

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA
FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE COLZA-CANOLA (*Brassica napus*) A LAS
CONDICIONES FÍSICO-QUÍMICAS DEL SUELO A NIVEL DE CHACRA**

por

**Marcelo AGUIRRE WIBMER
Ignacio URIARTE PUPPO**

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

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2010**

Tesis aprobada por:

Director:

Ing. Agr. Sebastián Ramón Mazzilli Vanzini

Ing. Agr. Oswaldo Ruben Ernst Benech

Ing. Agr. Esteban Martín Hoffman Berasain

Fecha:

11/3/2010

Autor:

Marcelo Aguirre Wibmer

Ignacio Uriarte Pupo

AGRADECIMIENTOS

Queremos aprovechar este espacio para darle a nuestro director de tesis, Ing. Agr. Sebastián Mazzilli, nuestro más sincero agradecimiento por su apoyo y orientación en la realización de este trabajo.

También queremos agradecer al profesor Ing. Agr. Oswaldo Ernst por la revisión crítica y guía en este trabajo pero también y en especial por todos los conceptos y conocimientos aportados en los cursos.

A la empresa Agronegocios del Plata S.A. por su importante apoyo en los recursos para la realización de esta tesis.

Al Ing. Agr. Esteban Hoffman por sus aportes en la revisión y defensa de la tesis.

Un agradecimiento muy especial al Ing. Agr. Gonzalo “Sapo” Ferreira por su invaluable ayuda en los muestreos y procesamiento de las muestras.

A nuestras familias y amigos por el apoyo, cariño y contención brindados durante toda la carrera y en especial en esta última etapa de la facultad.

Finalmente a todos los profesores, compañeros e ingenieros que ayudaron de diferentes maneras a honrar nuestro amor por esta hermosa carrera.

TABLA DE CONTENIDO

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1. INTRODUCCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1. HISTORIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.2. TIPOS DE COLZA EN EL MERCADO MUNDIAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3. FENOLOGÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4. CRECIMIENTO Y DESARROLLO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4.1 Métodos, profundidad de siembra e influencia del rastrojo sobre la implantación.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1.1 Métodos de siembra	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1.2 Profundidad de siembra.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.1.3 Influencia del rastrojo sobre la implantación.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.2 Respuesta a temperatura	¡Error! Marcador no definido.
2.4.3 Heladas.....	¡Error! Marcador no definido.
2.4.4 Fotoperíodo	¡Error! Marcador no definido.
2.4.5 Acumulación de biomasa e Índice de área foliar	¡Error! Marcador no definido.
2.4.6 Índice de cosecha y componentes del rendimiento. .	¡Error! Marcador no definido.
2.4.7 Agua	¡Error! Marcador no definido.
2.4.8 Respuesta al nitrógeno	¡Error! Marcador no definido.
2.4.9 Azufre	¡Error! Marcador no definido.
3. MATERIALES Y MÉTODOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1. LOCALIZACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2. MANEJO AGRONÓMICO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3. DETERMINACIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1 En el suelo	¡Error! Marcador no definido.
3.3.1.1 Humedad gravimétrica.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.1.2 Nitrógeno	¡Error! Marcador no definido.
3.3.1.3 Textura, Materia Orgánica y Densidad Aparente	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2 En cultivo	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2.1 Población y distancia entre plantas	¡Error! Marcador no definido.

3.3.2.2 Fenología.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2.3 Biomasa aérea e índice de área foliar.¡	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2.4 Nitrógeno y azufre en planta y grano.¡	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2.5 Rendimiento en grano y componentes.	¡Error! Marcador no definido.
3.3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	¡Error! Marcador no definido.
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2. EVALUACIÓN DE IMPLANTACIÓN SEGÚN COBERTURA DEL SUELO.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3. RESULTADOS PRODUCTIVOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3.1 Distribución de rendimientos.....	¡Error! Marcador no definido.
4.3.2 Relación entre rendimiento en grano y sus componentes.	¡Error! Marcador no definido.
4.3.3 Relación entre los nutrientes absorbidos y el rendimiento.....	¡Error! Marcador no definido.
4.4. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO ASOCIADAS A LA PERFORMANCE DEL CULTIVO.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.4.1 Formación de grupos	¡Error! Marcador no definido.
4.4.2 Relación entre ambientes y rendimiento final	¡Error! Marcador no definido.
4.4.3 Efecto del Azufre en el rendimiento	¡Error! Marcador no definido.
5. CONCLUSIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
6. BIBLIOGRAFÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
7. ANEXOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES

Cuadro N°	Página
1. Descripción de la Escala de CETIOM	8
2. Manejo del barbecho y de la siembra del cultivo	20
3. Manejo del cultivo una vez instalado el mismo.....	21
4. Variables consideradas para la confección de los componentes principales en el análisis multivariado.	24
5. Ambientes definidos en base a los componentes principales	24
6. Correlaciones entre diferentes componentes del rendimiento, el índice de cosecha y la biomasa acumulada a cosecha	30
7. Proporción de variación atribuible a cada una de los componentes principales	36
8. Influencia de cada una de las variables en los distintos ejes.	37
9. Promedios, máximos, mínimos y coeficiente de variación de rendimientos de los distintos ambientes.....	38

Figura N°	Página
1. Comparación de precipitaciones de chacra en año 2008 y serie histórica 2000-2007	25
2. Índice de Bienestar Hídrico para el mes de Septiembre de 2008.....	26
3. Índice de Bienestar Hídrico para el mes de Octubre de 2008	26
4. Población de plantas en presencia o ausencia de rastrojo	27
5. Distancia entre plantas promedio en ausencia o presencia de rastrojo	28
6. Probabilidad acumulada de obtener rendimientos en kg.ha-1.....	29
7. Relación entre el rendimiento en kg.ha-1 y el índice de cosecha.....	31
8. Relación entre el rendimiento en kg ha-1 y el número de granos por metro cuadrado	32
9. Relación entre el número de granos por metro cuadrado y el número de silicuas por metro cuadrado a cosecha.....	32
10. Relación entre peso mil granos y rendimiento.....	33
11. Relación entre la población y el rendimiento	34

12. Relación entre el rendimiento y la relación Nitrógeno / Azufre en planta a cosecha	35
13. Disposición espacial y distancia de los ejes de los sitios de muestreo	38
14. Relación entre el % de S en semilla y el rendimiento por ambiente	40

1. INTRODUCCIÓN

La Colza, es una especie oleaginosa invernal de la familia de las Brassicaceae. Su centro de origen es Europa y Asia, allí se concentran además las mayores zonas productoras de este cultivo a nivel mundial. En la actualidad, la superficie cosechada mundialmente es de 31 millones de hectáreas, colocando la producción de aceite de colza tercera a nivel mundial (luego de la de palma y soja) con 20 millones de toneladas. (USDA-Foreign agricultural service report, 2009).

En Paraguay y Argentina se siembran en conjunto más de 120.000 hectáreas (Index Mundi, 2009) y se espera un crecimiento importante favorecido por el precio internacional y las condiciones favorables que presenta el cultivo desde el punto de vista productivo e impositivo (Giménez citado por Engler et al., 2008)

En Uruguay, a principio de los 90, debido a bajos precios del trigo se introdujo y desarrolló el cultivo de Canola motivado por una cooperativa de granos en un área de aproximadamente 300 hectáreas en la zona de Ombúes de Lavalle (Martino et al., 1999). Actualmente el área sembrada no supera las 5.000 hectáreas, situadas mayoritariamente en el litoral del país, aunque es de esperar que esta situación cambie debido a que los precios de los aceites están por encima del promedio histórico. Sumado a esto, la colza, presenta características intrínsecas favorables para su inclusión en la rotación agrícola.

A su vez al ser una oleaginosa invernal permitiría a la industria aceitera uruguaya trabajar en una época donde normalmente no lo hace, dándole continuidad. Una vez extraído el aceite, la torta se emplea para la alimentación animal, ya que es de una calidad comparable a la de soja (Engler et al., 2008).

Los bajos rendimientos promedio obtenidos en nuestro país sería la principal causa de la poca aceptación del cultivo por parte de los productores. Debido a esto, a todos los beneficios que presenta el cultivo y a la poca información e investigación nacional, fue que surgió la idea de llevar a cabo este trabajo como forma de levantar alguna de las limitantes tecnológicas del cultivo. El objetivo principal del trabajo fue identificar características del suelo y/o suministro de nutrientes por parte del mismo y su influencia en el crecimiento y en el rendimiento final del cultivo de colza, así como también cuantificar la variabilidad existente a nivel de chacra. Como objetivo secundario se estudió el efecto del rastrojo sobre la implantación.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. HISTORIA

Las Brassicas fueron una de las primeras especies vegetales en ser domesticadas. El cultivo de Colza en particular se originó en China, donde las antiguas civilizaciones apreciaban su aceite, carente de humo, para utilizarlo en lámparas (Boulter, 1983).

Durante la revolución industrial se utilizó como lubricante para motores a vapor y fue muy apreciado por su excelente calidad (White, 1980). Previo al inicio de la segunda guerra mundial, se introducen en Canadá, desde Polonia y Argentina las especies *B. campestris* y *B.napus* respectivamente, y al generarse un gran déficit de aceite, en Europa y Asia debido a la guerra, se da un gran desarrollo del cultivo en este país de Norteamérica (Boulter, 1983).

En el año 1954 se crea Golden, la primera *B. napus* canadiense, y entre el 56 y el 57 se obtiene aceite de colza comestible (Thomas, 2004). Durante los 60' se realizaron experimentos que confirmaron el efecto de "breaking crop" (cultivo que corta el ciclo o reduce el inoculo inicial de enfermedades en otros cultivos) de la Colza (Holmes, 1980). También aumentó un 50% el consumo de aceites vegetales sobre los de origen animal (Parris, citado por Scarisbrick, 1986). En 1963 la Colza comienza a ser negociada en el mercado de commodities de Winnipeg y en 1964 se libera la primera variedad de *B. campestris* (cv, Echo) (Thomas, 2004).

En el año 1974 en la Universidad de Manitoba culmina, luego de 16 años, un programa de mejoramiento genético en variedades de *B. napus*, con la aparición de Tower, la primera variedad llamada CANOLA (Por sus siglas en ingles, canadian oil low erucic acid, que significan aceite canadiense con bajo ácido erúxico) (Thomas, 2004). En este año en Europa toda la Colza sembrada era de bajo contenido de ácido erúxico. El rendimiento de estas variedades era entre un 3 y un 5% menor a las de alto erúxico y además contenían menor porcentaje de aceite, 40 y 42% respectivamente, debido a que el erúxico tiene mayor peso molecular que los otros ácidos grasos (Scarisbrick, 1986). Al final de los 70' la CANOLA es registrada como variedad de menos de 5% de ácido erúxico y menos de 3 mg/g de glucosinolatos (Shahidi, 1990).

En los 80' se aplica biotecnología para desarrollar y mejorar colza-CANOLA (Shadidi, 1990). Actualmente los requerimientos en calidad son más exigentes, menos de 2% de ácido erúxico en el aceite y menos de 30 micro-moles de glucosinolatos por gramo de sólido seco y libre de aceite. La cantidad de Colza que no cumple con estos requerimientos a nivel mundial es muy pequeña, y se utiliza para la industria plástica (Thomas, 2004).

2.2. TIPOS DE COLZA EN EL MERCADO MUNDIAL

A diferencia de las grandes oleaginosas, como la soja y el girasol, a nivel mundial el comercio de la colza no es producto de la comercialización de una sola especie sino de cuatro, *B. napus*, *B. campestris*, *B. juncea* y *B. carinata*. Las primeras dos son las más extendidas a nivel mundial mientras que *B. juncea* es sembrada en China e India, y en zonas de baja precipitación de Australia, donde se adapta mucho mejor que las otras especies, mientras que *B. carinata* solo se reporta en Etiopía (Norton et al. 2004, Rakow 2004).

Dentro de las especies *B. napus* y *B. campestris*, se separan variedades según su adaptabilidad al frío, de este modo existen variedades invernales y variedades primaverales. Las invernales están adaptadas a condiciones de frío severo, en especial las de *B. campestris* (Downey y Rimmer, 1993).

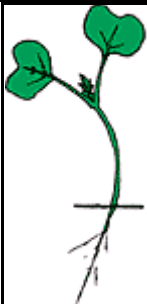
Otra forma de clasificar la colza es según su cantidad de ácido erúcido. Se denomina colza 0 o LEAR (por su sigla en inglés, low erucic acid) a las variedades con un contenido menor al 5% de ácido erúcido en el aceite, y doble 0 o CANOLA a las variedades con menos de 2% de éste ácido (Thomas, 2004).





2.3. FENOLOGÍA


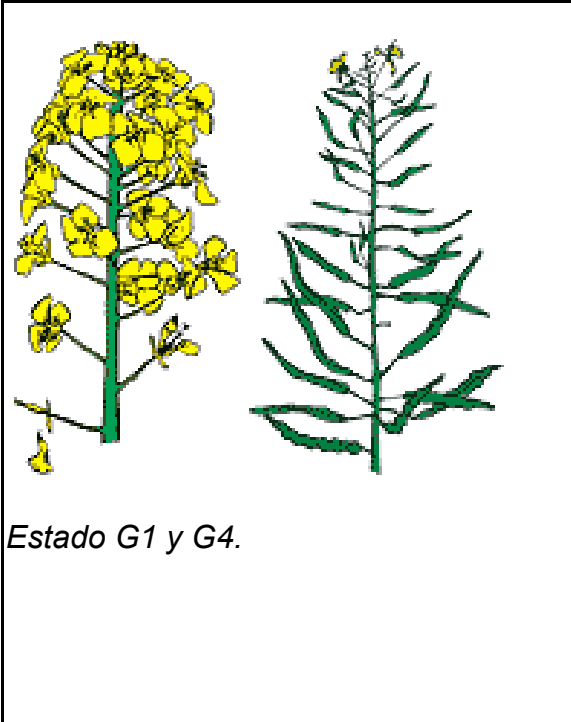
Existen varias clasificaciones fenológicas de la colza, que han sido desarrolladas por institutos de investigación gubernamentales, como INRA-CETIOM en Francia, o por empresas de insumos agropecuarios como Basf y Bayer, que auspiciaron la escala BBCH (por sus siglas en alemán) para muchas especies vegetales basándose en la escala de Zadocks creada para cereales.

En el presente trabajo se utilizará la escala de CETIOM debido a que es la más usada en Argentina y Europa. A continuación se presenta dicha escala y entre paréntesis su equivalencia en la escala BBCH.

Cuadro N°1: Descripción de la Escala de CETIOM (adaptado de CETIOM, 2008).

 <p style="text-align: center;"><i>Estado A</i></p>	<p>A- Cotiledonar</p> <p>Emergencia: Las plantas jóvenes marcan la línea.</p> <p>Estado A (10): Estado Cotiledonar. Sin hojas verdaderas. Solo los 2 cotiledones son visibles.</p>
--	---

 <p><i>Estados B1 y B4</i></p>	<p>B- Formación de la roseta</p> <p>Estado B: Aparición de hojas. No hay entrenudos entre los pecíolos. Ausencia de tallo verdadero.</p> <p>Estado B1 (11): 1 hoja verdadera desplegada.</p> <p>Estado B2 (12): 2 hojas verdaderas desplegadas.</p> <p>Estado B3 (13): 3 hojas verdaderas desplegadas.</p> <p>Estado B4 (14): 4 hojas verdaderas desplegadas.</p> <p>Estado Bn (1n): n hojas verdaderas desplegadas.</p>
 <p><i>Estado C2</i></p>	<p>C- Elongación</p> <p>Estado C1 (31): Aumento de la vegetación. Aparición de hojas jóvenes.</p> <p>Estado C2 (32): Entrenudos visibles. Estrangulamiento verde claro en la base de los nuevos pecíolos.</p>
 <p><i>Estados D1 y D2.</i></p>	<p>D- Yemas unidas</p> <p>Estado D1 (51): Yemas unidas, cubiertas por hojas terminales.</p> <p>Estado D2 (53): Inflorescencias principal a la vista. Inflorescencias secundarias visibles. Durante este estado, el tallo alcanza y supera la altura de 20 cm., medidas entre la base de la roseta y la inflorescencia.</p>
 <p><i>Estado E</i></p>	<p>E- Yemas separadas</p> <p>Estado E (59): Los pedúnculos florales periféricos comienzan a alargarse.</p>

 <p style="text-align: center;"><i>Estado F1</i></p>	<p>F- Floración</p> <p>Estado F1 (60): Primeras flores abiertas.</p> <p>Estado F2 (61): Alargamiento del pedicelo. Numerosas flores abiertas.</p>
 <p><i>Estado G1 y G4.</i></p>	<p>G- Formación de silicuas</p> <p>Estado G1 (70): Caída de los primeros pétalos. Las 10 primeras silicuas tienen una longitud menor a 2 cm. Comienza la floración de las inflorescencias secundarias.</p> <p>Estado G2: Las 10 primeras silicuas tienen una longitud de entre 2 y 4 cm.</p> <p>Estado G3: Las 10 primeras silicuas tienen una longitud superior a 4 cm.</p> <p>Estado G4 (73): Las 10 primeras silicuas comienzan a madurar.</p> <p>Estado G5 (81): Granos coloreados</p>

2.4. CRECIMIENTO Y DESARROLLO

2.4.1 Métodos, profundidad de siembra e influencia del rastreo sobre la implantación.

La semilla de colza es de pequeño tamaño, en comparación con los cereales que se plantan durante el invierno en nuestro país, por lo que el método y la profundidad de siembra son de suma importancia para una correcta implantación del cultivo.

2.4.1.1 Métodos de siembra

Los distintos sistemas de laboreo se traducen según Vanda et al. (2009), en distintos rendimientos en grano. De este modo los tratamientos con laboreo son significativamente superiores al 1% de probabilidad para rendimiento y al 5% para producción de aceite e índice de cosecha, frente a los de siembra directa. Esto se da debido a una inadecuada preparación de la cama de siembra y a la gran cantidad de rastrojo en superficie. Arshad y Gill (1997), encontraron en 2 de 3 años mayor producción de materia seca en colzas implantadas en laboreos reducidos comparadas con cero laboreo. Analizando la media de 3 años de rendimiento en grano, esta fue significativamente mayor bajo el laboreo reducido, que frente al sistema de siembra directa.

2.4.1.2 Profundidad de siembra

Una compilación de trabajos científicos del Oeste de Canadá realizada por Thomas (2004), indica que la profundidad de siembra óptima se encontraría entre los 12 y 25 mms. Lamb y Johnson (2003), encontraron diferencias significativas entre 25 y 50 mm de profundidad en varios ambientes y distintos años, siendo la emergencia de plantas promedio de 69% y 45 % respectivamente. Hanson et al., (2008), confirman esta tendencia afirmando que las semillas sembradas a 19 mm obtuvieron mayor densidad de plantas y mayor porcentaje de emergencia en un 33% y 36% respectivamente, comparados con las siembras a 38mm. De todas maneras, el rango de densidades de siembra que permiten obtener el 100% del rendimiento es muy amplio en colza (60-180 pl m²), pero cuando la densidad de plantas, disminuye por debajo de las 60 plantas por m², existirían diferencias significativas en el rendimiento en grano (Thomas, 2004).

2.4.1.3 Influencia del rastrojo sobre la implantación

Bruce et al. (2006), en experimentos con 5 tt/ha de rastrojo de trigo en Australia, encontraron una reducción del 46% y 26% en biomasa y rendimiento en grano de Canola respectivamente, comparados con los tratamientos sin rastrojo en superficie. Esto se debería a la reducción de radiación fotosintéticamente activa, una relación rojo/rojo lejano más desfavorable y temperaturas mas bajas. No se detectaron reducciones en biomasa y/o rendimiento en grano por factores que no estuvieran relacionados con la presencia física del rastrojo, como fitotoxicidad, por ejemplo.

Morris et al. (2008) por su parte sostienen que un aumento en la cantidad de rastrojo en superficie (de 3,3 T/há a 6,7 T/há) no muestra diferencia en la emergencia del cultivo y crecimiento del mismo.

2.4.2 Respuesta a temperatura

La temperatura es un factor clave en el desarrollo del cultivo. Al comenzar el ciclo, la temperatura del suelo, determina la duración del periodo de germinación. La temperatura base requerida para la emergencia es de 1°C, y esta comienza entre los 1560 y 1940 grados-hora de crecimiento (Vigil et al., 1996). La cantidad de hojas desarrolladas durante el periodo de roseta, depende de la tasa de aparición de primordios foliares en el ápice y de la tasa de desarrollo de hojas a partir de estos (Kondra et al., citados por Martino et al., 1999). El número final, la velocidad de aparición y el desarrollo de estos primordios dependen, entre otros factores, de la temperatura y del cultivar. Por debajo de 3° C el crecimiento es insuficiente y el óptimo es entre 10° C y 14° C (Mendham y Salisbury, 1995).

La iniciación floral y la elongación están regulados por la temperatura, así, hay variedades en que el aumento de la temperatura llevan a la floración y otras que tienen requerimientos de vernalización para entrar en fase reproductiva (Mendham y Salisbury, 1995). Los cultivares con requerimientos de frío son llamados cultivares invernales, y recientemente INIA-INASE ha iniciado la evaluación de cultivares de este tipo (Evaluación de Cultivares de Invierno, INIA-INASE, 2009). Estos cultivares poseen una mayor tasa de asimilación neta y una mayor tasa de intercambio de CO₂ cuando el cultivo se desarrolla a bajas temperaturas (5 °C) comparados con cultivares primaverales (Hurry et al., 1995)

Faraji et al. (2008), encontraron que existe una fuerte relación negativa entre rendimiento y temperatura del aire durante las etapas reproductivas. Temperaturas medias diarias por encima de los 27 grados centígrados, podrían causar esterilidad en flores, reducción en la cantidad y crecimiento de los granos (Morrison et al., citados por Martino et al., 1999). Según CETIOM citado por Martino et al. (1999), temperaturas por debajo de 8° C podrían afectar botones florales y flores abiertas y según Rollier, citado por Martino et al. (1999) son necesarias temperaturas inferiores a 2°C para afectar dichas estructuras.

Mendham y Salisbury (1995), encontraron también que la temperatura es el principal factor determinante de la duración de la pérdida de humedad del grano en la silicua. Mendham, citado por Martino et al (1999), encontró que entre 12° C y 16° C la velocidad de pérdida de humedad se relaciona linealmente con la temperatura, por cada grado de aumento de temperatura, disminuye en 8 días la etapa de desarrollo del fruto y madurez. Gómez y Piaggio (1983), encontraron que este periodo está relacionado con el rendimiento, por lo que los años con bajas temperaturas en esta etapa, dan mayores rendimientos.

2.4.3 Heladas

El cultivo, presenta una etapa de alta sensibilidad a las heladas, desde emergencia hasta formación de roseta, donde éstas, podrían matarlo. Luego es

relativamente poco afectado. Una medida para evitar la pérdida de plantas por heladas sería la elección de la fecha de siembra, colocando los periodos susceptibles durante los periodos libres de heladas (Martino et al., 1999).

Rapacz et al. (2001), estudiaron la resistencia a heladas y encontraron un máximo luego de 6 semanas a 5 C°, momento en el cual el aparato fotosintético de cultivares invernales y primaverales se adecuó a funcionar a bajas temperaturas. Los cultivares invernales mantuvieron esta resistencia hasta el fin del experimento, 10 semanas, mientras que los primaverales perdieron la máxima resistencia en las semanas siguientes.

La susceptibilidad va decreciendo a medida que el cultivo desarrolla hojas que protegen el punto de crecimiento. Cuando el cultivo alcanza 5 hojas, puede soportar temperaturas de -10° C con pérdida de algunas hojas pero sin daños en el punto de crecimiento. Cuando ocurren heladas en floración la planta pierde pimpollos o flores y/o silicuas, pero compensa desarrollando otras que hubieran abortado espontáneamente. Cuanto más tarde ocurran estos fenómenos menos capacidad de recuperación tiene el cultivo (Martino et al., 1999).

Heladas severas después de floración pueden resultar en pérdidas de rendimiento y calidad. La cantidad de daño depende de la etapa de madurez, en granos con más de 20% de humedad habría daño. Generalmente a mayor contenido de humedad, mayor daño. La helada no afecta a todos los granos de igual forma, ya que la Colza florece progresivamente desde abajo hacia arriba de los tallos (Canola Council de Canadá, 2004).

2.4.4 Fotoperíodo

La floración puede ser inducida por la temperatura, por el fotoperíodo o por la interacción de ambos, dependiendo del cultivar (Mendham y Salisbury, 1995). Al alargarse los días, la especie acelera la floración, lo que determina que sea definida como una especie de respuesta cuantitativa de día largo (Myers, Vilariño, citados por Gómez et al., 2006). Existen numerosas evidencias que demuestran claramente esta respuesta en la etapa vegetativa (Major, King y Kondra, citados por Gómez et al., 2006). Sumado a esto Gómez y Piaggio (1983) observaron que las siembras tardías en variedades con respuesta al fotoperíodo llevarían a un acortamiento de las etapas de roseta y elongación principalmente. En otros trabajos también se observó sensibilidad al fotoperíodo durante la elongación del tallo (Thuling y Vijendra Das, citados por Gómez et al., 2006) Existe una estrecha relación entre la duración de esta etapa y el rendimiento del cultivo, debido a que el IAF sigue aumentando lentamente en esta etapa (Mendham y Salisbury, 1995) por lo que las siembras tardías podrían disminuir el rendimiento. Se halló variabilidad intraespecífica en la sensibilidad al fotoperíodo, el umbral fotoperiódico (entre 12 y 14hs) y la precocidad intrínseca (Nanda et al., citados por Gómez et al., 2006).

2.4.5 Acumulación de biomasa e Índice de área foliar

La cantidad de hojas que pueden generarse por planta varían dependiendo de la fecha de siembra y el cultivar, siendo esta, entre 9 y 30. Durante otoño-invierno, el índice de área foliar (IAF) aumenta lentamente, y encuentra la máxima tasa de crecimiento durante la primavera. La tasa de crecimiento del cultivo aumenta de manera cuadrática en función del IAF, haciéndose asintótica a un máximo superior a los 200 kg MS.ha⁻¹.día⁻¹ (Thomas, 2004). El IAF óptimo, cuando se intercepta el 90% de la radiación solar incidente, es cercano a 4 (Walton et al., 1999), y según Martino et al. (1999), este se alcanzaría para *B.napus* al 50% de floración.

La partición de materia seca es similar para hojas y tallos hasta llegar al IAF óptimo (Gunasekera, 2009). Por su parte, Walton et al. (1999), indican que durante esta primera etapa, la acumulación instantánea de materia seca es inicialmente lenta, pero luego de alcanzar el IAF óptimo la colza puede depositar 1,2 gramos por cada MJ de radiación interceptada por el canopeo. En este momento la partición comienza a ser más importante hacia los tallos que hacia las hojas (Gunasekera, 2009). Esa tasa máxima comienza a descender al comenzar la senescencia de hojas durante el llenado de silicuas, pero la energía acumulada en esas hojas no se pierde, puede ser translocada para llenar granos. Faraji et al. (2008), resaltan que lograr una alta producción de materia seca es un requisito esencial para un buen crecimiento reproductivo y un alto rendimiento en grano.

Luego de la caída de las hojas, el área fotosintéticamente activa se reduce a las paredes de las silicuas verdes y a los tallos, que no son tan eficientes como las hojas debido a que la densidad de estomas es más baja. Durante la etapa de floración y fecundación el 70% de los fotosintatos son aportados por las hojas, el resto por los tallos; durante el desarrollo del fruto y la madurez, el área foliar aporta un 13%, los tallos 40% y las silicuas 47% (Walton et al., 1999).

El crecimiento de la raíz continúa hasta alcanzar un máximo en la etapa de floración, en este momento puede llegar a 1m de profundidad, acumulando hasta el 50% del área radicular en los primeros 20cm (Gómez y Piaggio, 1983) y más de 2/3 en los primeros 30 cm (Walton et al., 1999).

2.4.6 Índice de cosecha y componentes del rendimiento.

Análisis de regresión mostraron que no hay diferencia entre genotipos a la hora de translocar la materia seca producida a las silicuas (76% en promedio) durante la etapa reproductiva. Esto significa que aquellos genotipos con mayor proporción de crecimiento total luego de la floración, tendrán un mayor índice de cosecha (Gunasekera, 2009).

El índice de cosecha de los cultivos australianos de canola, varía típicamente entre 0.25 y 0.35. En situaciones de estrés, este índice puede ser substancialmente menor, debido a un menor número de silicuas. Cuando al calcular el índice se toma en cuenta la mayor concentración energética de los granos de canola (el aceite contiene aproximadamente 2.5 veces más energía que los carbohidratos), el índice de cosecha de canola y de los cereales se hacen muy similares (Walton et al., 1999).

El 84% de la variación total del rendimiento esta explicado por 3 componentes, número de silicuas por planta, longitud de silicua y peso de grano, con un $R^2=0.79$ (Ortegón et al, 2006). Thomas (2004), coincide en el número de silicuas por planta y en el peso de grano, pero utiliza, a diferencia de los autores anteriores, al número de plantas por unidad de área como componente del rendimiento. La gran plasticidad que tiene la especie significa que el rendimiento puede ser alcanzado por una gran combinación de número de plantas por metro cuadrado y peso de grano (Taylor y Smith, Pahlala et al., Leach et al., citados por Peltonen-Sainio y Jauhiainen, 2008). En promedio el rendimiento aumenta en 50 kg $há^{-1}$ cuando el peso del grano aumenta 0,1 mg y 370 kg $há^{-1}$ cuando se incrementa en 100000 los granos m^{-2} . El coeficiente de determinación (r^2) fue de 0,97 cuando ambos componentes del rendimiento (peso y numero de granos) se incluían en el modelo, pero caía a 0,015 cuando se removía el número de granos, mientras al remover peso de semilla el coeficiente adquiere un valor de 0,86 (Peltonen-Sainio y Jauhiainen, 2008).

2.4.7 Agua

La colza es comúnmente considerada como más sensible al déficit hídrico que los cereales de invierno (Mendham et al., 1995). La falta de agua a la siembra puede generar germinaciones escasas y desperejas debido a que su semilla precisa absorber una gran proporción de su peso en agua para germinar (Martino et al., 1999).

En situaciones hídricas favorables, el cultivo puede consumir entre 400 y 500 mm. Trabajos en secano en Córdoba, Argentina, obtuvieron valores de eficiencia en el uso del agua de 9 Kg grano. $ha^{-1}.mm^{-1}$ de agua evapotranspirada (Picca et al., 2007). En Australia, se acepta que la eficiencia del uso del agua para el rendimiento potencial de grano, se encuentra dentro de un rango de 10-12 Kg grano. $ha^{-1}.mm^{-1}$. La eficiencia de uso de agua de los cereales de invierno es mayor, pero esto se debe a que es medida en unidades de peso y no en energía, si esta es tomada en cuenta, debido a la gran concentración energética del grano, la colza llega a niveles de eficiencia cercanos a estos otros cultivos (Walton et al., 1999).

Un déficit en la etapa vegetativa no puede ser completamente compensado, ya que la planta partiría de un IAF y un desarrollo radicular menor que en ausencia

de déficit. Esto causa maduración más temprana y reducción del rendimiento (Thomas, 2004). Gunasekera (2009) concluye, que la reducción del rendimiento debido a estreses hídricos se debe casi enteramente a los efectos de la falta de agua en la producción de materia seca.

Las condiciones de estrés hídrico parecen ser más limitantes entre floración y llenado de grano según algunos autores (Bramm, Richards y Thurling; citados por Almond et al., 1986) particularmente al comienzo de la floración y la formación de las primeras silicuas (Nurphy, citado por Martino et al., 1999). En relación a este tema, Gómez y Piaggio (1983), indican que es improbable que un periodo de estrés provoque grandes mermas en el rendimiento debido a que la colza tiene un largo periodo de floración y buena capacidad de compensación de los distintos componentes del rendimiento.

Se han observado diferencias en la capacidad de osmoregulación; de este modo *B.rapa* pierde turgencia a potenciales de agua mayores que *B.napus* y esta a su vez a mayores que *B.juncea* (Wright, citado por Martino et al., 1999).

El exceso hídrico también afecta de manera importante al rendimiento. Las plantas sometidas a anegamiento de suelo pueden producir solamente 50% del rendimiento de plantas en suelos bien drenados, debido a un desarrollo restringido en su sistema radicular. Por esta razón predios o zonas con tendencia al anegamiento no son considerados como posibles lugares para la implantación del cultivo (Walton et al., 1999).

2.4.8 Respuesta al nitrógeno

El nitrógeno es un componente esencial de cualquier cultivo de colza, y probablemente tenga, junto con la fecha de siembra, el más profundo efecto sobre el rendimiento. El requerimiento de este nutriente por la colza es muy grande, y solo es superado por el de potasio (Almond et al., 1986). La respuesta a la fertilización nitrogenada, en condiciones de baja disponibilidad es consistentemente alta en todas las regiones en que se siembra canola, inclusive en Uruguay (Basail, Basail et al., Mendham y Salisbury, Nuttal et al, Valetti e Iriarte, Prova, citados por Martino et al 1999; Thomas 2004; Planchon y Figares, 2004), sin embargo, un excesivo aporte de nitrógeno disminuye el porcentaje de aceite en grano, aunque se podría mantener constante o incluso aumentar la cantidad total producida por hectárea debido a una mayor producción de grano (Martino et al., 1999). La adición de nitrógeno puede aumentar la eficiencia de uso del agua al cubrir el suelo más rápidamente y desarrollar un denso canopeo que reduzca la evaporación (Hoking et al, citados por Planchon y Figares, 2004)

El efecto general del nitrógeno es lograr un crecimiento y desarrollo más vigoroso, debido al incremento en la formación de proteínas, que se refleja en un mayor crecimiento del tallo, un superior y más persistente IAF, un mayor número

de racimos florales, y más peso y número de silicuas y granos; o sea incremento general de la materia seca producida (Sarandon et al., citados por Planchon y Figares, 2004). Varios estudios indican que el nitrógeno retrasa tanto la floración como la maduración en colza de primavera (Helps, citado por Almond et al., 1986).

Dawkins, citado por Planchon y Figares (2004) sostiene que la fertilización nitrogenada no afecta el número de flores al inicio de la floración, pero sí afecta el número final de flores y silicuas fértiles formadas. Almond et al. (1986) concluye que el mayor efecto del nitrógeno en aumentar el rendimiento, se da debido a un mayor número de silicuas a cosecha, manteniendo el número de grano por silicua y el tamaño de grano.

2.4.9 Azufre

El azufre forma parte de dos aminoácidos muy importantes, cisteína y metionina, y además es un componente esencial de la clorofila (Thomas, 2004). Su dinámica en el suelo es muy similar a la del Nitrógeno, no así su movilidad en la planta. La colza, como la mayoría de las crucíferas, es un cultivo que responde a mayores cantidades de azufre que trigo y cebada. (Thomas, Grant, Grant et al., Malhi, Pouzet, citados por Planchon y Figares, 2004). Franzen (2007) profundiza más aun, diciendo que sus requerimientos son mayores que los de la mayoría de los cultivos y según Grant, citado por Martino et al. (1999), incluidas las leguminosas.

Según el programa OKANOLA de la Universidad de Oklahoma (2009) el azufre permitiría utilizar el nitrógeno eficientemente y como complemento a esto, Gonzalez Montaner (2009), citado por Burzaco et al. (2009) afirma que el azufre es un factor limitante decisivo, por lo tanto, en ausencia de este, el incremento en la disponibilidad de N a través de fertilizantes nitrogenados deprime el rendimiento del cultivo.

Respecto a los requerimientos de S del cultivo de colza, un valor promedio es de 12 kg tn^{-1} grano, lo que supera los requerimientos de los cereales como el trigo y la cebada, cuyos requerimientos son de 5 y 4 kg S tn^{-1} grano respectivamente (Ciampitti y García, citados por Burzaco et al., 2009). Esta mayor concentración de azufre se da (OKANOLA, 2009) por su mayor contenido de proteínas con enlaces di-sulfuro.

Según OKANOLA (2009), las deficiencias de este mineral causarían, debido a ser un nutriente poco móvil en la planta, síntomas en los tejidos jóvenes. Estos incluyen hojas jóvenes mal desarrolladas, con manchas cloróticas y manchas difusas purpuras-rojizas, flores amarillas pálidas, silicuas pequeñas y escasas en el ápice de la planta, con granos abortados y algunas completamente vacíos.

Se han determinado pérdidas de hasta 80% de rendimiento en grano, y 20% en reducción en la concentración de aceite debido a deficiencias de azufre (Hocking et al., 1999). Según Franzen (2007), los niveles bajos de azufre en el suelo tienen consecuencias muy graves, pudiendo causar la pérdida total del cultivo. Deficiencias medias suelen reducir el rendimiento sin mostrar síntomas aparentes, por lo que se hace imprescindible un esquema de fertilización basado en análisis de suelo y planta (Hocking et al., 1999).

Hocking et al. (1996), sostienen que, en Australia, a veces no aparecen síntomas de deficiencia de azufre en la etapa de roseta, pero luego de que los botones florales se tornan visibles rápidamente aparecen síntomas severos de deficiencia. Esto es probablemente debido a que, temprano en el ciclo, suficiente azufre se encuentra disponible a partir de la mineralización de la materia orgánica. Sin embargo, el elongamiento del tallo se da durante el invierno tardío, cuando la mineralización del azufre es baja y no puede suplir la demanda del cultivo. A pesar que los síntomas de deficiencia en azufre pueden desaparecer durante la floración, al aumentar la mineralización, los rendimientos ya fueron afectados.

Una forma de determinar si existió déficit del nutriente en el ciclo del cultivo es utilizando el valor crítico de azufre en el grano, valores inferiores a 0,36% indicarían que el cultivo sufrió deficiencia de azufre (Hocking et al., 1996).

La principal forma de azufre absorbida por las raíces de las plantas es el sulfato (Thomas, 2004). Existen en Uruguay diversas formas de aplicar azufre al suelo que varían en la concentración del nutriente, la solubilidad del mismo y la formulación que presenta.

Según Thomas (2004), una guía útil para determinar la fertilización es agregar N y S en una relación 7 a 1, que es la relación que la planta necesita. Hocking et al. (1996), sostienen que las plantas con deficiencia de azufre presentan una relación N/S en planta mayor a 10, y las plantas con buena disponibilidad 7,5. Iriarte (2002) en Argentina, propone una relación de fertilización de 5 a 1, y afirma que se podría esperar una respuesta a la fertilización azufrada en suelos con bajos contenidos de materia orgánica, menos de 6 ppm de $S-SO_4^{2-}$ antes de la siembra (0-60 cm), textura arenosa y lotes provenientes de agricultura continúa. Por último Blake-Kalff et al. (2000) sostienen que el mejor método para determinar la deficiencia de azufre es la relación malato:sulfato, debido a su simplicidad y precisión, en todas las etapas del cultivo. Valores mayores a 1 indican insuficiencia, mientras que valores menores o iguales a 1, indican suficiencia de azufre al momento de muestreo.

Ensayos realizados en el oeste de EEUU por el programa OKANOLA (2009), mostraban que los suelos con menos de 10 ppm de azufre deberían ser fertilizados con $22 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de S y la fertilización con $20 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ era el nivel de fertilización óptimo para el cultivo. En Argentina, González Montaner citado por Burzaco et al. (2009), afirmó que la fertilización con 15 kg de S es imprescindible, aumentándose a niveles de 20 o $30 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ en situaciones de estrés azufrado (con

valores de S-SO₄²⁻ menores a 8 ppm y S total por debajo de 260 ppm) y mayores rendimientos potenciales. No solo el rendimiento aumentó, sino que la concentración de aceite también fue mayor con la fertilización azufrada, en todas las especies de Brassica y en todos los cultivares (Malhi, 2007).

En referencia al momento de aplicación del nutriente, la literatura coincide en que la mayor respuesta en suelos pobres se obtiene agregando el azufre a la siembra, pudiéndose encontrar respuestas a la aplicación más tardía en suelos con buena disponibilidad de azufre inicial (Nuttall et al., Grant, citados por Planchon y Figares, 2004). Experimentos a campo han mostrado que frente a deficiencias de azufre, el cultivo de canola responde a la fertilización hasta el inicio de la elongación del tallo, sin que se vea afectado el rendimiento en grano o la concentración de aceite. Se han presentado situaciones de respuesta económicamente viable en aplicaciones tan tardías como a floración (Hocking et al. Malhi, 2007).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó durante la zafra 2008 y consistió en un muestreo de 26 sitios dentro de una chacra comercial de colza - canola (60 has) perteneciente a la empresa Agronegocios del Plata S.A. A continuación se presentan detalles de la metodología utilizada.

3.1. LOCALIZACIÓN Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron determinaciones en un total de 26 sitios, dentro de una chacra comercial ubicada aproximadamente a 5km al sur de la ciudad de Dolores, departamento de Soriano. En el anexo 1 se presentan la distribución de puntos dentro de la chacra. El resumen de la textura y % de materia orgánica por estrato de profundidad para cada uno de los sitios de muestreo se listan en el anexo 2. La elección de los sitios de muestro fue llevada a cabo procurando encontrar variabilidad en topografía, profundidad de suelo, rastrojo en superficie y nivel de degradación actual del suelo.

En un total de 6 sitios, se retiró el rastrojo manualmente con la ayuda de un rastrillo en una superficie de 10 m² previo a la siembra, con el objetivo de, evaluar el efecto de la presencia del mismo sobre la emergencia e implantación del cultivo específicamente, la relación entre población y rendimiento se estudió con datos de población tomados a cosecha y no utilizando los datos de este ensayo.

Exceptuando un sitio, la siembra se efectuó bajo el sistema de siembra directa. El sitio donde se efectuó un laboreo previo a la siembra se denominó "CAN LAB" (número de identificación: 40)

3.2. MANEJO AGRONÓMICO

El manejo agronómico estuvo, en su totalidad, a cargo de la empresa agrícola ADP. Los detalles se presentan a continuación.

Cuadro N°2: Manejo del barbecho y de la siembra del cultivo.

	MANEJO		
	Barbecho	Siembra	
Fecha	19 de Mayo	24 de Junio	
Actividad	Aplicación de Herbicida	Siembra	Fertilización
Detalles	Glifosato Pampa Max 90 WDG 1,2 l ha ⁻¹ Rastrojo Soja	Siembra Directa 0,19m entre surcos Cultivar Eclipse	88 Kg ha ⁻¹ Superfosfato

Cuadro N°3: Manejo del cultivo una vez instalado el mismo.

	MANEJO			
	Cultivo Instalado			
Fecha	5 de Agosto	7 de Agosto	22 de Septiembre	26 de Septiembre
Actividad	Control Malezas	Fertilización	Control de Lagarta	Refertilización
Comentarios	Verdict 0,21 lt ha ⁻¹	169 kg ha ⁻¹ Urea Prillet	Alsistin y Lorsban 0,1 l ha ⁻¹ y 0,84 l ha ⁻¹ respect.	92 kg ha ⁻¹ Sulfato de Amonio

3.3. DETERMINACIONES

3.3.1 En el suelo

3.3.1.1 Humedad gravimétrica

Se realizaron seis muestreos de suelo en cada sitio durante el ciclo del cultivo. Los primeros tres usando un calador de suelo de 1,8 cm de diámetro y para los demás muestreos se utilizó un taladro holandés para obtener un mayor volumen de suelo, lo que facilitaba la toma de muestras, dada la falta de humedad en el suelo. Las muestras se tomaron cada 15 cm hasta la profundidad a la que apareció el material madre. La profundidad máxima de muestreo fue 75 cm. La mitad de cada muestra fue pesada y colocada en estufa a 105 C° hasta alcanzar peso constante. Por diferencia de peso entre las muestras húmedas y secas se calculó la humedad gravimétrica, que está definida como:

$$HG = \text{Peso de agua} / \text{Peso suelo seco}$$

La otra mitad se secó a 60 C° y se utilizó para las determinaciones de nutrientes en suelo.

3.3.1.2 Nitrógeno

Para la determinación del contenido de N-NO₃⁻ en el suelo se utilizó la otra mitad de las muestras usadas para determinar la humedad gravimétrica. Estas muestras fueron secadas en estufa 60°C hasta alcanzar peso constante y posteriormente molidas. Las determinaciones de N-NO₃ fueron realizadas en el Laboratorio de Facultad de Agronomía (EEMAC, Paysandú) con la técnica de electrodo de nitratos, con un equipo Orion, modelo 93-07, con CaSO₄ como floculante. Los resultados finales se expresan como partes por millón.

3.3.1.3 Textura, Materia Orgánica y Densidad Aparente

Durante el primer muestreo de suelo se extrajeron 3 sub-muestras con calador por cada sitio de muestreo a intervalos de 15 cm hasta la profundidad máxima de suelo en cada sitio. Estas muestras fueron secadas en estufa a 60° durante 48 hs, luego molidas utilizando un molino eléctrico y posteriormente analizada para textura mediante el método de Bouyucous (1936) y materia orgánica con el método de Walkey y Black (Nelson y Sommers, 1982).

La densidad aparente, así como la capacidad de almacenaje de agua en suelo fue calculada a partir de la textura de cada suelo, utilizando las ecuaciones de Saxton y Rawls (2006).

3.3.2 En cultivo

3.3.2.1 Población y distancia entre plantas

Se realizaron un total de tres determinaciones de población durante el ciclo del cultivo. La primera fue realizada en el estadio b1 y se midieron 8 metros lineales por sitio. En los sitios en los que se generaron los tratamientos “con y sin rastrojo” se determinó la población en cada situación.

Durante la segunda evaluación (en estado b4) se midió distancia entre plantas en 4 metros lineales únicamente en los sitios en los que se generó la variación “con y sin rastrojo”. Por último, la tercera evaluación fue realizada a cosecha y se contaron las plantas de 2 metros lineales, los mismos que fueron cosechados manualmente, estos últimos datos de población fueron los que se utilizaron para estudiar su incidencia en el rendimiento.

3.3.2.2 Fenología

Se realizaron lecturas de fenología el 15 de Julio, 7 de Agosto, 2 de Septiembre, 18 de Septiembre y 21 de Octubre según la escala elaborada por CETIOM.

3.3.2.3 Biomasa aérea e índice de área foliar.

La producción de biomasa se evaluó mediante 3 cortes (18/9 el 21/10 y el 2/11) de 2 filas de plantas de 1 m de largo por sitio, (0,38 m² ya que la distancia entre filas era de 19 cm). Las muestras se secaron en estufa a 60 C° hasta peso constante. Los resultados se expresan en kg ha⁻¹ de materia seca por hectárea. En los mismos sitios de muestreo, antes de realizar el corte, se estimó el índice de

área foliar a partir de una lectura del coeficiente de extinción de la luz utilizando un equipo LAI 500.

3.3.2.4 Nitrógeno y azufre en planta y grano.

Una vez determinada la biomasa aérea las mismas muestras fueron completamente molidas y se enviaron al laboratorio de INIA “La Estanzuela” donde parte de ellas fue utilizada para la medición del % N. Para esto se incineraron las muestras a 950°C y luego se detecta el N² por conductividad térmica. Por su parte otra porción de las plantas molidas fue incinerada a 1350°C y luego se detectó el SO₂ por infrarrojo.

3.3.2.5 Rendimiento en grano y componentes.

Se cosecharon manualmente 2 hileras de un metro de largo (0,38 m²) en cada punto el 2 de noviembre de 2008. Las muestras se conservaron en heladera y se contaron las ramas y silicuas por planta. Luego se colocaron las silicuas en estufa a 60° hasta peso constante y se procedió a la trilla manual de las mismas. Posteriormente de cada sitio se contaron un total de 300 granos en 3 repeticiones de a 100 granos para estimar el peso de grano.

3.3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos fueron analizados con el software Infostat 2009/p (Di Rienzo et al., 2009). Con el objetivo de estudiar la conformación del rendimiento, se realizaron análisis de varianza de la regresión entre componentes del rendimiento del cultivo. Para estudiar la relación entre el comportamiento del cultivo y las características de cada sitio se realizó un análisis multivariado. El mismo consistió en determinar “ambientes” de producción definidos por las características del suelo (textura, profundidad de cada horizonte, profundidad total) y aporte de nutrientes y agua de cada sitio. Para ellos, se realizó un análisis de componentes principales utilizando como variable de clasificación las características asociadas al suelo y/o relacionadas al mismo (Cuadro 4).

Variable
% Arc 0-15
% Arc 15-30
% Arc 30-45
% Limo 0-15
% Limo 15-30
% Limo 30-45
% M.O. 0-15
% M.O. 15-30
% M.O. 30-45
mm AD 15/7
Kg N suelo 15/7
N en planta 18/9
S en planta 18/9

Cuadro N°4: Variables consideradas para la confección de los componentes principales en el análisis multivariado.

Los componentes principales 1 (CP1) y 2 (CP2), se utilizaron para definir “ambientes” diferenciales. Para ello se ubicó cada punto de muestreo en los cuatro cuadrantes definidos por CP1 y CP2 y se definieron 9 ambientes en base a la distancia que se ubicó cada punto de los ejes definidos por los componentes principales (Cuadro 5).

Cuadro 5. Ambientes definidos en base a los componentes principales

Ambiente	Cuadrante	Distancia de X	Distancia de Y
A	Superior derecho	>1	>1
B	Medio derecho	<1	>1
C	Inferior derecho	>1	>1
D	Medio Inferior	>1	<1
E	Inferior izquierdo	>1	>1
F	Medio izquierdo	<1	>1
G	Medio	<1	<1
H	Superior izquierdo	>1	>1
I	Medio superior	>1	<1

Se realizaron análisis de varianza para las variables de respuesta de cultivo tomando los ambientes como categorías.

Por otra parte para determinar el efecto de los tratamientos con y sin rastrojo se realizó un análisis de varianza donde cada sitio de evaluación fue tomado como un bloque.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN CLIMÁTICA DEL AÑO

En la Figura 1 se presentan las lluvias registradas durante el período de barbecho y el ciclo del cultivo.

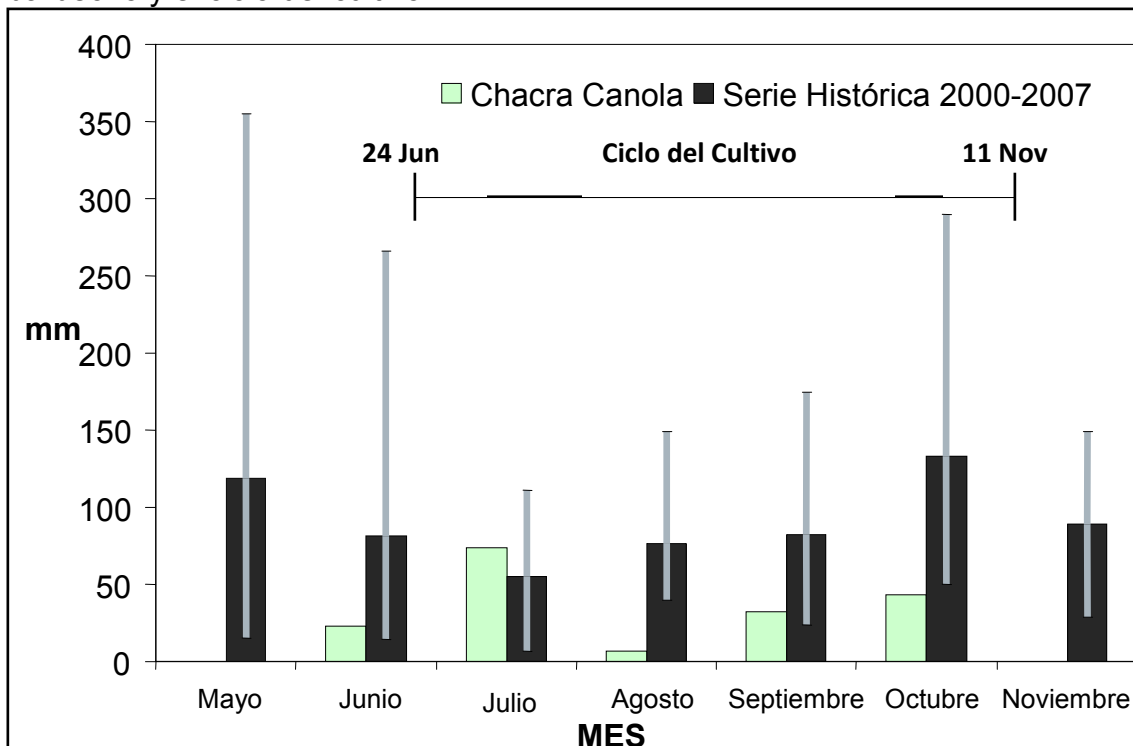


Figura N°1: Comparación de precipitaciones de chacra en año 2008 y serie histórica 2000-2007.

Como puede observarse en la figura 1 las precipitaciones fueron muy escasas durante el ciclo del cultivo, existiendo prolongados períodos sin precipitaciones. Las precipitaciones nunca alcanzaron el valor histórico para la zona, y en los meses de Mayo y Noviembre no se registraron lluvias, siendo sumamente escasas en Junio, Agosto, Septiembre y Octubre. Sólo en Julio llovió una cantidad similar al promedio histórico.

Durante la etapa de crecimiento del cultivo y acumulación de biomasa, no se registraron precipitaciones importantes que pudieran cumplir con los requerimientos, ya que el suelo se encontraba sin agua disponible, consecuencia de que los meses anteriores a la implantación del cultivo, tampoco se registraron lluvias. Esta variable debe ser considerada y valorada de forma que permita una adecuada interpretación de los resultados, ya que la ausencia de lluvias durante

casi toda la temporada de cultivo afectó negativamente el crecimiento y desarrollo del mismo.

En las figuras siguientes se presenta el índice de bienestar hídrico para el Uruguay durante los meses de septiembre y octubre, periodo en el cual el cultivo se encontraba en un periodo de concreción del rendimiento.

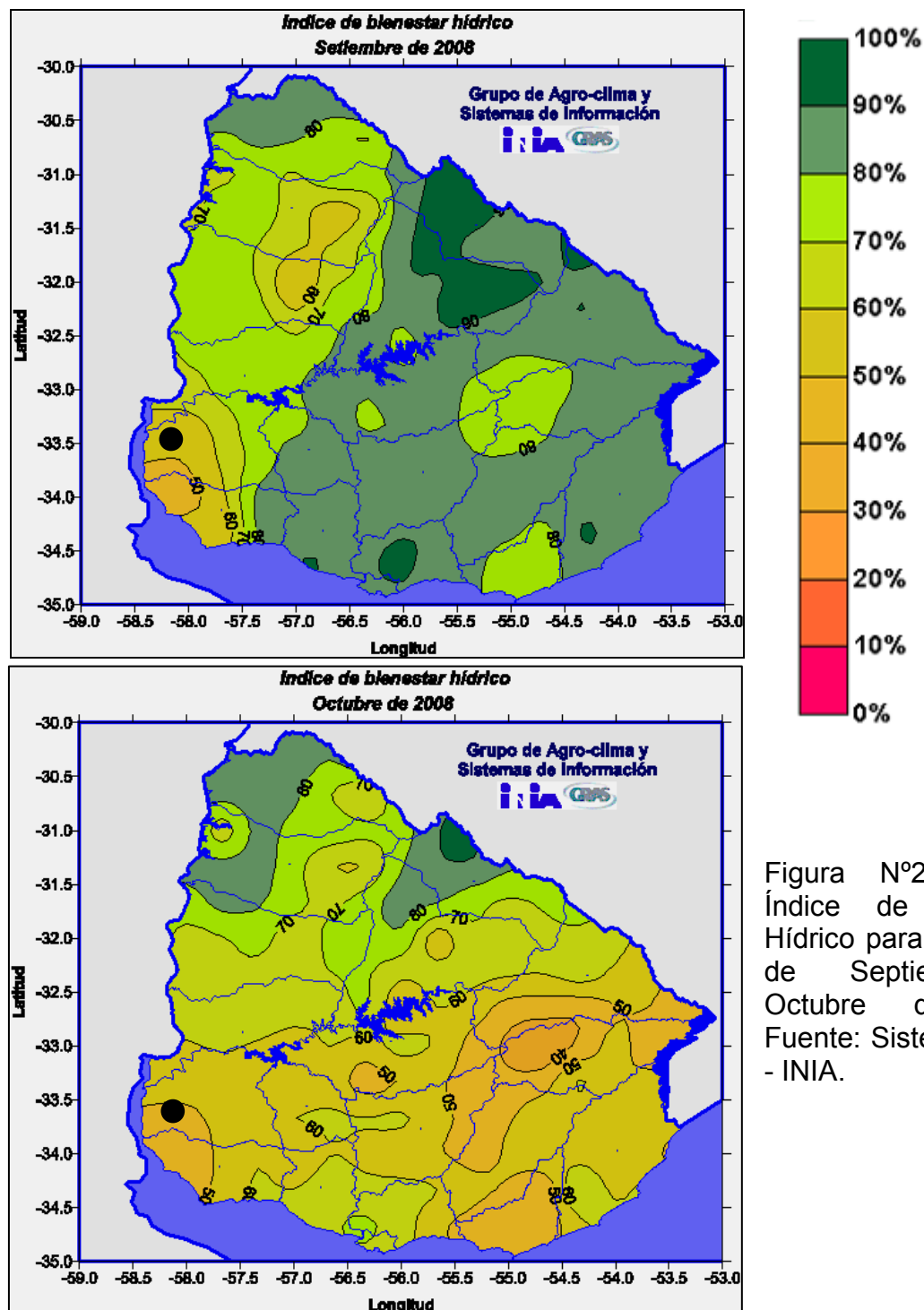


Figura N°2 y N°3:
Índice de Bienestar Hídrico para los meses de Septiembre y Octubre de 2008. Fuente: Sistema GRAS - INIA.

El índice de Bienestar Hídrico (IBH) resulta del porcentaje de la transpiración en función de la demanda potencial diaria (ETR/ETP). Valores de IBH cercanos a 100 indican que la vegetación se encuentra en niveles de transpiración cercanos a la demanda potencial y valores de IBH cercanos a 0 indican que la vegetación se encuentra en niveles de transpiración muy por debajo de la demanda potencial, indicando que climatológicamente la vegetación está bajo stress hídrico.

Como puede observarse en las figuras 2 y 3, la vegetación en la zona donde se ubicó el cultivo (indicado por un punto negro) tenía valores de transpiración muy por debajo de su demanda potencial. Este comportamiento se observa en todas las etapas del cultivo, lo que condicionó un desarrollo potencial del mismo.

4.2. EVALUACIÓN DE IMPLANTACIÓN SEGÚN COBERTURA DEL SUELO.

En la Figura 4 se presenta el efecto de la presencia o no de rastrojo sobre la población lograda y el desvío estándar para cada una de los tratamientos (con y sin rastrojo).

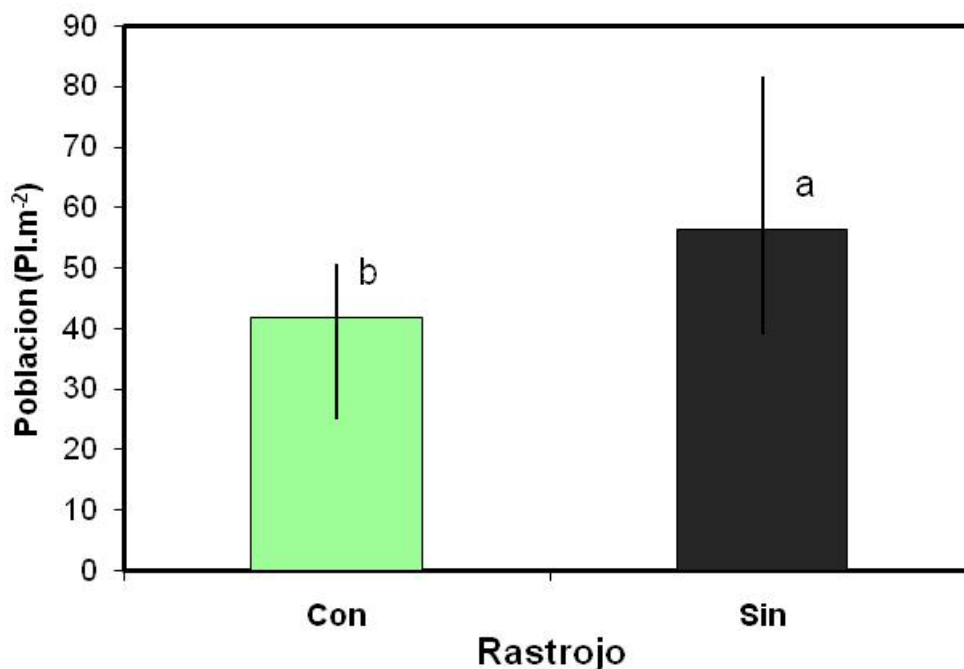


Figura N°4: Población de plantas en presencia o ausencia de rastrojo. * Letras diferentes entre si significan diferencias estadísticas $p < 0.05$ MDS.

La implantación fue mayor en situación sin rastrojo ($p < 0.04$) en donde la población lograda en términos promedio fue casi un 40% superior que para el tratamiento con rastrojo en superficie, coincidiendo con lo encontrado en la

bibliografía sobre el tema. Un aspecto importante a resaltar es que no existieron heladas durante el periodo de implantación, por lo cual las diferencias no se deben a muerte de plantas luego de la emergencia en los tratamientos con rastrojo, sino a diferencias en la calidad de siembra lograda en cada una de las situaciones.

La cobertura del suelo en los tratamientos “con rastrojo” fue de prácticamente el 100%, compuesto por rastrojo de trigo no anclado, ya que había sido picado junto con la cosecha de la soja de segunda previa a la siembra de canola.

Por otra parte, y tal como era esperable, no solo se encontraron diferencias en la población final, sino que también se encontraron diferencias en la distribución de las plantas ($p < 0.07$).

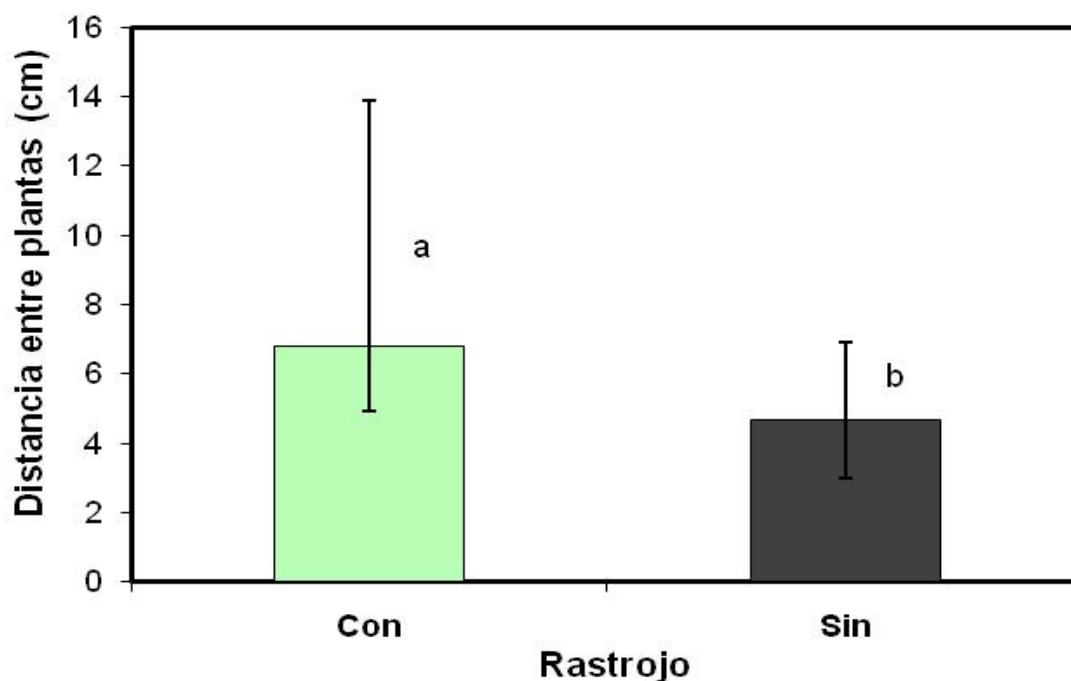


Figura N°5: Distancia entre plantas promedio en ausencia o presencia de rastrojo.* Letras diferentes entre si significan diferencias estadísticas $p < 0.1$ MDS.

Estas diferencias son esperables ya que el solo hecho de tener menos plantas en la línea producto de una menor emergencia, aumenta la probabilidad de que la distribución sea más desuniforme. Se podría suponer que estas diferencias se harían aun más marcadas en años con existencia de heladas en implantación, por lo cual estamos frente a un punto crítico en el cultivo de colza. Más adelante se estudiara la relación existente entre la población lograda y el rendimiento en grano para la totalidad de los sitios en evaluación, pero es importante aclarar que no se realizó un evaluación entre el rendimiento con y sin rastrojo.

4.3. RESULTADOS PRODUCTIVOS

4.3.1 Distribución de rendimientos

El rendimiento en grano varió entre un máximo de 2383 y un mínimo 296 kg.ha⁻¹ (Figura 6).

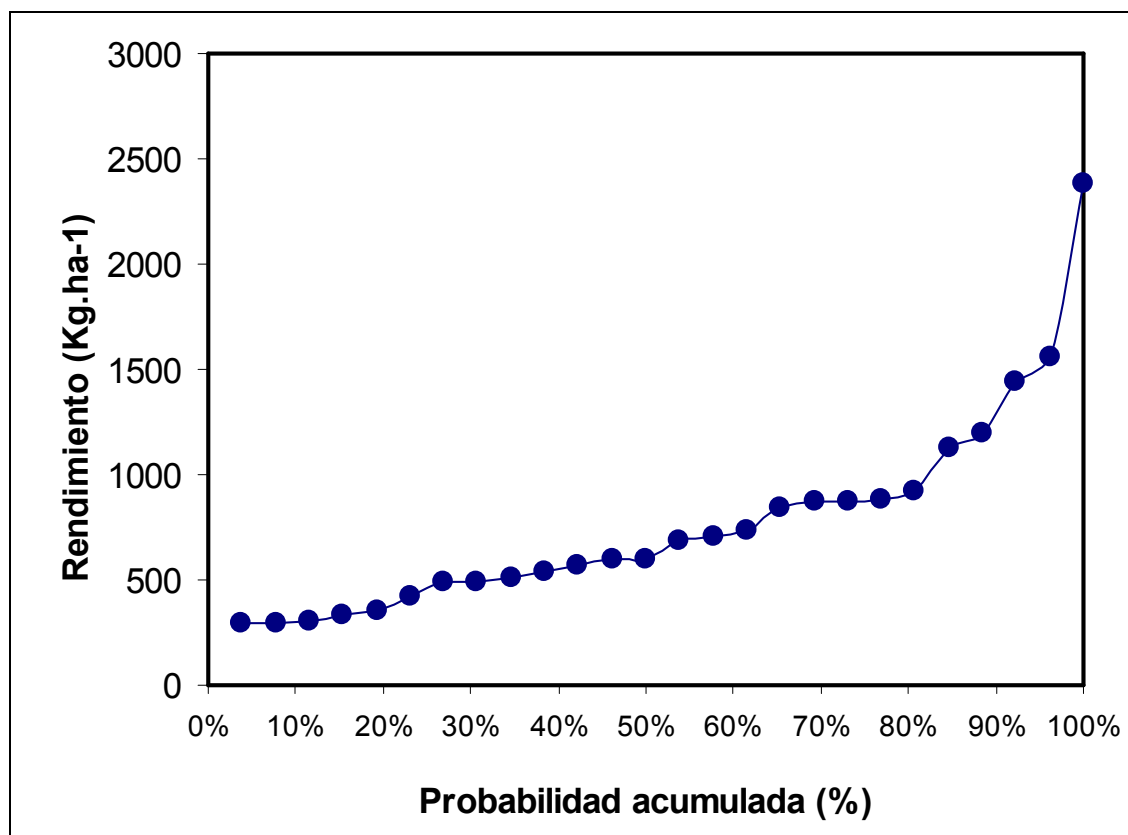


Figura N°6: Probabilidad acumulada de obtener rendimientos en kg.ha⁻¹.

Sin considerar el sitio de mayor rendimiento, el cual fue excepcional, la variabilidad estuvo concentrada entre los 300 y 1600 kg.ha⁻¹ ubicándose el 50% de probabilidad en el rango de los 650 kg.ha⁻¹.

4.3.2 Relación entre rendimiento en grano y sus componentes.

En el Cuadro 6 se presenta la matriz de correlaciones entre rendimiento y componentes.

Cuadro N° 6. Correlaciones entre diferentes componentes del rendimiento, el índice de cosecha y la biomasa acumulada a cosecha.

	Rendimiento	N° granos	IC	PMG	Biomasa	Poblacion
Rendimiento	1	0	0,000000046	0,03	0,000021	0,69
N° granos	0,92	1	0,0000032	0,43	0,000037	0,73
IC	0,72	0,61	1	0,004	0,1	0,97
PMG	0,18	0,03	0,30	1	0,22	0,81
Biomasa	0,53	0,52	0,11	0,063	1	0,52
Poblacion	0,01	0,00	0,00	0,003	0,017	1

* Coeficientes de correlación (R2) por debajo de la diagonal y las significancias de esas correlaciones (p-valor).

El rendimiento en grano aparece claramente relacionado con el número de granos por unidad de superficie (n° granos), el índice de cosecha (IC) y también, aunque en menor medida, la biomasa. El n° de granos tuvo una correlación cercana a 1, coincidiendo con datos bibliográficos europeos. El IC, si bien no es un componente del rendimiento, fue determinante a la hora de explicar el mismo. Por último puede observarse que el peso mil granos (PMG) tiene una escasa importancia y la población, siendo cercana a 0 la correlación entre esta y rendimiento.

Del análisis de la información, surge que uno de los determinantes principales del rendimiento fue el índice de cosecha, el cual varió entre valores máximos de 0,25 y mínimos de 0,08 (Figura 7).

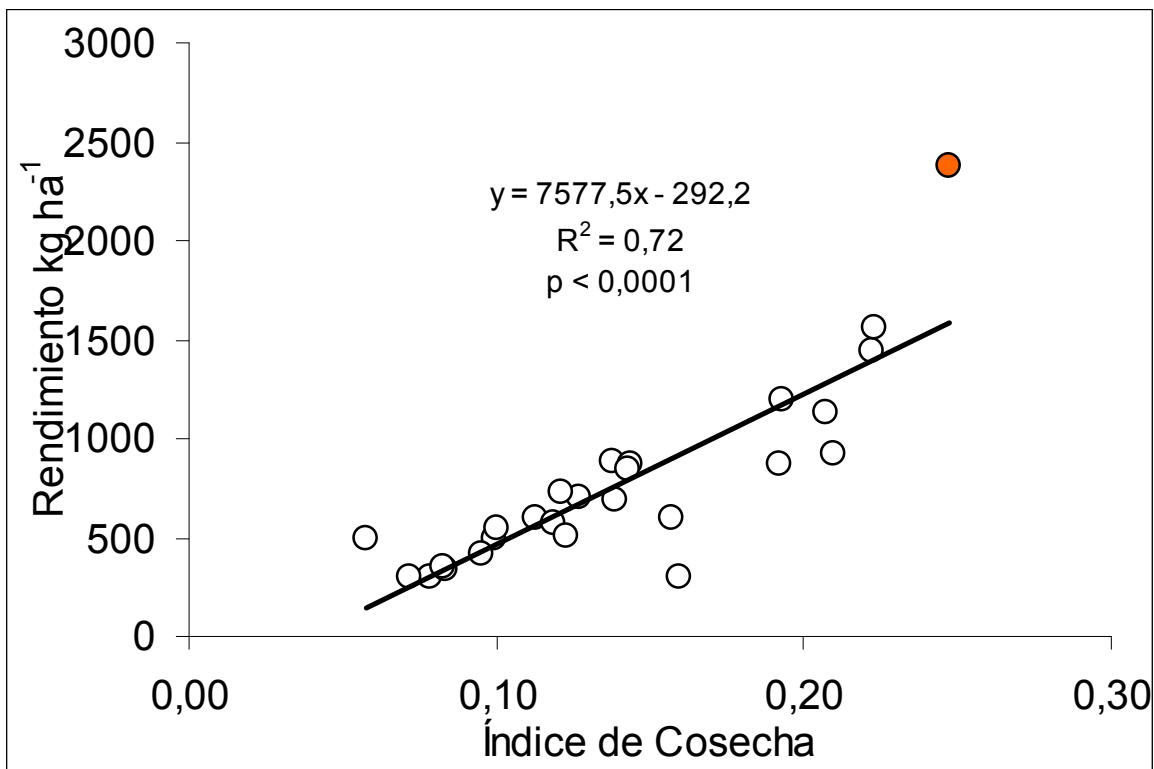


Figura N°7: Relación entre el rendimiento en kg.ha⁻¹ y el índice de cosecha.

El índice de cosecha y el rendimiento estuvieron positivamente relacionados. Sólo un sitio alcanzó el rango potencial de índice de cosecha para la especie (en rojo en la gráfica), el que se ubica entre 0.25 y 0.35 (Walton, 1999). Este sitio se diferencia de los otros por su mayor rendimiento, el cual no es debido únicamente al índice de cosecha, sino a una mayor producción de biomasa, coincidente con los datos de Gunasekera, (2009). El hecho que solo un sitio haya alcanzado el valor potencial podría ser explicado por el importante déficit hídrico, coincidiendo con lo expresado por Walton (1999).

Dentro de los componentes del rendimiento, el número de granos m⁻² se relacionó significativamente y de manera positiva y estuvo determinado por el número de silicuas m⁻² (Figuras 8 y 9). En tanto, plantas m⁻² y peso de grano no se relacionaron significativamente con el rendimiento (Figura 10 y 11).

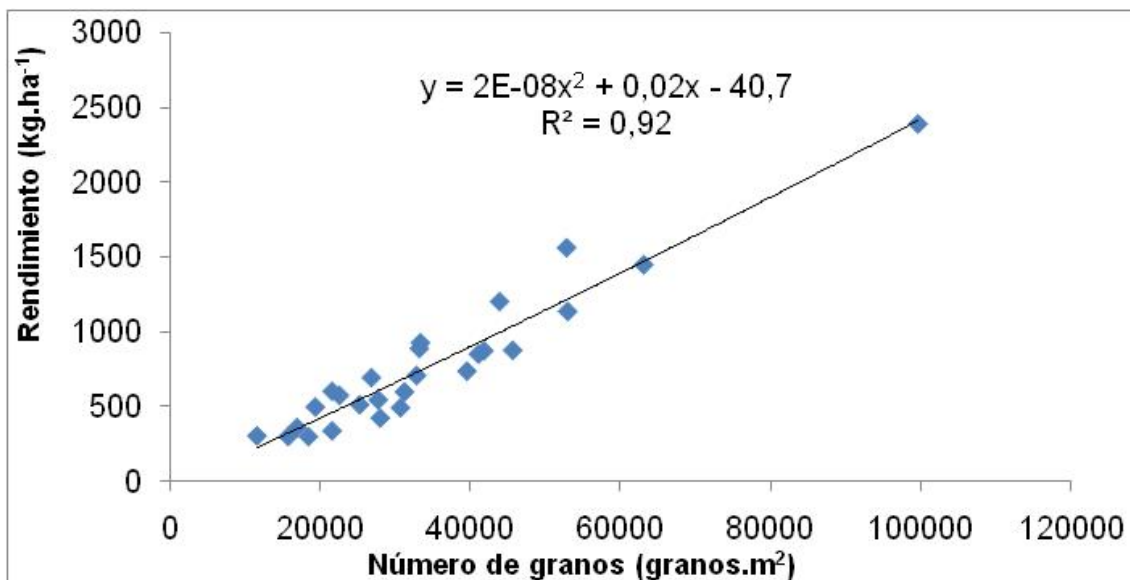


Figura N°8: Relación entre el rendimiento en kg ha^{-1} y el número de granos por metro cuadrado.

La estrecha relación entre el número de granos obtenido a cosecha y el rendimiento en grano obtenido concuerda con los resultados obtenidos por Peltonen-Sainio y Jauhiainen (2008), en el cual el número de granos explicó casi el 90 % del modelo de rendimiento.

Según algunos autores, el número de silicuas por metro cuadrado es un componente del rendimiento de importancia.

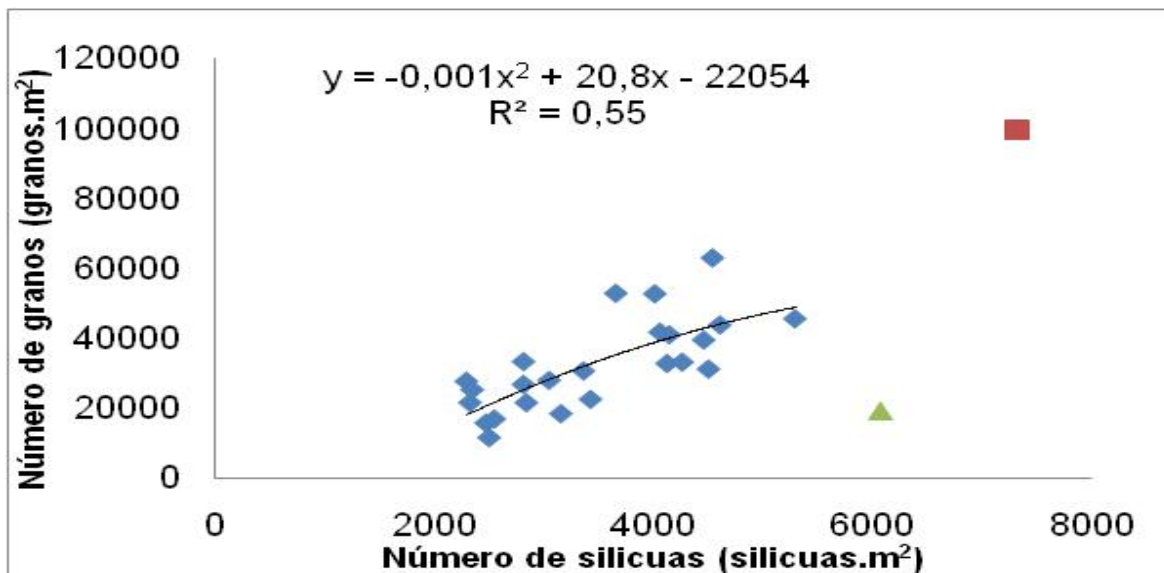


Figura N°9: Relación entre el número de granos por metro cuadrado y el número de silicuas por metro cuadrado a cosecha.

El número de granos se relacionó positivamente con el número de silicuas obtenido. De esta manera, el aumento del número de silicuas por metro cuadrado, significó un aumento en el número de granos por metro cuadrado y por lo tanto un aumento en el rendimiento. Existieron dos puntos de muestreo fuera de la línea de regresión calculada, los que no fueron utilizados para el cálculo de la línea de tendencia ni el R^2 . El triángulo (\blacktriangle) representa el sitio donde el suelo fue laboreado previo a la siembra del cultivo. En este sitio, si bien el número de silicuas fue muy alto, situándose solo por debajo del sitio 25, esto no fue correspondido en un alto número de granos, y por lo tanto, en un alto rendimiento. El cuadrado (\blacksquare) representa el sitio 25, el cual confirma la tendencia, de que a mayor número de silicuas, mayor número de granos, pero a un nivel muy superior al resto de los sitios.

El peso de grano es otro de los componentes del rendimiento nombrados en la bibliografía. A diferencia de los anteriores, este no incidió en el rendimiento de manera significativa. Los puntos con mayor rendimiento tuvieron granos con peso superior a los 2 gramos cada 1000, pero existieron muy bajos rendimientos en grano, con pesos de mil granos de los más altos (Figura 10).

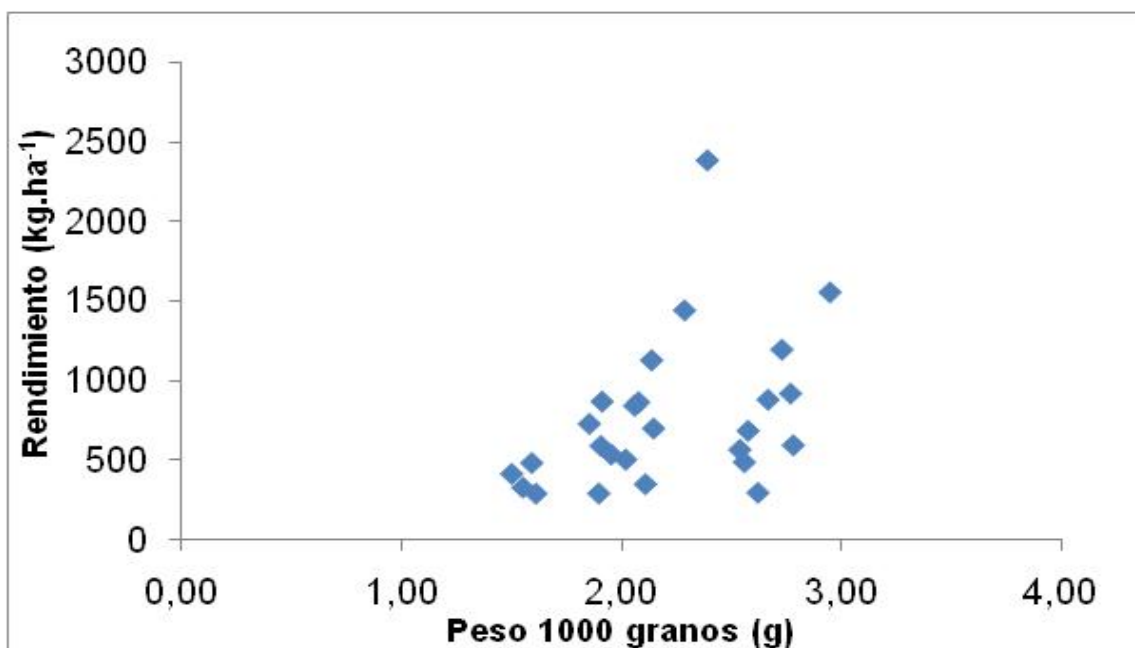


Figura N°10: Relación entre peso mil granos y rendimiento.

Por último, al igual que lo observado en la bibliografía nacional, la población lograda no tuvo incidencia en el rendimiento en grano del cultivo (Figura 11).

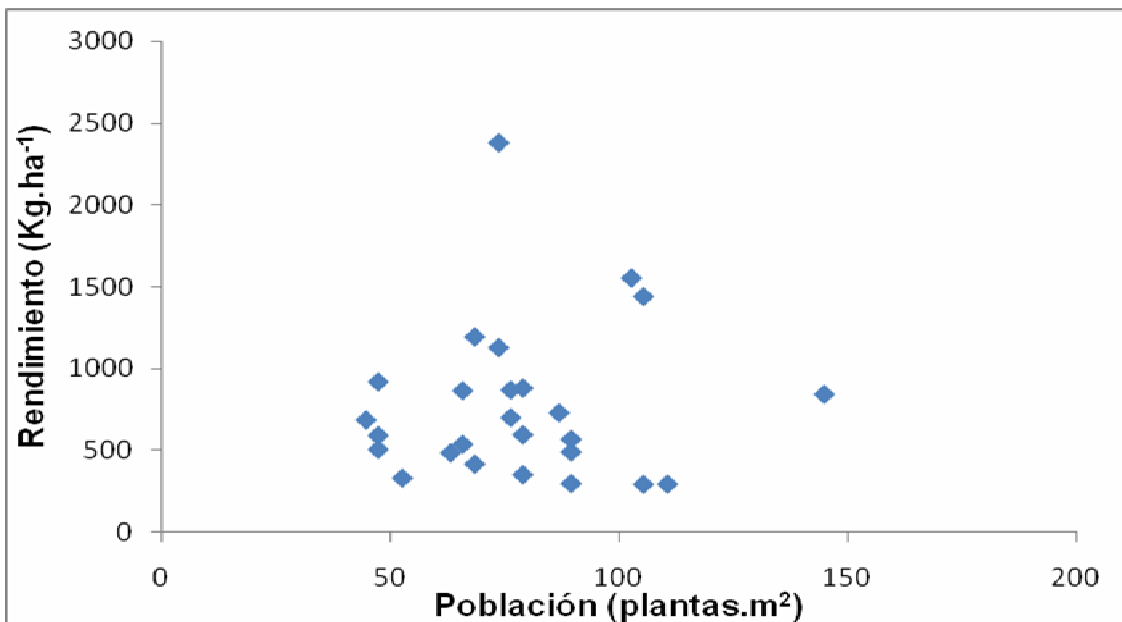


Figura N°11: Relación entre la población y el rendimiento.

En la figura anterior se observa que dentro del rango de 40 a 140 plantas por metro cuadrado se obtienen rendimientos similares. A su vez se puede concluir que por debajo de las 60 plantas por metro cuadrado no existen rendimientos mayores a los 1000 kg ha⁻¹. Ambas observaciones son coincidentes con lo expuesto en la bibliografía, respecto a que la variación dentro del gran rango de poblaciones recomendadas, no repercute en el rendimiento, confirmando la gran plasticidad de la especie, y además que un requisito para alcanzar los mejores rendimientos es que la población sea superior a 60 plantas por metro cuadrado. Si bien el número de plantas por metro cuadrado es también uno de los componentes del rendimiento, al aumentar este componente, el rendimiento no refleja dicho incremento, lo que se explica por una disminución del número de granos por metro cuadrado y/o peso de los mismos.

4.3.3 Relación entre los nutrientes absorbidos y el rendimiento

La relación nitrógeno - azufre (N/S) en planta está relacionada con el rendimiento en grano (Hocking et al. 1996).

En la Figura 12 se presenta la relación encontrada entre rendimiento y relación N/S en planta a cosecha, ya que fue en este momento del ciclo el único momento donde se encontró una relación razonable.

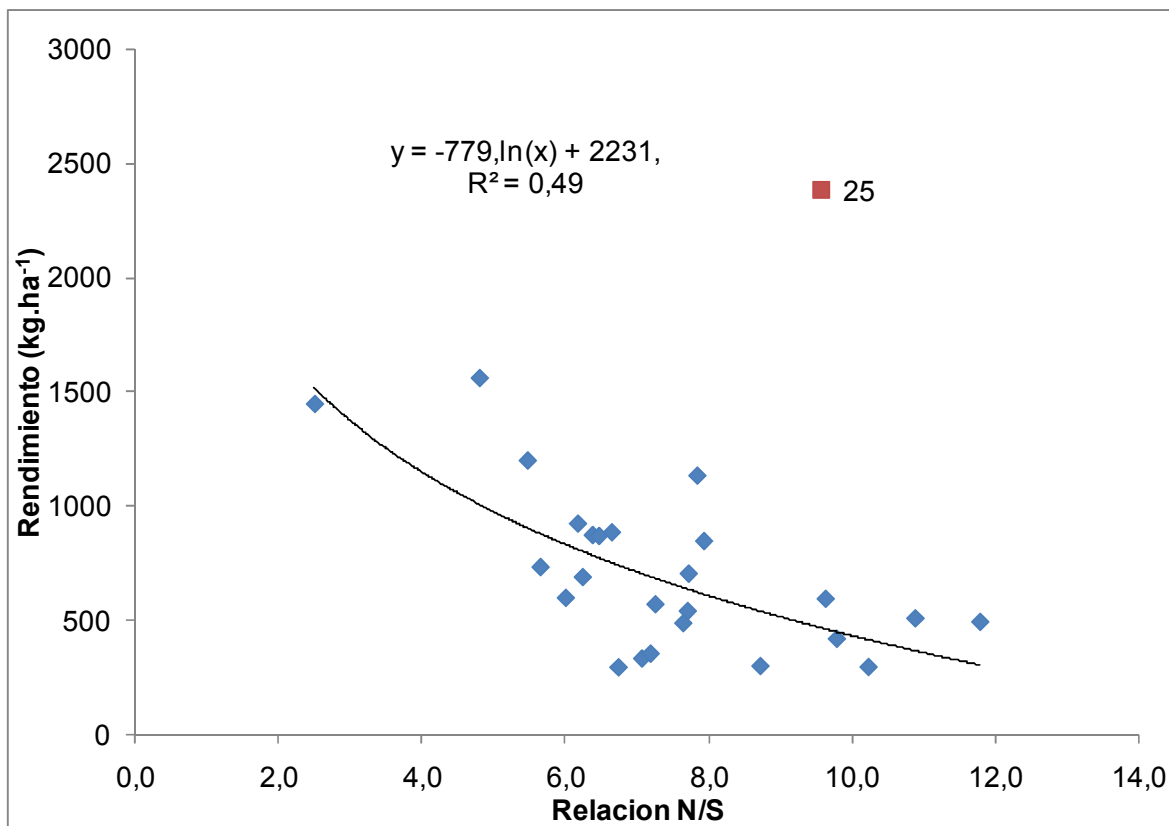


Figura N°12: Relación entre el rendimiento y la relación Nitrógeno / Azufre en planta a cosecha.

Como puede observarse hubo una significativa relación inversa entre la relación N/S en planta a cosecha y el rendimiento. Cabe resaltar que los valores de relación N/S obtenidos abarcan un rango desde valores muy bajos, entre 2 y 4, a valores muy altos, cercanos a 12. Todos los valores superiores a 10 indicarían, según Hocking (1996), que existió un déficit de azufre. La mayoría de los puntos se encuentran por debajo de 8 lo que según este mismo autor indican un nivel de suficiencia en la planta.

El sitio 25 que mostró un comportamiento diferente al resto, tuvo una relación N/S cercana al valor de 10, lo cual lo colocaría cercano a una situación de insuficiencia de S, pero las magnitudes en kilogramos de nutrientes disponibles en suelo duplicaban y hasta triplicaban al resto de los sitios de muestreo, por lo que la cantidad de azufre le permitió tener un buen rendimiento (ver anexo 4).

4.4. CARACTERÍSTICAS DEL SUELO ASOCIADAS A LA PERFORMANCE DEL CULTIVO.

4.4.1 Formación de grupos

Del análisis de componentes principales surgieron un total de 9 grupos cuyas características principales se resumen en el anexo 3. En el cuadro siguiente se presentan la proporción de la variación explicada en cada uno de los ejes.

<u>Lambda</u>	Valor	Proporción	Prob Acum
1	5.89	0.39	0.39
2	2.02	0.13	0.53
3	1.72	0.11	0.64
4	1.40	0.09	0.74
5	0.96	0.06	0.80
6	0.87	0.06	0.86
7	0.52	0.03	0.89
8	0.47	0.03	0.92
9	0.39	0.03	0.95
10	0.35	0.02	0.97
11	0.22	0.01	0.99
12	0.10	0.01	0.99
13	0.05	3.5E-03	1.00
14	0.03	1.8E-03	1.00
15	0.01	6.9E-04	1.00

Cuadro N°7: Proporción de variación atribuible a cada una de los componentes principales.

Se observa que el CP1 (eje x) explica el 39% de la variación y junto con el CP2 (eje y) llegan a explicar el 53% de la variación total. Para el análisis siguiente la separación de grupos se realizó utilizando solo estos dos primeros ejes. En el cuadro y figuras siguientes se pueden ver, para cada variable utilizada en la clasificación, la influencia que tuvo en la formación de los grupos, o sea, la distancia en cada uno de los ejes.

Variables	CP1	CP2
Prof	0.18	0.34
Poblacion	-0.12	0.51
% Arcilla 0-15	-0.07	0.22
% Arcilla 15-30	-0.27	-0.23
% Arcilla 30-45	-0.28	0.32
% Limo 0-15	0.29	-0.30
% Limo 15-30	0.33	0.15
% Limo 30-45	0.29	-0.30
% MO 0-15	0.28	-4.4E-03
% MO 15-30	0.27	0.09
% MO 30-45	0.31	0.16
KgN Su15-07	0.23	0.25
mmAD15-7	0.16	0.34
Kg N 18/9	0.31	0.04
Kg S 18/9	0.32	-0.08

Cuadro N°8: Influencia de cada una de las variables en los distintos ejes.

El CP1 ubica hacia la izquierda, sitios con mucha arcilla en 15 a 45 cm. Hacia la derecha se ubican los sitios con más limo y materia orgánica en todo el perfil. También se encuentran a la derecha del CP1 los sitios que el 15/7/08 tenían en alto contenidos de nitrógeno en suelo y el 18/9/08 altos contenidos de nitrógeno y azufre en planta.

En tanto CP2 ubica hacia la parte superior sitios con suelo más profundo, con más agua disponible el 15/7/08 y con más arcilla entre 0 y 15 cm y entre 30 y 45 cm y en especial mayor número de plantas logradas. También ubica hacia arriba sitios con alto contenido de nitrógeno en suelo el 15/7/08. En la parte inferior, sitios más limosos en superficie (0-15 cm) y entre 30 y 45 cm, pero arcillosos entre 15 y 30 cm.

Un detalle a destacar es que las variables que se utilizaron para diferenciar los ambientes están vinculadas, en su mayoría, a la fertilidad del suelo y no a la capacidad de almacenaje de agua del suelo. Sin embargo, el agua disponible al inicio del periodo de crecimiento fue determinante en diferenciar los ambientes. Esto induce a pensar que, a pesar de ser suelos con capacidades diferentes de almacenamiento de agua, el déficit hídrico fue tan severo, antes y durante el crecimiento del cultivo, que la única diferencia hídrica entre los sitios fue la cantidad inicial, ya que nunca tuvieron la posibilidad de almacenar y por tanto brindar la máxima capacidad de agua.

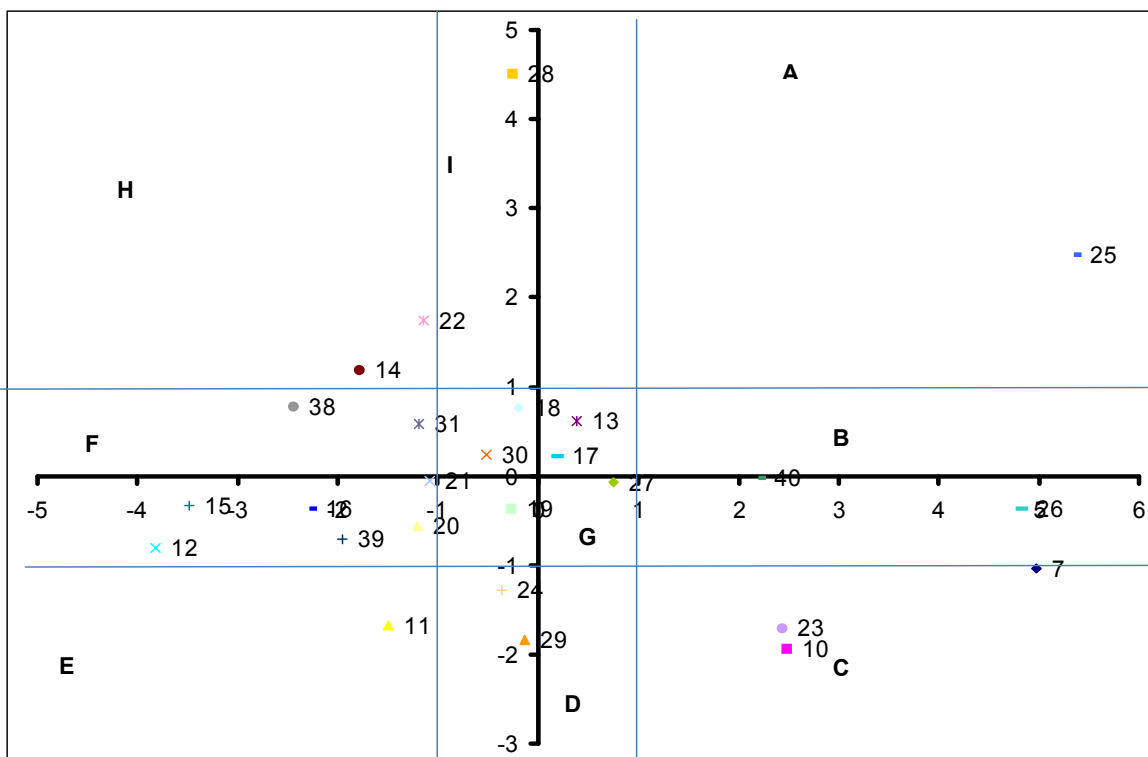


Figura N°13: Disposición espacial y distancia de los ejes de los sitios de muestreo.

4.4.2 Relación entre ambientes y rendimiento final

Los “ambientes” definidos no modificaron significativamente el rendimiento en grano del cultivo. Estos resultados pueden estar explicados por la existencia de una limitante mayor para la expresión del rendimiento, como las condiciones de déficit hídrico extremo en las que se desarrolló el cultivo.

Si bien la segregación no permitió una diferenciación clara, en el Cuadro 7 se presenta el rendimiento medio y su variabilidad por ambiente.

Cuadro N°9: Promedios, máximos, mínimos y coeficiente de variación de rendimientos de los distintos ambientes

Ambiente	Promedio Rendimiento	Máx Rend.	Mín Rend.	%CV
A	2383	2383	2383	0%
B	562	599	493	11%
C	895	922	868	4%
D	422	509	334	29%
E	689	689	689	0%
F	998	1557	355	45%
G	554	872	301	37%
H	297	297	296	0%
I	865	884	846	3%

Nota: Ambientes a, e y h están compuestos por un solo sitio de muestreo.

Se comenzará el análisis de la relación entre los ambientes y el rendimiento utilizando el ambiente "A". Dicho ambiente estuvo compuesto por un solo sitio de muestreo, con características de suelo únicas (Anexos 1,2 y 3), lo que le permitió obtener rendimientos mayores al triple de la mediana de todos los sitios y más del doble del ambiente que lo sigue.

El segundo en rendimiento es el ambiente "F" que a la vez es el de mayor variabilidad de rendimientos. Presenta todos los rendimientos por encima de 1000 kg ha⁻¹ sin contar el sitio 25, pero también lo integran sitios de rendimientos bajos. Está formado por sitios que comenzaron con una relación N/S en planta promedio, la que fue descendiendo a lo largo del ciclo hasta ubicarse dentro de las más bajas (anexo 5). Los sitios que obtuvieron los rendimientos mayores a 1000 kg ha⁻¹ experimentaron el mayor crecimiento de biomasa en la última etapa del ciclo (anexo 6). También es importante resaltar que el ambiente poseía el valor de agua disponible en suelo más bajo al inicio de elongación (anexo 7) y que siempre tuvo valores bajos de NO₃⁻ en suelo (anexo 5).

El ambiente "I" está compuesto por sitios que rindieron mejor que el promedio. Comenzó con un buen nivel de agua y NO₃⁻ en suelo, pero con crecimiento promedio, luego mantuvo el nivel de agua variando el de NO₃⁻ y mostró un gran crecimiento en biomasa en las últimas etapas. Al analizar el grano se encontró un porcentaje de azufre de 0,37 lo que indicaría suficiencia de este nutriente.

Por último analizaremos el ambiente "H" que está compuesto por los dos sitios que rindieron menos. El crecimiento de estos puntos, fue rápido al principio y casi nulo al final. Es un ambiente con altos contenidos de arcilla en todo el perfil y poca materia orgánica. Los análisis de azufre en grano mostraron valores situados entre los más bajos de todos los sitios.

4.4.3 Efecto del Azufre en el rendimiento

El Azufre es un nutriente especialmente importante en el cultivo de colza, a continuación se presenta la relación entre el rendimiento y el porcentaje de azufre en semilla.

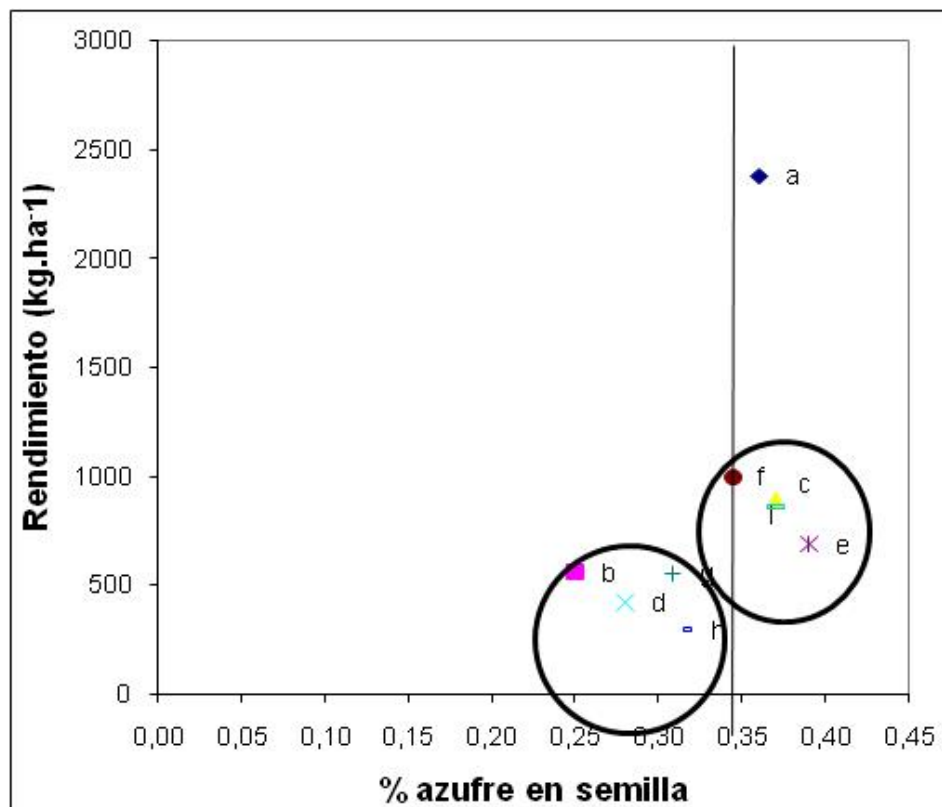


Figura N°14: Relacion entre el % de S en semilla y el rendimiento por ambiente

Se puede observar que todos los ambientes de mayor rendimiento presentaban porcentajes de S en semillas cercanos o por encima de 0,36, nivel citado en la bibliografía como umbral de suficiencia, o sea que, los puntos por encima de ese umbral, no tuvieron deficiencias de S. Excluyendo el ambiente “a”, se podrían formar 2 grupos, uno con niveles aceptables de azufre y rendimientos por encima de la media, y otro con insuficiencia del nutriente y rendimientos promedio o bajos. El ambiente “f” presenta deficiencia, pero recordemos que se trata de un ambiente con gran variabilidad y si tomáramos solo los sitios de muestreo con rendimiento por encima de 1000 Kg ha, solo 1 presenta deficiencias de azufre según este valor teórico.

5. CONCLUSIONES

Las condiciones climáticas del año, caracterizadas por un déficit hídrico durante todo el ciclo del cultivo, condicionaron los resultados, ya que no permitieron expresar el potencial de rendimiento del cultivo.

En el experimento en el que se evaluó el efecto de la presencia o no de rastrojo en superficie, se cuantificó una reducción significativa en el número de plantas logradas. La presencia del rastrojo disminuyó la población lograda y empeoró la distribución, aun en ausencia de heladas durante el periodo de implantación. De todas maneras las poblaciones logradas estuvieron en el rango recomendado (60-200) por la bibliografía, y no tuvo incidencia en el rendimiento.

El número de grano por metro cuadrado fue el componente del rendimiento que explicó la mayor parte de la variación en el mismo ($r^2=0,918$, $P<0,01$). A su vez, el número de granos estuvo fuertemente influenciado por el número de silicuas ($r^2=0,547$ r^2 P). Por otra parte el índice de cosecha tuvo una fuerte asociación con el rendimiento final ($r^2=0,7184$, $P<0,001$).

Se identificaron nueve grupos de sitios segregados por las propiedades físicas y químicas del suelo, pero éstos no lograron explicar la variación encontrada en el rendimiento. A pesar de las diferencias en la capacidad de almacenar agua útil entre los sitios seleccionados, la disponibilidad de agua para el crecimiento del cultivo fue prácticamente la misma debido al déficit de precipitaciones. Como consecuencia, ésta variable que podría ser de importancia en años con lluvias normales no permitió diferenciar ambientes.

La concentración de azufre en grano permitió detectar dos grupos de sitios con rendimientos contrastantes considerando un valor crítico de 0,35%. Concentraciones en grano inferiores a este valor indicaría sitios que estuvieron expuestos a condiciones de deficiencia, pero carece de relevancia para la toma de decisiones de corrección por fertilización.

6. RESUMEN

El experimento fue realizado en el invierno 2008 en una chacra comercial de Colza-CANOLA perteneciente a la empresa ADP situada en el departamento de Soriano, próximo a la ciudad de Dolores. Se evaluó la relación entre la población, las características físico – químicas y el estado hídrico del suelo con el rendimiento y sus componentes. Para esto se identificaron y geo-referenciaron 26 sitios de muestreo intentando abarcar toda la heterogeneidad de la chacra. A su vez se instalaron en 6 de estos sitios ensayos en los que se retiró el rastrojo para, como objetivo secundario, determinar la incidencia de este en la implantación y distribución de las plantas. El cultivo fue sembrado sin laboreo sobre rastrojo de soja, y se desarrolló en un invierno con muy escasas precipitaciones (186 vs 570 mm de promedio histórico). Se caracterizaron los sitios de muestreo según sus propiedades físicas (materia orgánica y textura) y se siguió la evolución en cada uno del agua y N-NO_3^- en suelo. Se midió la densidad de plantas en todos los sitios y su distribución en los sitios donde se había retirado el rastrojo en ambas condiciones. A su vez se midió la evolución de la materia seca y de la concentración de S y NO_3^- en planta a través de 3 cortes. A cosecha se midió el rendimiento y sus componentes, número de plantas, número de silicuas y peso de 1000 granos, tomados en muestras de $0,38 \text{ m}^2$ por sitio y se estimó el número de granos. El déficit hídrico afectó al cultivo en todas sus etapas. La presencia de rastrojo en superficie redujo la implantación y la uniformidad. Los rendimientos variaron entre 300 y $2400 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. El número de granos por metro cuadrado explicó el 91% del rendimiento, y el índice de cosecha el 70%. A su vez, el número de granos estuvo relacionado con el número de silicuas. El peso de 1000 granos y la población no tuvieron relación con el rendimiento. Los sitios con un porcentaje de azufre en grano mayor a 0,36 fueron los que obtuvieron los mayores resultados. Se formaron grupos a partir de las condiciones físico-químicas del suelo pero estos no pudieron explicar los rendimientos obtenidos.

Palabras clave: Colza; CANOLA; *Brassica napus*; rendimiento; azufre; índice de cosecha; número de granos.

7. SUMMARY

The trial was conducted during the winter of 2008 in a commercial field of rapeseed - CANOLA owned by ADP, located in Soriano, near the town of Dolores. The relationships between population, physical - chemical properties and soil water status with yield and its components were evaluated. To do this 26 sampling sites were identified and geo-referenced trying to cover all the heterogeneity of the field. Stubble was removed in 6 of these trials sites, to determine site incidence in plant establishment and its distribution as secondary objectives. The crop was seeded without tillage on soybean stubble, and growth took place in a winter with very little rainfall (186 vs. 570 mm of historical average). Sampling sites were characterized according to their physical - chemical properties (organic matter and texture), and evolution of water and N-NO₃-in soil were registered. Plants density and their distribution in places where the stubble had been removed, were measured at every site in both conditions, with and without stubble. The evolution of dry matter and S and NO₃ concentration in plants, were measured 3 times. At harvest yield and its components (number of plants, number of pods and weight of 1000 grains) were measured, samples of 0.38 m² per site were taken, and the number of grains was estimated. Water deficit affected the crop at all stages. The presence of stubble reduced implantation and surface uniformity. Yields ranged between 300 and 2400 kg.ha⁻¹. The number of grains per square meter explained 91% of the yield and harvest index, 70%. In addition, the number of grains was related to the number of pods. The 1000 seed weight and population were not related to performance. Sites with sulfur in grain over 0.36% were those who obtained the greatest results. Groups based on soil physico-chemical properties did not explain yields.

Key words: Rapeseed, CANOLA, *Brassica napus*; yield; sulphur; harvest index; grain number

1. BIBLIOGRAFÍA

ALMOND, J.A.; DAWKINS, T.C.K.; ASKEW, M.F. 1986. Aspects of crop husbandry. In: Oilseed rape. Scarisbrick, D.H., Daniels, R.W. London, Collins pp.127-176.

ARSHAD, M. A., Gill, K. S. 1997. Barley, canola and wheat production under different tillage-fallow-green manure combinations on a clay soil in a cold, semiarid climate. Soil and Tillage Research, Volume 43, Issues 3-4, 10 Pp 263-275

BLAKE-KALFF, A.; HAWKESFORD, M.J.; ZHAO, F.J.; MCGRATH, S.P. 2000. Diagnosing sulfur deficiency in field-grown oilseed rape (*Brassica napus* L.) and wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant and Soil **225**: 95–107, 2000.

BOULTER G. S. 1983. The history and marketing of rapeseed oil in Canada. High and low erucic acid rapeseed oils. Edited: Kramer J.K., Sauer F. D. And Pigden Wallace. New York, Academic Press. pp. 62-129.+

BOUYOUCOS, G.S. 1936. Directions for making mechanical analysis of soil by hydrometer method. Soil Sci. 4: 225-228.

BRUCE, S.E.; KIRKEGAARD, J.A.; PRATLEY, J.; HOWE, G. 2006. Growth suppression of canola through wheat stubble I. Separating physical and biochemical causes in the field. (En línea). Plant and Soil 281:203–218. <http://www.springerlink.com/content/m86752734117295m/fulltext.pdf>

BURZACO, JP.; CIAMPITTI, I.; GARCÍA, F. Mejores Prácticas de Manejo para la Nutrición del Cultivo de Colza-Canola: una revisión. Información Agronómica del Cono Sur (42):A.A.13:1-8, 2009.

CANADÁ, CANOLA COUNCIL OF CANADA, 2009. Canola Watch, Special Frost Bulletin (en línea). 2004. http://www.canolacouncil.org/watch_2004.aspx.

DI RIENZO J.A., CASANOVES F., BALZARINI M.G., GONZALEZ L., TABLADA M., ROBLEDO C.W. 2009. InfoStat versión 2009. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

DOWNEY, R.K., RIMMER, S.R. 1993. Agronomic improvement in oilseed brassicas. Academic Press, INC. San Diego, CA, USA.

ENGLER, P.L., VICENTE, G.R., CANCIO, R.A. 2008. La colza en los sistemas agrícolas entrerrianos: Una oportunidad como cultivo de invierno (en línea). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. http://www.inta.gov.ar/parana/info/documentos/produccion_vegetal/colza/evaluacion_manejo/20231_080401_colz.htm. Disponible.

ESTADOS UNIDOS. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. Foreign agricultural service report (en línea). 2009. <http://www.fas.usda.gov/wap/circular/2003/03-02/tables.html>. Disponible.

FARAJI, A.; LATIFI, N.; SOLTANI, A.; HOSSAIN SHIRANI RAD, A. 2008. Seed yield and water use efficiency of canola (*Brassica napus* L.) as affected by high temperature stress and supplemental irrigation. *Agricultural Water Management* 96 (2009) 132 – 140.

FRANCE. CENTRE TECHNIQUE INTER PROFESSIONNEL DES OLEAGINEUX METROPOLITAINS, 2008. Escala fenológica de la Colza. <http://www.cetiom.fr/index.php?id=10408>

FRANZEN, J. 2009. Net Energy Content of Canola Meal and Full-Fat Canola Seeds in Swine (en línea). Mayo 2009. (Disponible). NORTH DAKOTA STATE UNIVERSITY. (USA) . AGRICULTURE AND UNIVERSITY EXTENSION. <http://www.ag.ndsu.edu/procrop/rps/fafstc08.htm>.

GOMEZ, C.; PIAGGIO, L. 1983. Estudio Preliminar del Cultivo de Colza en el Uruguay. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 188p.

GÓMEZ, N.V., AGOSTI, M.B., MIRALLES, D.J. 2006. Fenología y generación del rendimiento del cultivo de colza-canola. Congreso de la AAPRESID. (15º, 2007, ARGENTINA).

GUNASEKERA, C.P.; MARTIN, L.D.; FRENCH, R.J.;SIDDIQUE,K.H.M. 2001. Response of mustard and canola genotypes to soil moisture stress during the post-flowering period (en línea). INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS(4º,2004,Brisbane,Australia). http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/1/3/3/1342_martinld.htm

GUNASEKERA, C.P.; FRENCH, R.J.; MARTIN, L.D.; SIDDIQUE, K.H.M. 2009. Comparison of the responses of two Indian mustard (*Brassica juncea* L.) genotypes to post-flowering soil water deficit with the response of canola (*B. napus* L.) cv. Monty. (en línea). *Crop and Pasture Science* 60 (3), pp. 251-261. Disponible. http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/1/3/3/1342_martinld.htm?print=1

HANSON, B.K., JOHNSON, B. L., HENSON, R. A., RIVELAND, N. R. 2008. Seeding rate, seeding depth, and cultivar influence on spring canola performance in the northern great plains. *Agronomy Journal* 100:1339-1346 (2008).

HOCKING, PJ; PINKERTON, A, GOOD A. 1996. Recovery of field-grown canola from sulfur deficiency (en línea). *Australian Journal of Experimental Agriculture* 1996; 36(1): 79 – 85. Mayo 2009. Disponible. <http://www.publish.csiro.au/paper/EA9960079.htm>

HOCKING, P.; NORTON, R.; GOOD, A. 1999. Canola nutrition. INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS(10º, 1999, Canberra, Australia). http://www.australianoilseeds.com/data/assets/pdf_file/0013/2704/Chapter_4_-_Canola_Nutrition.pdf

HOLMES, M.R.J., 1980. Nutrition of Oilseed Rape Crop. Applied Scientific Publishing Ltd., London, UK.

[HURRY, V. M.](#); [STRAND, A.](#); [TOBIAESON M.](#); [GARDESTROM, P.](#); [OQUIST, G.](#) 1995. Cold Hardening of Spring and Winter Wheat and Rape Results in Differential Effects on Growth, Carbon Metabolism, and Carbohydrate Content (en línea). Plant Physiology.Oct;109(2):697-706. Agosto 2009. Disponible. [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12228623?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DiscoveryPanel.Pubmed_Discovery_RA&linkpos=2&log\\$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12228623?ordinalpos=1&itool=EntrezSystem2.PEntrez.Pubmed.Pubmed_ResultsPanel.Pubmed_DiscoveryPanel.Pubmed_Discovery_RA&linkpos=2&log$=relatedarticles&logdbfrom=pubmed)

INDEX MUNDI. Compendio de información del libro de la Agencia Central de Inteligencia de Estados Unidos (en línea). <http://www.indexmundi.com/>. Disponible.

IRIARTE, L.; VALETTI, O. 2002. El Cultivo de Colza en Argentina. Buenos Aires, INTA. Revista IDIA XXI. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 7p.

LAMB, K. E.; JOHNSON, B. L. 2004. Seed Size and Seeding Depth Influence on Canola Emergence and Performance in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 96:454–461.

MALHI, S.S.; GAN, Y.; RANEY, J.P. 2007. Yield, Seed Quality, and Sulfur Uptake of Brassica Oilseed Crops in Response to Sulfur Fertilization (en línea). Agronomy Journal 99:570-577 (2007).

MARTINO, D.L.; PONCE DE LEON, F. 1999. CANOLA: Una alternativa promisoría. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. Serie Técnica No. 105. 49p.

MENDHAM, N.J.; SALISBURY, P.A. 1995. Physiology: Crop development, growth and yield. In: Kimber, D.; McGregor D.I., "Brassica Oilseeds: Production and Utilization". Wallingford, UK., CAB International, pp. 11-64.

NORTON, R.; BURTON, W.; SALISBURY, P. Canola quality *Brassica juncea* for Australia (en línea). INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS (4º, 2004, Brisbane, Australia). (Disponible). http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/5/1/3/1275_norton.htm

[OKLAHOMA STATE UNIVERSITY](#) (USA). Department of Plant and Soil Sciences. 2009. OKANOLA Program (en línea). Mayo 2009. (Disponible). <http://www.canola.okstate.edu/index.htm>

ORTEGÓN MORALES, A. S.; DIAZ FRANCO, A.; RAMIREZ DE LEON, A. 2006. Rendimiento y Calidad de Semilla de Variedades e Híbridos de Canola en el norte de Tamaulipas, Mexico. (en línea).Revista Fitotecnia Mexicana29(002).Disponible.

<http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/610/61029212.pdf>

PARRIS, K.; RITSON, C. 1977. ECC Oilseed product sector. Wye, Kent, Centre for European Agricultural studies.

PELTONEN-SAINIO, P., JAUHAINEN, L. 2008. Association of growth dynamics, yield components and seed quality in long-term trials covering rapeseed cultivation history at high latitudes. Field Crops Research Volume 108, Issue 1, 11 July 2008, Pages 101-108

PICCA, D.; R. CRESPI; INTRONA, D.; CÁCERES, P.; PUIATTI, J. 2007. Producción de colza (*Brassica napus*) en seco y bajo riego con aguas residuales. Universidad Nacional de Río Cuarto (Argentina). 26p.

PLANCHON GUIGOU, M.; FIGARES ESPÓSITO, H.J. 2004. Fertilización en colza-canola (*brassica napus l.*). Fenología y época de siembra en cultivares de *b. Napus*, *b. Rapa* y *b. Juncea*. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 179p.

RAKOW, G. Species Origin and Economic Importance of *Brassica*. In: [Biotechnology in Agriculture and Forestry](#). Vol.54. 344 pp. Editado: Pua, E. C., Douglas.

[RAPACZ, M.](#), [TOKARZ, K.](#), [JANOWIAK, F.](#) 2001. The initiation of elongation growth during long-term low-temperature stay of spring-type oilseed rape may trigger loss of frost resistance and changes in photosynthetic apparatus (en línea). [Plant Science](#). Jul;161(2):221-230. Disponible. [http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11448752?log\\$=activity](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11448752?log$=activity)

SAXTON, K.E., Y W.J. RAWLS. 2006. Soil Water Characteristic Estimates by Texture and Organic Matter for Hydrologic Solutions. Soil Sci Soc Am J 70:1569-1578.

SCARISBRICK, D.H. 1986. Oilseed Rape. London, Collins Professional and Technical Books, pp. 1-175.

SHAHIDI, F. 1990. Canola and rapeseed: production, chemistry, nutrition, and processing technology. Publicado por Van Nostrand Reyhold. 115 Fifth Avenue. New York. USA.

THOMAS, P. 2004. Canola growers manual (en línea) . Canola council of Canada. 2008-2009. Disponible. http://www.canola-council.org/canola_growers_manual.aspx.

VANDA FOOLADI, S., AYNEHBAND, A., NARAKI, F. 2009. Effects of tillage method, seed rate and microelement spraying time on grain yield and

yield components of rapeseed (*Brassica napus*) in warm dryland condition. Journal of Food, Agriculture and Environment. Volume 7, Issue 3-4, July 2009, Pages 627-633.

VIGIL, M. F.; ANDERSON, R. L.; BEARD, W. E. 1997. Base Temperature and Growing-Degree-Hour Requirements for the Emergence of Canola. Crop Science 37:844-849. (En línea) <http://crop.sciijournals.org/cgi/content/abstract/37/3/844>.

WALTON, G.; ROBERTSON, M; POTTER, T; MENDHAM, N. 1999, Phenology, Physiology and Agronomy, INTERNATIONAL RAPESEED CONGRESS (10^o, 1999, Canberra, Australia), <http://www.regional.org.au/au/qcirc/canola/p-04.htm>.

WHITE, W.J. 1980. The development of improved rapeseed cultivars in western Canada. Pp. 4-10. Edited: McLeod A.D. Published: Modern press, Saskatoon, CANADA.

URUGUAY. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA. 2009. Evaluación de cultivares de invierno. Convenio INIA-INASE.

URUGUAY. INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACION AGROPECUARIA. 2009. Programa de información climática GRAS. (en línea) <http://www.inia.org.uy/online/site/951411.php>. Disponible.

1. ANEXOS

1)

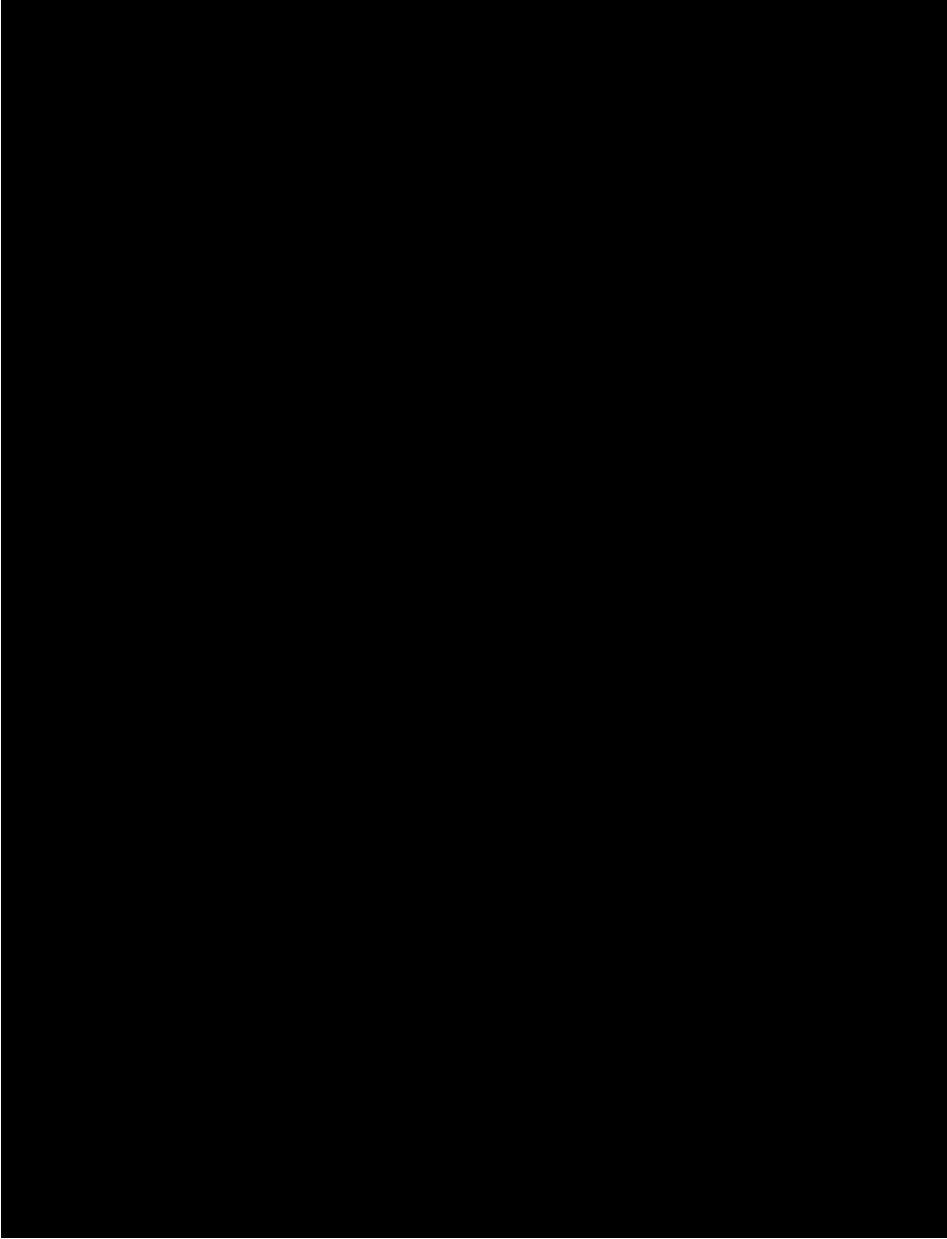


2)

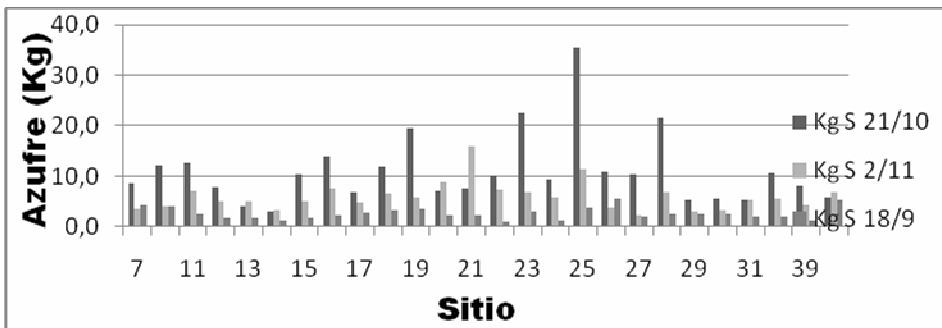
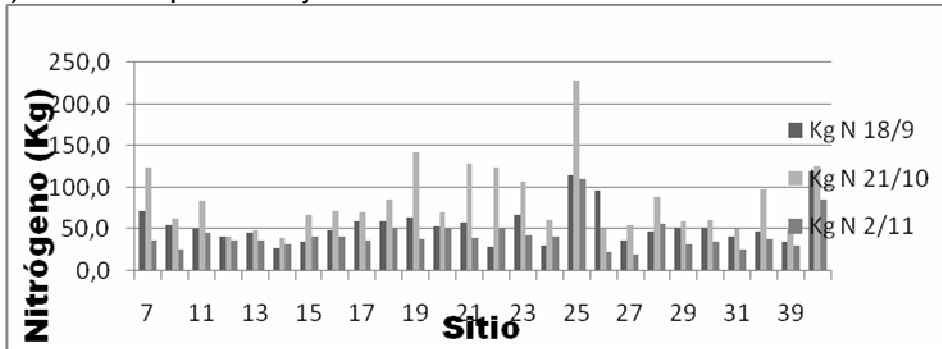
Punto	Perfil	textura	M.O %
7	0-15	arcillo limoso	5,61
7	15-30	arcillo limoso	3,96
7	30-45	franco arcillo limoso	2,23
7	45-60	franco arcillo limoso	1,7
10	0-15	franco arcilloso	3,78
10	15-30	franco arcilloso	2,93
10	30-45	franco arcilloso	3,03
11	0-15	franco arcilloso	3,67
11	15-30	arcilla	2,29
11	30-45	franco arcilloso	1,25
12	0-15	franco arcilloso	3,14
12	15-30	arcilla	2
12	30-45	arcilla	0,82
13	0-15	franco arcilloso	3,87
13	15-30	arcilla	3,48
13	30-45	arcilla	2,11
13	45-60	arcillo limoso	1,2
14	0-15	franco arcilloso	3,42
14	15-30	arcilla	2,39
14	30-45	arcilla	1,6
14	45-60	arcilla	1,27
15	0-15	arcilla	3,1
15	15-30	arcilla	1,95
15	30-45	arcilla	1,65
16	0-15	franco arcilloso	3,87
16	15-30	arcilla	2,5
16	30-45	arcilla	1,65
16	45-60	arcilla	1,58
17	0-15	franco	4,6
17	15-30	arcilla	2,83
17	30-45	arcilla	1,58
17	45-60	arcilla	1,25
18	0-15	franco arcilloso	4,34
18	15-30	arcilla	3,16
18	30-45	arcilla	1,8
18	45-60	arcilla	1,54
19	0-15	franco arcilloso	3,94
19	15-30	franco arcilloso	2,81
19	30-45	arcilla	1,68
19	45-60	arcilla	1,35
20	0-15	franco arcilloso	4,4
20	15-30	arcilla	3,02
20	30-45	arcilla	1,85
21	0-15	franco arcilloso	4,15
21	15-30	arcilla	2,9
21	30-45	arcilla	1,63
22	0-15	franco arcilloso	3,83
22	15-30	franco arcilloso	3,1
22	30-45	arcilla	1,68
22	45-60	arcilla	1,52

23	0-15	franco arcilloso	4,81
23	15-30	franco arcilloso	2,92
23	30-45	franco limoso	2,11
24	0-15	franco	3,87
24	15-30	franco arcilloso	2,66
24	30-45	arcilla	1,57
25	0-15	franco arcilloso	5,12
25	15-30	franco arcilloso	2,6
25	30-45	franco arcilloso	3
25	45-60	franco arcilloso	3,42
25	60-75	arcilla	2,55
26	0-15	franco limoso	4,5
26	15-30	franco arcilloso	3,24
26	30-45	franco arcilloso	2,15
26	45-60	arcilla	1,35
26	60-75	arcilla	1,25
27	0-15	franco arcilloso	3,8
27	15-30	franco arcilloso	3,25
27	30-45	franco arcilloso	2,07
28	0-15	franco arcilloso	3,6
28	15-30	franco arcilloso	3,16
28	30-45	arcilla	2,27
28	45-60	arcilla	1,895
29	0-15	franco	3,76
29	15-30	franco arcilloso	2,56
29	30-45	franco arcilloso	1,73
30	0-15	franco arcilloso	3,69
30	15-30	franco arcilloso	2,7
30	30-45	arcilla	1,79
30	45-60	arcilla	1,08
31	0-15	franco arcilloso	3,67
31	15-30	franco arcilloso	2,47
31	30-45	arcilla	2,05
38	0-15	arcilla	4,34
38	15-30	arcilla	2,2
38	30-45	arcilla	1,73
39	0-15	franco arcilloso	3,52
39	15-30	arcilla	2,22
39	30-45	arcilla	1,67
39	45-60	arcilla	1,5
Can Lab	0-15	franco	3,33
Can Lab	15-30	franco arcilloso	2,79
Can Lab	30-45	arcilla	1,96

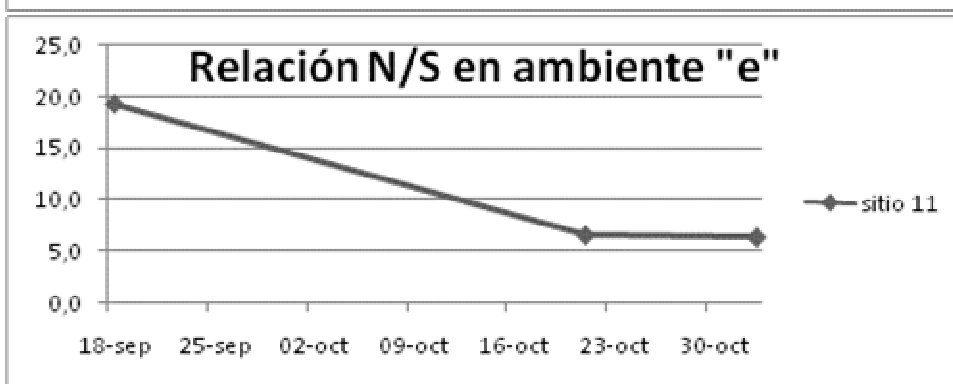
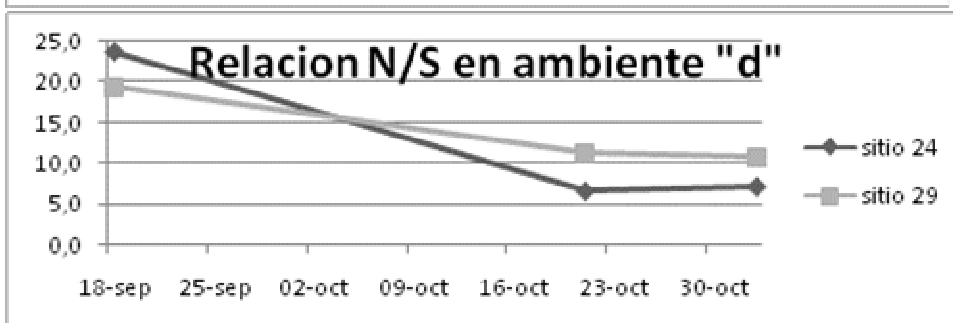
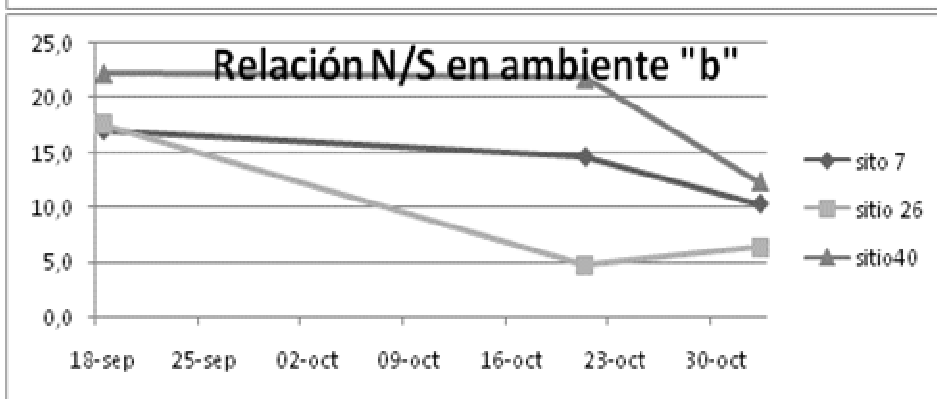
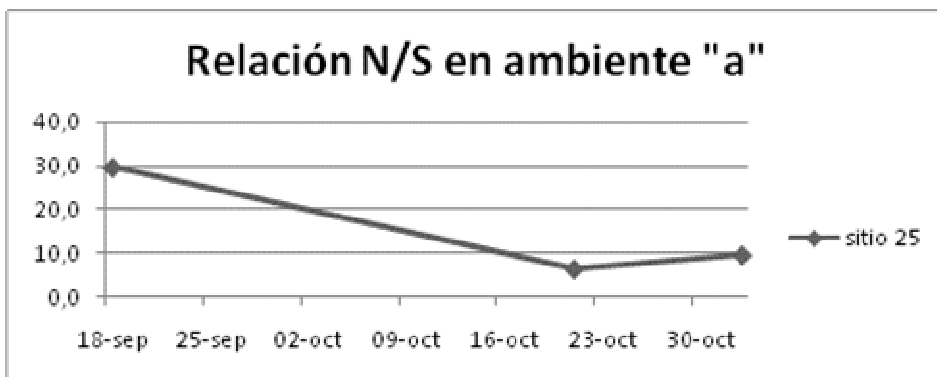
3)

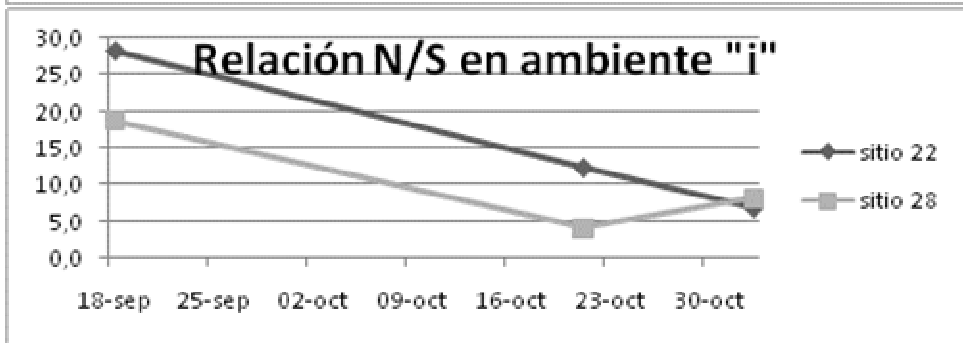
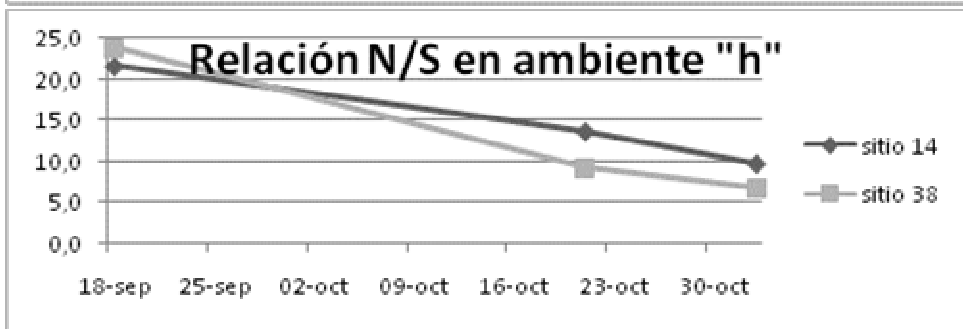
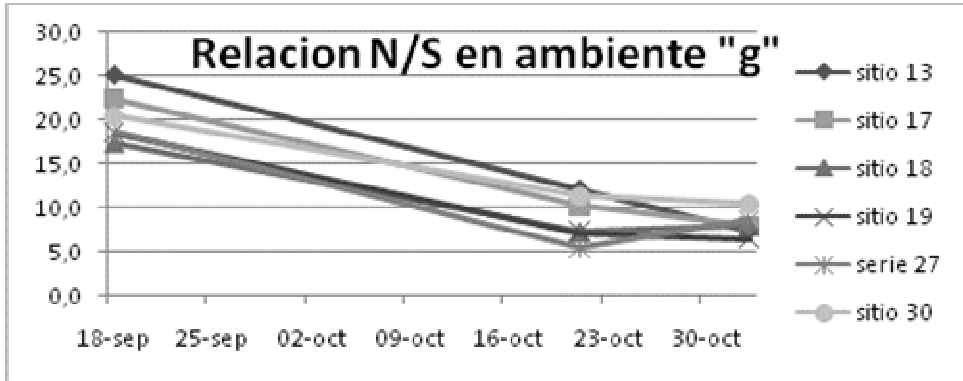
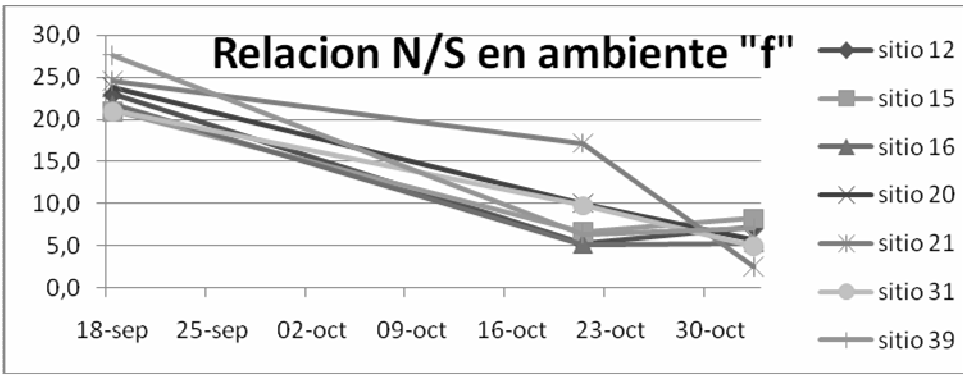


4) Nutrientes por fecha y sitio



5) Relación N/S por fecha y ambiente





6)

Punto	Amb	Biomasa 18/9	Biomasa 21/10	Biomasa 2/11
7	b	2772	6901	5284
10	c	2257	3549	4389
11	e	2141	3824	4957
12	f	1425	2520	4825
13	g	1626	2625	4916
14	h	1003	2266	3804
15	f	1371	3557	5454
16	f	1726	4316	6208
17	g	2191	4741	5374
18	g	2417	4129	5526
19	g	2808	6325	4545
20	f	1757	3899	6042
21	f	2137	4408	6499
22	i	982	5925	6403
23	c	2416	5988	6055
24	d	1061	2911	3993
25	a	3126	7170	9622
26	b	4371	3257	3818
27	g	1636	2436	1887
28	i	2139	4328	5928
29	d	2042	4347	4158
30	g	2043	3445	4413
31	f	1707	2925	6972
38	h	1778	5529	4138
39	f	1122	3057	4308
40	b	4458	6675	8547
Promedio		2097	4271	5310

7)

