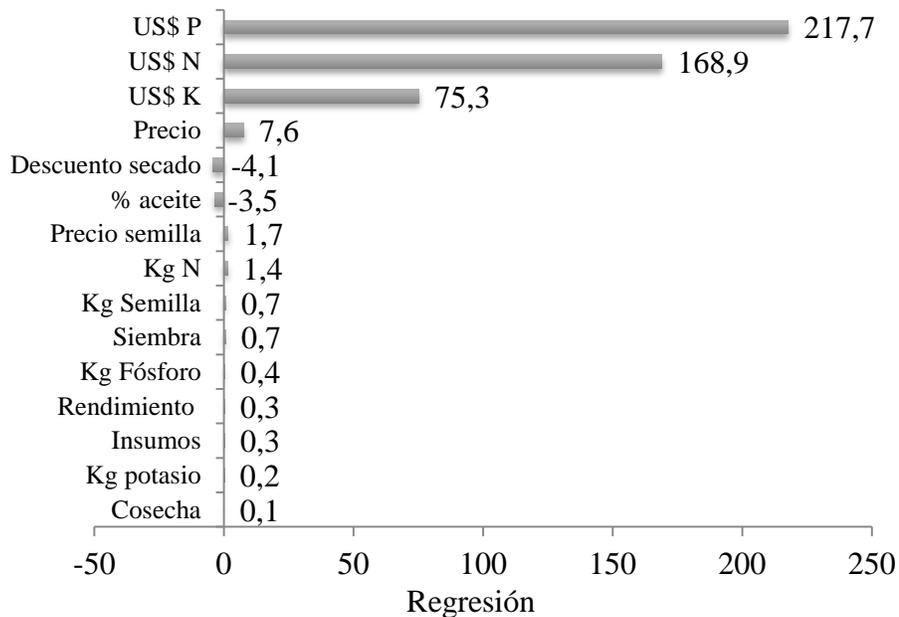


Figura No. 39. Análisis de beta regresión.

Los dólares de fósforo es la variable de entrada que mayor impacto tiene en la variable de salida (margen bruto), lo que significa que un aumento en una unidad de dólares de fósforo incrementaría en 218 US\$ ha<sup>-1</sup> el margen. Seguido de dólares de nitrógeno y potasio con 169 y 75 US\$ ha<sup>-1</sup> respectivamente.

Al estudiar el análisis de correlación se observa que la variable rendimiento presenta el mayor coeficiente de correlación (0,95), es decir al aumentar el rendimiento en grano se incrementará el margen bruto en casi la misma proporción, ya que coeficientes iguales a 1 significan que el aumento de la variable de entrada repercute con la misma magnitud en la variable de salida.

La variable que le sigue son los kilogramos de nitrógeno agregado, con apenas un coeficiente de correlación de 0,19. En el resto de las variables estudiadas no se encuentra un patrón de correlación (Figura 40).

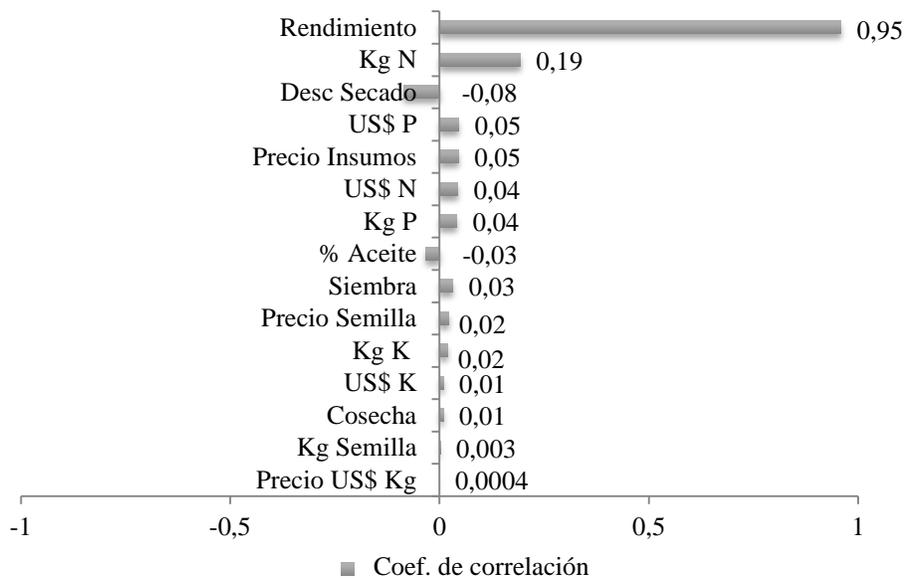


Figura No. 40. Correlación entre variables de entrada y la variable de salida.

#### 4.14.2. Zona Centro, Este, Norte, Sur

Para esta zona se presenta el correspondiente árbol de resultado global.

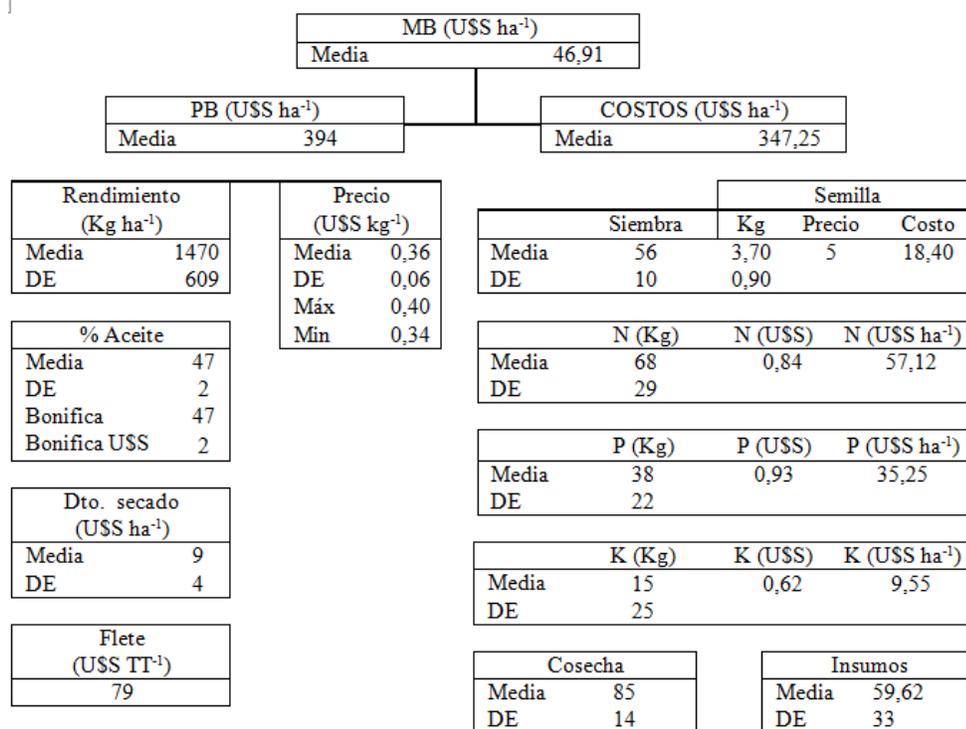


Figura No. 41. Árbol de resultado global C-E-N-S para una interacción.

El estudio estadístico del conjunto de zonas C-E-N-S, obtuvo una mediana de 51 US\$ ha<sup>-1</sup>, 60% por debajo a la zona del punto anterior. El promedio fue de 61 US\$ ha<sup>-1</sup>, con mínimos de -336 US\$ ha<sup>-1</sup> y máximos de 629 US\$ ha<sup>-1</sup>.

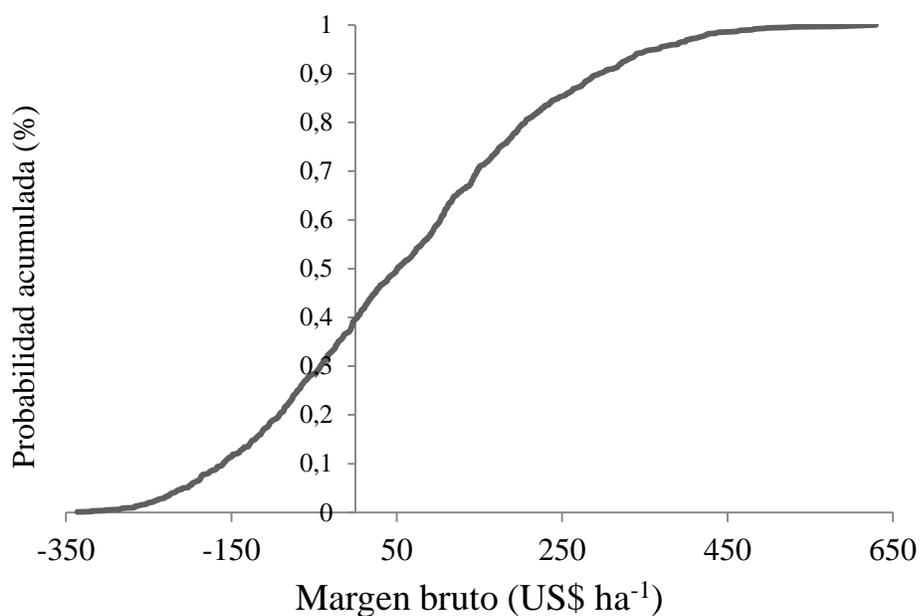


Figura No. 42. Probabilidad acumulada según margen bruto zona C-E-N-S.

Para esta zona existe un 40% de probabilidad de obtener márgenes brutos negativos y un 60% positivos, donde se lograría superar el promedio con el 48% de probabilidad. Cabe destacar que, a diferencia de la zona anterior, tan solo con el 1% de probabilidad se alcanzarían márgenes brutos por encima de 500 US\$ ha<sup>-1</sup>.

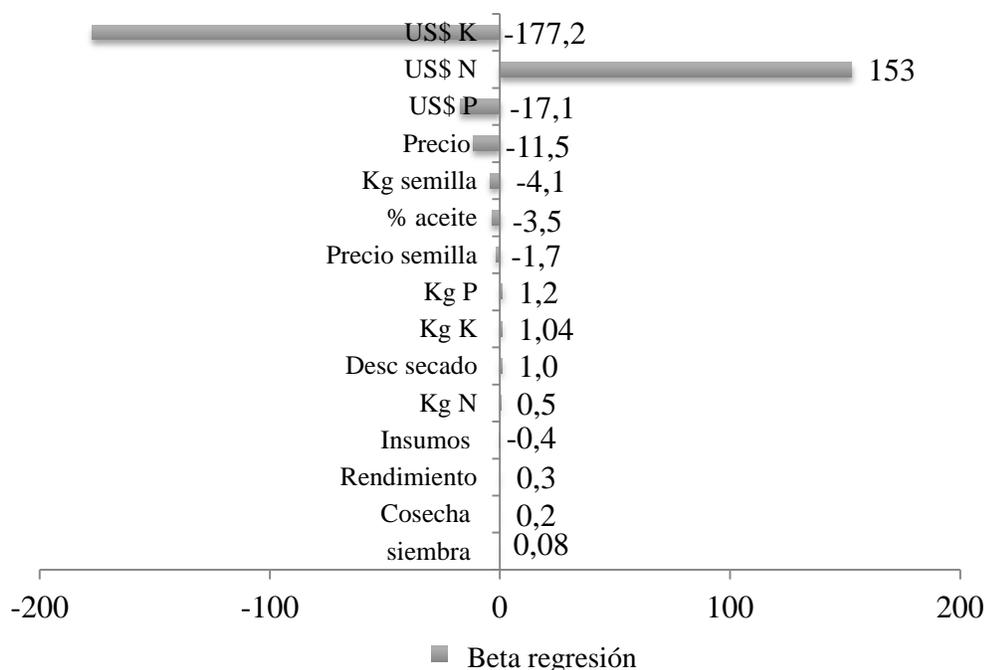


Figura No. 43. Análisis Beta regresión zona C-E-N-S

Las variables de entrada que mayor incidencia tienen en el margen bruto son los dólares invertidos en nutrientes (N-P-K) al igual que en la zona anterior, pero en distinto orden de importancia. Al aumentar en una unidad los dólares de potasio, disminuye 177 US\$ ha<sup>-1</sup> el margen. Los dólares de nitrógeno se comportan de manera contraria, donde aumentaría el margen a 153 US\$ ha<sup>-1</sup>. Cabe destacar que de este estudio solamente una variable repercutiría positivamente en el resultado final, el resto de las variables impactan negativamente o bien no tienen incidencia (Figura 43).

El estudio de correlaciones coincide con la zona anterior, donde el rendimiento es la variable que mejor se correlaciona con el margen bruto (0,96), seguida por los kilogramos de nutrientes, siendo fósforo el de mayor relevancia entre éstos (Figura 44).

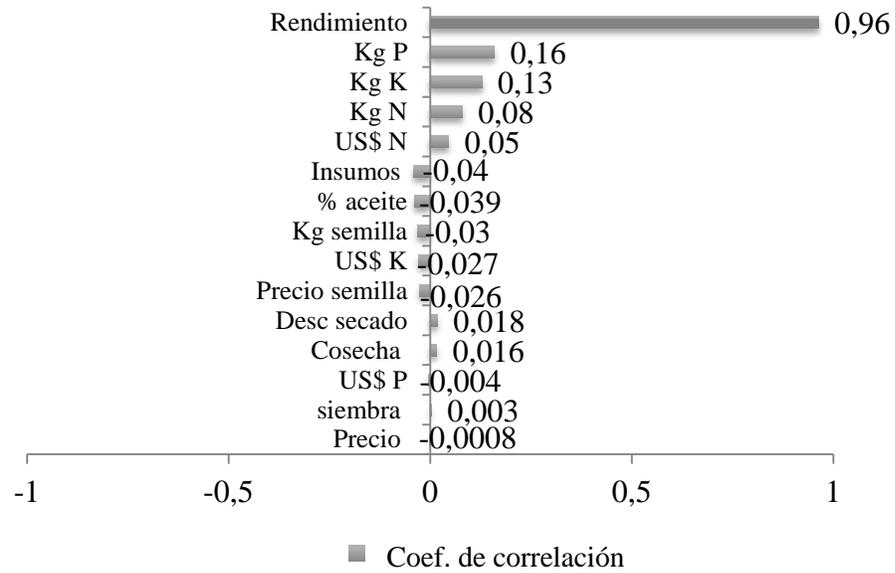


Figura No. 44. Correlación entre variables de entrada y la variable de salida zona C-E-N-S.

## 5. CONCLUSIONES

El cultivo de colza se concentra en la zonas Litoral-Oeste (77% del total para el año 2016), zona más agrícola del país. Sin considerar el año de evaluación se concluye que el efecto zona determinó mayores o menores márgenes. La proporción de márgenes negativos aumentó en la medida que se aleja de las zonas agrícolas por excelencia, al norte del país todas las chacras arrojaron márgenes brutos negativos, seguido por zona este llegando al 60%.

El efecto año repercute favorable o negativamente en el cultivo tanto en su productividad como en su margen bruto. El año 2011 catalogado como año “bueno” generó los mejores resultados productivos, el 50% de las chacras superaron la media nacional alcanzando los 1670 kg ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, en el año 2014 considerado año “malo” los rendimientos del 50% de los casos cayeron en un 26% alcanzando los 1230 kg ha<sup>-1</sup>.

Dentro de los meses de abril, mayo y junio no existió una fecha de siembra óptima, ni una densidad poblacional (20 y 110 pl m<sup>-2</sup>) garantice un máximo rendimiento. Exceptuando el año 2011 el método de siembra más utilizado fue siembra con sembradora a chorrillo. Si bien no existió un método de siembra que optimice los rendimientos generados, este método podría haber sido seleccionado ya que su costo en todos los años fue considerablemente inferior que siembras de precisión, aproximadamente 15 US\$ ha<sup>-1</sup> menos.

El hecho de fertilizar con más de 60 kg N ha<sup>-1</sup> aseguró alcanzar producciones similares o mayores a la media nacional, siendo el nitrógeno el determinante a la hora de generar rendimiento y consecuentemente margen bruto. La mayor respuesta en rendimiento al agregado de azufre se presentó en el rango de 15 a 30 kg S ha<sup>-1</sup>.

Para todos los años, realizar cosecha directa con aplicación de adherente o cosecha con corte e hilerado presentó costos iguales, por lo que entre elegir realizar una u otra, se opta por la segunda opción, ya que, ante una adversidad climática, tengo una oportunidad más de cosecha. El paquete de cosecha más barato es cosechar directamente sin aplicar adherente.

En el año en que se obtuvo mayor rendimiento en grano, también se logró mayor rendimiento en aceite. A mayor rendimiento, serán mayores los kilogramos de materia grasa, a pesar de que el porcentaje de aceite en grano se mantenga constante independientemente del rendimiento y por lo tanto será mejor la bonificación de aceite, lo que lleva a un mayor producto bruto y por lo tanto mejores márgenes brutos.

Se concluye que el principal determinante del rendimiento fue el efecto zona, diferenciando el Litoral Oeste con los mejores rendimientos y por otro lado las zonas

Norte, Este, Centro y Sur con los menores. El segundo factor que más impactó en el rendimiento es la fertilización, en este sentido en la zona Litoral Oeste, el nitrógeno es el de mayor relevancia seguido por fósforo para el grupo de chacras de mayor agregado de nitrógeno. Mientras que, en la otra zona, el azufre es el principal nutriente en generar variabilidad, determinando que, para el grupo de mayor agregado de azufre, el siguiente factor de importancia vuelve a ser la zona. En cambio, en el grupo de menor agregado, la población es el factor que más impacta.

Al realizar análisis de riesgo previendo el futuro próximo (siguiente zafra), se desprende que las zonas de menor potencial de producción (C-E-N-S) tienen mayor probabilidad de sacar márgenes bajos o nulos (40%), con un promedio de ganancias de 60 US\$ ha<sup>-1</sup>, en cambio el hecho de ubicarse en el Litoral Oeste (elevado potencial de producción) el promedio de ganancias sería más del doble (128 US\$ ha<sup>-1</sup>) siendo menor también la probabilidad de obtener márgenes brutos nulos (30%).

En ambos casos los dólares gastados en nutrientes serían las variables de mayor impacto. La variable que mejor correlaciona con el margen bruto es el rendimiento en grano, donde aumentos en una unidad de este aumentarían en la misma proporción las ganancias.

Como conclusión general se puede apreciar que la zona donde se ubique el cultivo y el agregado de nutrientes, especialmente nitrógeno son los factores que hacen que el margen a obtener aumente o disminuya lo que se ve complementado por prácticas agronómicas a realizar y el efecto año.

## 6. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar las variables agronómicas que afectan el margen bruto del cultivo de colza, se estudió la base de datos de productores que realizaron contratos de venta con la empresa ALUR en el período correspondiente a las zafras 2011/12 al 2015/16. La base contó con datos de 890 chacras ubicadas en seis zonas del país: Sur, Este, Centro, Oeste, Litoral y Norte con información acerca de las siguientes variables: rendimiento, fecha de siembra, método de siembra, antecesor de invierno y de verano, cultivares utilizados, arreglo espacial, fertilización y tipo de cosecha. Partiendo de estas variables, se evaluó de qué manera condicionaron el margen bruto (diferencia entre producto bruto y costos). El producto bruto se obtuvo del rendimiento promedio, multiplicado por el precio de cada año, sumándole la bonificación de aceite, y restando el secado y los cuerpos extraños como lo estipula el contrato con ALUR. Por otra parte, los costos considerados fueron semilla, siembra, fertilización (NPK), paquete tecnológico, cosecha y flete. En cuanto al rendimiento promedio teniendo en cuenta todas las zafras, hay un 50% de probabilidad de obtener  $1430 \text{ kg ha}^{-1}$ , similar al promedio nacional ( $1500 \text{ kg ha}^{-1}$ ). En el año 2011 se obtuvieron los rendimientos promedio máximos, mientras que en el 2014 los mínimos. Respecto a la variable fecha de siembra, para todos los años, al 15 de junio se encuentra sembrada entre el 80 y 95% del área total. El antecesor de verano predominante en todos los años y en todas las zonas es la soja, sin efecto del factor soja de primera o de segunda, mientras que para el antecesor de invierno no se evidenció una clara tendencia, sino que fue variable entre trigo y barbecho. Con respecto a la población, se encontró que no hay diferencia en rendimiento dentro del rango de 20 a  $80 \text{ pl m}^{-2}$ , siendo consistente con la información nacional ya existente. Los resultados del análisis de respuesta a la fertilización, mostraron que el agregado de nitrógeno afecta positivamente el rendimiento, siendo las dosis mayores a  $20 \text{ kg ha}^{-1}$  las de mayor impacto. En cuanto a la fertilización azufrada, también se encontró respuesta positiva en rendimiento y efectos negativos en deficiencia del mismo. La última variable en estudio es el método de cosecha, predominando en un 60% de los casos el método de cosecha directa frente a corte e hilerado. En relación a los costos, se calculó el rendimiento equilibrio, el cual varía entre 1000 y  $1200 \text{ kg ha}^{-1}$  para las distintas zafras. Los costos de fertilización, han ido en descenso debido a una baja en los precios. En cuanto al método de siembra, los costos de siembra a chorrillo y precisión mostraron una tendencia a la suba hasta el año 2014, asimismo la brecha entre los métodos también ha ido en aumento. Los costos de cosecha se mantuvieron dentro de rangos acotados a lo largo de todas las zafras. En términos de margen bruto, en el 2011 se obtuvo el mayor margen ( $1307 \text{ US\$ ha}^{-1}$ ) mientras que en la zafra 2014 el menor ( $-397 \text{ US\$ ha}^{-1}$ ), dichas diferencias se explican en gran medida por el efecto año. A su vez, la zafra 2011 fue la de menor porcentaje de chacras con márgenes negativos, no superando el 15%. Por el contrario en la zafra 2014 el porcentaje asciende a más de 30%, seguido de las zafras 2013 y 2016.

Palabras clave: Colza; Rendimiento; Margen Bruto; Producto Bruto; Costos.

## 7. SUMMARY

In order to evaluate the agronomic variables which affect the gross margin of rapeseed crop, a data base regarding agricultures who had sale contracts with the Uruguayan company “alcoholes del Uruguay” (ALUR) had been studied between 2011/12 and 2015/16. The data base contains information about 890 establishments, located in six areas around the country: south, east, centre, west, coast and north. It compiles information about the following variables: yield, sowing date, sowing method, winter and summer predecessor, cultivars, space arrangement, fertilization and type of harvest. Having these variables analyzed, we proceeded to evaluate how did they conditioned the gross margin (difference between gross product and costs). The gross product was obtained from the average yield, multiplied by each year’s price, plus the oil bonus, minus the value of the drying and strange elements as it is stipulated in the contract with ALUR. On the other hand, the costs included seed, sowing, fertilizer (NPK), technological pack, harvest and freight. There is 50% of probability to obtain an average yield of 1430 kg ha<sup>-1</sup> if we consider the whole period, which is similar to the national average. In 2011, the maximum average yields were achieved, in detriment of the year 2014 which were the lowest ones. In addition, up to the 15<sup>th</sup>. of June between 80 and 95% of the total sowing area was reached. The predominant summer antecessor in all the years was soy bean, having no effect whether it was first or second, and for the winter antecessor there was no evidence of a tendency, it was variable between wheat and fallow. Regarding the space arrangement, there is no difference in yield between 20 and 80 pl m<sup>-2</sup>, having the same result as local research. Taking fertilization into consideration, doses above 20 kg N ha<sup>-1</sup> had the strongest impact on the yield and sulfuric fertilization also had a positive impact. Finally, the most applied harvest method was the direct harvest when comparing to cut and swath. The balance yield was calculated, between 1000 and 1200 kg ha<sup>-1</sup>. Fertilizer costs dropped due to lower prices while sowing method costs raised until 2014. The harvest costs have not experienced many changes along the years in study. It is worth to highlight that the gross margin in 2011 reached a maximum (1307 US\$ ha<sup>-1</sup>) meanwhile in 2014 the lowest margin (-397 US\$ ha<sup>-1</sup>) was attained due to the year effect. Thus, in 2011 was the year with lowest negative margins (less than 15%). On the contrary, the year 2014 had more than 30% of the establishments with negative numbers, followed by 2013 and 2016.

Key words: Rapeseed; Yield; Gross Margin; Gross Product; Costs.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

1. Agosti, M. 2007. Fertilización nitrógeno-azufrada y variabilidad genotípica en el rendimiento y la calidad de grano en colza-canola (*Brassica napus* L.). Tesis Magister. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. 130 p.
2. Allen, E.; Morgan, D. 1972. A quantitative analysis of the effects of nitrogen on the growth, development and yield of oilseed rape. *The Journal of Agriculture Science*. 78 (2): 315-324.
3. Álvarez, J.; Falcao, O. 2011. Manual de gestión de empresas agropecuarias. 2a. ed. Montevideo, Universidad de la República. Facultad de Agronomía. 189 p.
4. Alves, D. 2000. Colza-canola, una nueva alternativa de invierno. (en línea). *Revista del Plan Agropecuario*. no. 90: s.p. Consultado may. 2018. Disponible en [https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R90/R90\\_51.htm](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R90/R90_51.htm)
5. Augsburger, H. 1991. Aspectos técnicos a considerar en la cosecha de la colza. INTA (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria). Boletín de divulgación no. 16. 16 p.
6. Cencig, G.; Villar, J. 2011. Implantación de colza en siembra directa: efecto del antecesor. INTA. Información técnica de trigo y otros cultivos de invierno. Publicación miscelánea no. 119. 7 p.
7. Champolivier, L.; Merrien, A. 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var *oilefera* on yield, yield components and seed quality. *European Journal of Agronomy*. 5 (2-3): 153-160.
8. Ciampitti, I.; García, F. 2009. Mejores prácticas de manejo para la nutrición del cultivo de colza-canola: una revisión. IPNI. no. 13: 1-8.
9. Coll, L. 2012. Ciclo, densidad y fecha de siembra de colza en relación con el rendimiento. In: Jornada Regional de Cultivos de Invierno (1ª., 2011, Paraná). Trabajos presentados Paraná, INTA. pp. 1-3.
10. \_\_\_\_\_. 2013. Las últimas heladas y su efecto en el cultivo de colza. (en línea). Paraná, INTA. p 5. Consultado 15 feb. 2018. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_heladas\\_y\\_su\\_efecto\\_en\\_el\\_cultivo\\_de\\_colza\\_2013.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_heladas_y_su_efecto_en_el_cultivo_de_colza_2013.pdf)

11. Cordes, D.; Candela, R. 2017. Evaluación regional de variedades de trigo. (en línea). Jesús María, INTA. p 3. Consultado dic. 2017. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_evaluacion\\_regional\\_de\\_variedades\\_de\\_trigo\\_inta\\_jesus\\_maria\\_2017\\_0.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_evaluacion_regional_de_variedades_de_trigo_inta_jesus_maria_2017_0.pdf)
12. Dosio, A.; Aguirrezábal, N. 2004. Intercepted solar radiation during seed filling determines sunflower weight per seed and oil concentration. *Crop Science*. 43: 152-161.
13. Ferreira, G.; Ernst, O. 2014. Diagnóstico del estado nutricional del cultivo de colza (*Brassica napus*) en base a curvas de dilución de nitrógeno y azufre. *Agrociencia (Uruguay)*. 18: 75-85.
14. Grant, A.; Bailey, L. 1993. Fertility management in canola production. *Canadian Journal of Plant Science*. 73(3): 651-670.
15. Huhn, M. 2003. Estimating yield depression caused by no uniformity of spatial plant patterns. *Crop Science*. 43: 421-425.
16. INIA.GRAS (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Unidad de Agroclima y Sistemas de Información, UY). 2015. Presentación de resultados experimentales de arroz 2014- 2015. 84 p.
17. Iriarte, L.; Valetti, O. 2013. Colza: determinación del momento de cosecha, métodos. (en línea). Buenos Aires, INTA. pp. 1-9. Consultado 25 abr. 2018. Disponible en <https://inta.gob.ar/documentos/colza-determinacion-del-momento-de-cosecha-metodos>
18. \_\_\_\_\_. 2014. Cultivo de colza: fecha de siembra, densidad y distancia entre surcos. (en línea). Buenos Aires, INTA. pp. 1-4. Consultado 25 abr. 2018. Disponible en [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_barrow\\_-\\_cultivo\\_de\\_colza\\_fecha\\_de\\_siembra\\_den.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_barrow_-_cultivo_de_colza_fecha_de_siembra_den.pdf)
19. Martino, D.; Ponce de León, F. 1999. Canola: una alternativa promisoría. Montevideo, INIA. 99 p. (Serie Técnica no. 105).
20. Mazzilli, S.; Elizarú, R.; Locatelli, A. 2014. Desarrollo tecnológico de la colza en Uruguay. *In: Simposio Latino Americano de Canola*. (1º., 2014, Passo Fundo). Trabajos presentados. Paysandú, Facultad de Agronomía. EEMAC. pp. 1-5.
21. \_\_\_\_\_.; Ernst, O.; Fros, D.; Hoffman, E.; Barbazán, G.; Ferreira, G. 2017. Manejo de la fertilización nitrogenada y azufrada para concretar los

- rendimientos esperados en colza-canola. In: Simposio Nacional de Agricultura (5°. 2017, Paysandú). Trabajos presentados. Paysandú, Hemisferio Sur. pp. 57-60.
22. Melchiori, R.; Coll, L.; Barbagelata, P. 2010. Fertilización de colza con nitrógeno y azufre en Entre Ríos. INTA. Cultivos de invierno. Actualización técnica no. 1. 95 p.
  23. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2014. Respuesta a la fertilización con nitrógeno y azufre en el cultivo de colza. In: Simposio Latino Americano de Canola (1°. 2014, Passo Fundo). Trabajos presentados. Paraná, INTA. p. 6.
  24. \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. 2017. Limitantes nutricionales y variabilidad espacio temporal del rendimiento en colza. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*. 29:1-6.
  25. Menegassi, C. 2011. Arranjo de plantas na expressão dos componentes da produtividade de grãos de canola. *Pesquisa Agropecuaria Brasileira*. 46(11): 1448-1453.
  26. MGAP. DIEA (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Dirección de Investigaciones Estadísticas Agropecuarias, UY). 2016. Encuesta agrícola "invierno 2016". Montevideo. 11 p. (Serie Encuesta no. 337).
  27. Miguez, D. 2014. Análisis de riesgos en emprendimientos agropecuarios. Evaluación de resultados económicos esperados en proyectos productivos en el Oeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista de investigación en Modelos Financieros*. 1(3): 80-88.
  28. Montero, G.; Vignaroli, L. 2007. Colza, algo nuevo en la región. *Agromensajes de la Facultad. de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Rosario*. 36: 11-12.
  29. Murphy, M.; Pascale, N. 1989. Agroclimatología de la Colza de Primavera (*Brassica napus*) y su posible difusión en Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*. 10(3): 159-176.
  30. Ortégón, A.; Díaz, A.; González, J.; Garza, I. 2006. La temperatura en la etapa reproductiva del cultivo de canola (*Brassica napus* L.). *Agricultura Técnica en México*. 32(3): 259-265.
  31. Rivera, C. 2002. Costos y márgenes en la empresa agropecuaria. Montevideo, Hemisferio Sur. 102 p.

32. Rubio, G.; Scheiner, J. 2007. Distribución de nitrógeno, fósforo y azufre en un cultivo de colza: efecto sobre el ciclado de nutrientes. *Ciencia del Suelo*. 25(2): 189-194.
33. Sarandon, S.; Chamorro, A. 1993. Respuesta de la colza a la fertilización nitrogenada. Efecto de la producción de biomasa, rendimiento de semilla y sus componentes. *Revista Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales*. 101(2): 179-186.
34. Scheiner, J.; Gutierrez-Boem, F.; Lavado, R. 2001. Fertilización en colza-canola. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. 9: s.p.
35. Schwab, M. 2010. Comportamiento agronómico de colza según fechas de siembra. Tesis Ing. Agr. Buenos Aires, Argentina. Pontificia Universidad Católica Argentina. Facultad de Agronomía. 52 p.
36. Sierra, E.; Lamas, A. 1993. El cultivo de la colza y su relación con el régimen hidrológico en la Argentina. *Revista UBA. Facultad de Agronomía*. 13(1): 113-121.
37. Takashima, N.; Rondanini, D. 2013. Environmental factors affecting yield variability in spring and winter rapeseed genotypes cultivated in the southeastern argentine pampas. *European Journal of Agronomy*. 48: 88-100.
38. Tesouro, O. 2009. Uniformidad de siembra y rendimiento del cultivo de girasol. INTA. Informe Técnico no. 9. 33 p.
39. Villar, J.; Cencig, G. 2008. Sistema de cosecha para colza. INTA. Información técnica de trigo y otros cultivos de invierno. Publicación miscelánea no. 109. 5 p.
40. Yang, C.; Gan, Y.; Gulden, R.; Harker, N.; Irvine, B.; Kutcher, R.; May, W. 2014. Up to 32 % yield increase with optimized spatial patterns of canola plant establishment in western Canada. *Agronomy for Sustainable Development*. 34: 793- 801.

## 9. ANEXOS

### Anexo 1. Contrato ALUR

Es un contrato de producción, donde hay compromiso de ambas partes sobre una determinada superficie de colza. El precio a pagar surge de una fórmula transparente que toma en cuenta precios internacionales.

La calidad del grano es un factor importante, ya que el productor se ve beneficiado cuando cumple con las normas de calidad. Dichas condiciones son en base a la Norma 8 (Argentina). Los parámetros de calidad que se controlan son: humedad, materia grasa y acidez de la materia grasa.

La base de datos nos brinda información acerca de la materia grasa en cada chacra y por zafra. La base es 43%, valores por encima de la base bonifican un 1,5% por cada punto porcentual por encima. Lo mismo ocurre cuando se está por debajo del valor base, pero en ese caso hay un descuento por no cumplir con el contenido de materia grasa preestablecido.

La humedad base es 8,5%, valores por encima se le aplican descuentos.

### Anexo 2. Medidas de resumen de los dólares de nitrógeno

ZA	Var.	n	Med.	D.E.	Mín.	Máy.	P(25)	P(50)	P(75)
FRA									
2011	U\$S N	71	99,37	52,74	0	242	71	108	150
2013	U\$S N	171	85,42	43,78	0	192	59	85	126
2014	U\$S N	136	78,77	38,64	0	171	44	80	110
2015	U\$S N	343	59,26	40,97	0	167,1	26,6	57,59	88,13
2016	U\$S N	169	53,51	23,93	0	120	35	54	70

Anexo 3. Medidas de resumen de los dólares de fósforo.

ZA FRA	Variable	n	Med.	D.E.	Mín.	Máy.	P(25)	P(50)	P(75)
2011	U\$S P	71	55,82	25,37	0	98	40	62	67
2013	U\$S P	171	56,45	22,92	0	130	46	53	69
2014	U\$S P	136	58,96	28,55	0	139	44	55	67
2015	U\$S P	343	43,94	25,82	0	129,7	23,35	49,73	59,18
2016	U\$S P	169	37,73	18,79	0	95	30	37	51

Anexo 4. Medidas de resumen de los dólares de potasio.

ZA FRA	Var.	n	Med.	D.E.	Mín.	Máy.	P(25)	P(50)	P(75)
2011	U\$S K	71	39,8	35,73	0	109	0	70	70
2013	U\$S K	171	21,29	32,43	0	160	0	0	49
2014	U\$S K	136	21,55	23,56	0	76	0	15	40
2015	U\$S K	343	14,95	28,87	0	214	0	0	21,4
2016	U\$S K	169	6,42	13,31	0	57	0	0	0

Anexo 5. Costos de siembra y cosecha en kilos de grano.

Siembra y cosecha						
Kg grano	Chorrillo			Precisión		
	Directa	Directa+ adh.	Hilerado	Directa	Directa+ adh	Hilerado
2011	307	435	347	329	457	369
2012	275	385	320	292	402	336
2013	346	480	403	382	515	439
2014	327	452	390	371	496	434
2015	361	490	424	412	541	475
2016	363	500	432	412	549	481