

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EFFECTO DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE GRANO Y CONTENIDO DE
ACEITE EN UN HÍBRIDO DE CANOLA (*Brassica napus* L), EN UN SUELO ANDISOL
DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA.**

Tesis de grado presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

OSCAR EDUARDO ARAVENA BUXTON

TEMUCO – CHILE

2010

UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES



**EFFECTO DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE GRANO Y CONTENIDO DE
ACEITE EN UN HÍBRIDO DE CANOLA (*Brassica napus* L), EN UN SUELO ANDISOL
DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA.**

Tesis de grado presentada a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

OSCAR EDUARDO ARAVENA BUXTON
PROFESOR GUÍA: HERNAN PINILLA QUEZADA
TEMUCO – CHILE

2010

EFFECTO DEL NITRÓGENO EN LA PRODUCCIÓN DE GRANO Y CONTENIDO DE ACEITE EN UN HÍBRIDO DE CANOLA (*Brassica napus* L), EN UN SUELO ANDISOL DE LA REGIÓN DE LA ARAUCANÍA.

PROFESOR GUÍA:

HERNAN PINILLA QUEZADA

Ingeniero Agrónomo.

Depto. de Producción Agropecuaria.

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.

Universidad de La Frontera.

CALIFICACIÓN:

PROFESOR CONSEJERO:

HECTOR SANHUEZA ROA.

Ingeniero Ejecución Agrícola.

Depto. de Producción Agropecuaria.

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales.

Universidad de La Frontera.

CALIFICACIÓN:

CALIFICACIÓN PROMEDIO:

Con afecto y agrado:

*A Dios por permitirme
llegar a esta instancia de mi vida. A mis padres, Nahin y
Berta, por el amor y dedicación entregada. Y a mi hermano
Helmuth, por su cariño y apoyo.*

AGRADECIMIENTOS

Expreso mis sinceros agradecimientos a:

Mis padres y hermano, quienes fueron un pilar fundamental para llevar a buen término esta etapa de mi vida. Al profesor Hernán Pinilla Quezada, por los conocimientos entregados y su constante motivación. Al Profesor Héctor Sanhueza Roa, por su comprensión y ayuda fundamental en el desarrollo y cosecha de mi ensayo. Y al equipo de fertilidad, por su valiosa cooperación.

Gracias...

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Rol fisiológico del nitrógeno	3
2.2	Déficit y exceso de nitrógeno	3
2.3	Requerimientos de nitrógeno	4
2.4	Efecto del nitrógeno en el rendimiento	6
2.5	Relación entre rendimiento y contenido de aceite	7
3	MATERIALES Y MÉTODOS	10
3.1	Ubicación del ensayo	10
3.2	Antecedentes climáticos	10
3.3	Diseño experimental	11
3.4	Manejo agronómico	12
3.4.1	Establecimiento	12
3.4.2	Control fitosanitario	13
3.5	Evaluaciones	14
3.5.1	Rendimiento de grano	14
3.5.2	Contenido de aceite	14

3.6	Análisis estadístico	14
4	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	15
	Rendimiento de grano	15
	Contenido de aceite	16
5	CONCLUSIONES	19
6	RESUMEN	20
7	SUMMARY	21
8	LITERATURA CITADA	22
9	ANEXOS	24

1. INTRODUCCIÓN

El raps (*brassica napus* L) es una importante oleaginosa a nivel mundial y nacional. Su cultivo se establece en áreas con estaciones largas y frías, con la habilidad de crecer a bajas temperaturas. En Chile, se cultiva entre la Región del Maule y la Región de Los Lagos, donde la mayor superficie se concentra en la Región de La Araucanía, con aproximadamente un 60% del total.

A partir del año 2000, una parte de la cosecha de raps canola se ha destinado a la elaboración de alimentos para animales, especialmente salmones y aves, y en una menor proporción al consumo humano. En las últimas temporadas se ha utilizado como materia prima para elaborar aceite y transformarla en biodiesel (ODEPA, 2007).

Para procesar esta oleaginosa se requiere que la semilla tenga un alto contenido aceite, por lo tanto, todos los esfuerzos que se realicen en buscar la mayor eficiencia en los factores de manejo, que permitan una alta producción de grano y contenido de aceite, son importantes para el productor y la industria.

La nutrición es uno de los aspectos de mayor incidencia en la producción de raps, en particular el nitrógeno, elemento que se utiliza en altas cantidades, debido a su función estimulante que ejerce sobre el crecimiento del cultivo, especialmente en su etapa inicial, generando un alto índice de área foliar y prolongando el período útil de las hojas.

Una deficiencia de nitrógeno reduce y retrasa el crecimiento, provocando una disminución en el número de semillas y en su peso, lo que se traduce en un menor rendimiento. Mientras que un exceso de este nutriente, prolonga el período vegetativo del cultivo y la planta desarrolla semillas verdes, provocando una disminución en el contenido de aceite (Jackson, 2000).

Por lo tanto, es evidente que la fertilización nitrogenada debe optimizarse, para lograr un equilibrio entre rendimiento de grano y calidad de semilla.

- Hipótesis:

Un exceso en la fertilización nitrogenada, produce una disminución en el rendimiento de grano y en el contenido de aceite en las semillas.

Los objetivos propuestos en este estudio son:

- Objetivo general:

Establecer en condiciones experimentales, cual sería la dosis de nitrógeno que permita maximizar la producción de grano y contenido de aceite.

- Objetivos específicos:

1. Determinar el efecto de la dosis de nitrógeno en la producción de grano del híbrido Exagone, en un suelo Andisol de la Región de La Araucanía.
2. Determinar la influencia de la dosis de nitrógeno en el contenido de aceite del cultivar indicado.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Rol fisiológico del nitrógeno.

El nitrógeno es un elemento esencial para la planta, pues, se encuentra asociado a todas sus células vivas, formando parte de la molécula de clorofila, vitaminas, proteínas y sistemas de energía, teniendo participación directa en los procesos de fotosíntesis (Salisbury y Ross, 1994). Del mismo modo, Orlovius, (2006) señala que, el nitrógeno es un componente integral de aminoácidos, proteínas, clorofila, cromosomas, genes y constituyente de todas las enzimas. Esta amplia gama de compuestos que contienen nitrógeno, explican el significativo rol de este nutriente para el crecimiento y desarrollo del cultivo de raps.

Según Olson y Kurtz, (1982), el suministro de nitrógeno influye en el contenido de proteína, en el protoplasma y en la expresión del color verde de las hojas, al encontrarse este como principal componente en la molécula de clorofila. A su vez, esto influye en el tamaño de la célula, área foliar y actividad fotosintética. La mayor parte del nitrógeno existente en el tejido vegetal se presenta como proteína enzimática en los cloroplastos y formando parte de las proteínas en las semillas.

Haynes, (1986) señala que, el principal objetivo de aplicar nitrógeno a los cultivos, es incrementar el rendimiento de grano y obtener un retorno económico consecuente al gasto adicional de su aplicación.

2.2 Déficit y exceso de nitrógeno.

Según Orlovius, (2006), una deficiencia de nitrógeno, en una etapa temprana de desarrollo del cultivo de raps, inhibe el crecimiento vegetativo, disminuye la productividad mediante la reducción del índice de área foliar y se acorta el período de actividad fotosintética.

Bajos niveles de nitrógeno aceleran la síntesis de ácido abscísico, fitohormona que juega un importante rol en el proceso de senescencia, acortando el período de crecimiento y llenado de asimilados en la semilla (Orlovius, 2006). Además, disminuye la síntesis de RNA y proteínas, limitando la división y expansión celular, produciéndose un efecto negativo en el crecimiento y producción del cultivo. Debido a la gran importancia del nitrógeno para el desarrollo del cultivo, su deficiencia estimula rápidamente los primeros síntomas, siendo los más comunes: clorosis y disminución en longitud, ancho y área de las estructuras vegetativas.

El nitrógeno es móvil dentro de la planta y se transloca hacia las estructuras vegetativas más nuevas del cultivo. Por lo tanto, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas más viejas, mientras que las estructuras más jóvenes permanecen verdes por un tiempo determinado (Orlovius, 2006).

Un exceso de nitrógeno estimula la síntesis de citoquininas a través de las raíces, provocando un retraso en el proceso de senescencia y prolongando la división celular en los meristemas. De esta manera la planta continúa su desarrollo vegetativo-reproductivo por más tiempo.

2.3 Requerimientos de nitrógeno.

Orlovius, (2006) señala que, la absorción de nitrógeno es alrededor de 200 – 250 kg de N/ha, que debe ser proporcionado por el suelo y por medio de fertilizantes. Por otro lado, Iriarte, (2007) menciona que, el cultivo de raps posee altos requerimientos de nitrógeno, pero su uso no debe ser excesivo, pues el cultivo extiende su ciclo vegetativo y como consecuencia experimenta un crecimiento exagerado, disminuye el contenido de aceite en las semillas, e incrementa las posibilidades de contraer *Phoma lingam* L.

Rodríguez, (1993) señala que, el requerimiento de nitrógeno por quintal de grano producido es de 5,4 kg de nitrógeno.

Según Orlovius, (2006), el cultivo de raps requiere 210 kg de N/ha, para obtener un rendimiento de 3,5 toneladas; lo que se traduce en 6 kg de nitrógeno por quintal de grano producido. Del mismo modo, Jackson, (2000) señala que, el requerimiento de nitrógeno por cada tonelada de semilla producida es de 60 kg de nitrógeno.

Según Rubio., *et al* citados por Burzaco., *et al* (2009), el requerimiento de nitrógeno para producir un quintal de grano es de 4,8 kg de nitrógeno. Por el contrario, Hocking *et al.*, (1999) sostiene que, se requieren 4,0 kg de nitrógeno para producir un quintal de grano.

La aplicación de nitrógeno se debe efectuar cuando el cultivo de raps se encuentre en estados vegetativos tempranos, 4 – 6 hojas y roseta. De esta forma se asegura su disponibilidad al momento de mayor demanda, es decir, cuando el cultivo alcance un 50% de floración (Iriarte, 2007). Del mismo modo, Scheiner *et al.*, (2001) señala que, una fertilización tardía en floración no es eficiente, pues en este momento los componentes de rendimiento ya están determinados.

Merrien, (2001), señala en la figura 1 la absorción de nitrógeno en los distintos estados fenológicos, destacando la gran cantidad absorbida durante todo el ciclo del cultivo, con una extracción acumulada a madurez de 300 kg/ha aproximadamente.

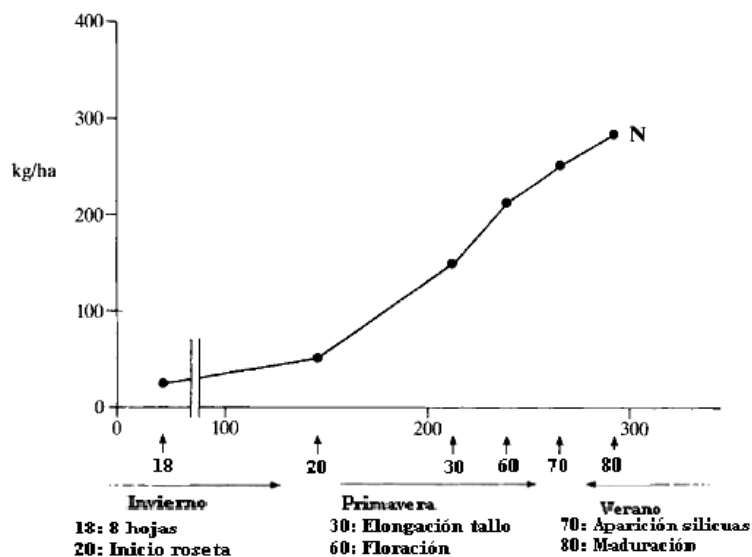


Figura 1. Absorción de nitrógeno en distintos estados fenológicos del cultivo de raps.

2.4 Efecto del nitrógeno en el rendimiento.

Singh *et al.*, citado por Orlovius, (2006) señala que, al aumentar una dosis de 100 a 150 kg de N/ha, se produce un incremento en el número de vainas/planta, semillas/vaina y además en el peso de las semillas.

Tamango *et al.*, (1999), realizaron un experimento en un suelo Argiudol de Argentina, donde se estudió el efecto de una aplicación fraccionada de nitrógeno sobre el rendimiento de grano. El cultivar fue sometido a los siguientes tratamientos: N₀: testigo sin fertilizar; N₁: 90 kg de N/ha a la siembra; N₂: 45 kg de N a la siembra y 45 kg de N a fin de roseta; N₃: 30 kg de N a la siembra, 30 kg de N a fin de roseta y 30 kg de N en inicio de floración. Encontrándose diferencias significativas en el rendimiento entre los tratamientos N₀ v/s N₂ y N₃ (94, 96 y 212 g/m²). Este aumento se relacionó con un mayor número de semillas y silicuas/m² y no al peso de las semillas, confirmando la sensibilidad de estos componentes a la fertilización nitrogenada. De esta manera los autores concluyen que, una aplicación en dosis fraccionadas resulta más eficiente en el uso del nitrógeno que una aplicación en dosis única, debido a un aumento en los componentes que determinan un mayor rendimiento.

Según Tayo y Morgan citados por Tamango *et al.*, (1999), la etapa crítica en la determinación del rendimiento de grano, comienza entre dos y tres semanas antes del período de floración, entre los estados de fin de roseta e inicios de floración. Además, Tamango *et al.*, (1999) señalan que, una alta disponibilidad de nitrógeno en este período podría determinar un incremento del área foliar y su duración, generando un mayor suministro de asimilados, lo que se traduciría en un aumento en el número de silicuas/m² y de semillas/silicua. Sin embargo, el autor menciona que la respuesta a la fertilización nitrogenada podría ser dependiente del genotipo y de las condiciones ambientales.

Bullock, (1990) y Tamango *et al.*, (1999) sostienen que, el incremento del rendimiento producido por efecto de la aplicación de dosis crecientes de nitrógeno, hasta cierto nivel, es

directamente proporcional al aumento en el número de semillas por unidad de superficie y no al incremento de su peso.

Hocking *et al.*, (1999), evaluaron en Nueva Zelanda el efecto de cinco niveles de nitrógeno (0, 40, 80, 120, y 160 kg de N/ha) en el rendimiento de raps. Obteniendo el máximo rendimiento (3 t/ha) con el nivel de 160 kg N/ha, superando en 56% al tratamiento control.

Según Ahmed *et al.*, (1999), el aumento en el rendimiento de grano, causado por la aplicación de una adecuada dosis de nitrógeno, es atribuible al aumento en el número de flores por planta.

2.5 Relación entre rendimiento y contenido de aceite.

Como uno de los principales nutrientes, el nitrógeno no sólo tiene un efecto considerable sobre el rendimiento de grano, sino también en la calidad de la semilla de raps (Orlovius, 2006).

Según Jackson, (2000) y Hocking y Stapper citados por Svecnjak1 y Rengel, (2005), el aumento en la dosis de nitrógeno, se requiere para obtener un máximo rendimiento de grano de raps, aunque también reduce el contenido de aceite en las semillas. Por otro lado, Hocking *et al.*, (1999) señalan que, el nitrógeno utilizado en dosis adecuadas, por lo general tiene poco efecto en el contenido de aceite. Sin embargo altas tasas de este nutriente producen un aumento en el contenido de proteína y se reduce el porcentaje de aceite en las semillas.

Ahmad *et al.*, (2007), evaluaron en un suelo franco arenoso de Pakistán la influencia de tres niveles de nitrógeno (40, 60, 80 kg de N/ha) en el contenido de aceite en la semilla de raps. Obteniendo como resultado un efecto depresor, al encontrar que, el mayor porcentaje de aceite (43,2 %) se obtuvo con la dosis más baja de nitrógeno. Mientras que el menor contenido de aceite (41,6 %) se registró con la tasa más alta de nitrógeno (80 kg/ha), produciéndose una disminución de 1,6 puntos en el contenido de aceite en las semillas.

Brennan *et al.*, (2000), en un estudio realizado en Australia, con el fin de aumentar el rendimiento mediante tasas crecientes de nitrógeno, señala que la concentración de aceite en la semilla se redujo con el aumento del contenido de proteína. Además la adición entre el contenido de aceite y proteína fue aproximadamente constante con un valor de 62 %. Así mismo por cada 1 % en el contenido de proteína, el porcentaje de aceite disminuye en un 0,8–0,9 %. (Figura 2).

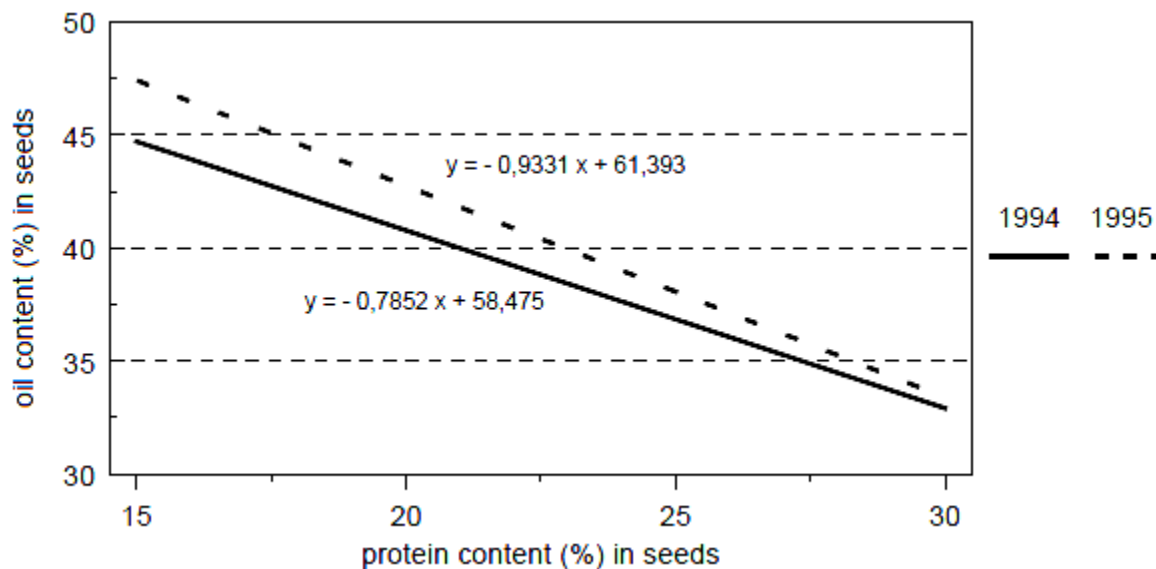


Figura 2. Relación entre el contenido de proteínas y porcentaje de aceite en las semillas de raps (Brennan *et al.*, 2000).

La aplicación de niveles crecientes de nitrógeno provoca una disminución en el contenido de aceite, al tiempo que aumenta la concentración de proteínas en el grano de canola (Brennan y Bolland 2009).

Según Mahli *et al.*, (2007) y Brennan y Bolland, (2007), existe una relación inversa entre el contenido de aceite y el nitrógeno existente en las semillas, es decir, mientras más alta sea la extracción de nitrógeno por parte de las semillas, menor será su contenido de aceite. (Figura 3).

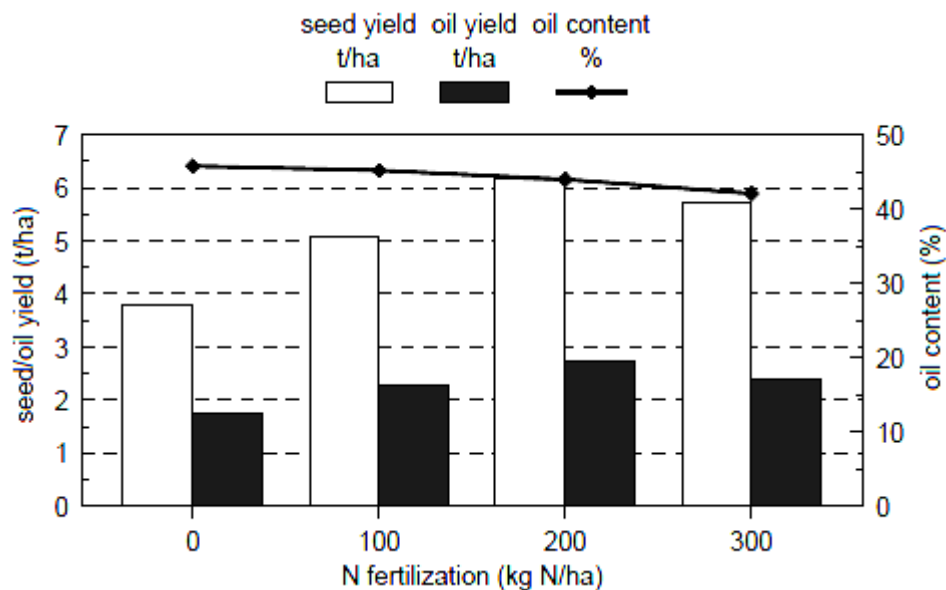


Figura 3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de semillas y la concentración de aceite, Orlovius (2006).

Según Hocking *et al.*, (1999), la correlación negativa que presenta el nitrógeno sobre el contenido de aceite en las semillas, es ampliamente superado por el incremento en el rendimiento. Así mismo, Orlovius, (2006) plantea que, a pesar de una disminución en el contenido de aceite, un incremento en el rendimiento de grano significa a su vez, un aumento en el volumen de aceite. (Figura 3).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del ensayo.

El ensayo se desarrolló en la temporada agrícola 2008 – 2009, situado en el km 27 del camino que une las localidades de Padre Las Casas y Huichahue, en la comuna de Cunco. Ubicado a los 38° 53' Latitud Sur y 72° 21' Longitud Oeste, a 213 m.s.n.m; en un suelo Andisol correspondiente a la serie Pemehue, cuyas principales características se presentan en cuadro 1.

Cuadro 1. Componentes químicos del suelo.

Elemento	Contenido
Fósforo (mg/kg)	19
Potasio (mg/kg)	215
pH (en agua)	5,21
Potasio (cmol+/kg)	0,55
Calcio (cmol+/kg)	4,9
Magnesio (cmol+/kg)	0,7
Sodio (cmol+/kg)	0,02
Aluminio (cmol+/kg)	0,13
Suma bases (cmol+/kg)	6,17
Azufre (mg/kg)	19
Boro (mg/kg)	0,8
Cinc (mg/kg)	2,3
Sat. Aluminio (%)	2,0
CICE (cmol/kg)	6,3
MO (%)	16

3.2 Antecedentes climáticos.

El sector del ensayo presenta un clima templado lluvioso con influencia mediterránea, de bajas temperaturas en invierno y una estación seca corta. El período libre de heladas se extiende

desde el mes de diciembre hasta el mes febrero y un déficit hídrico que fluctúa entre noviembre y febrero (Rouanet *et al.*, 1998).

En la figura 4, se presenta un climodiagrama que incluye pluviometría, y evaporación correspondiente a la temporada 2008 - 2009, comparado con el promedio histórico.

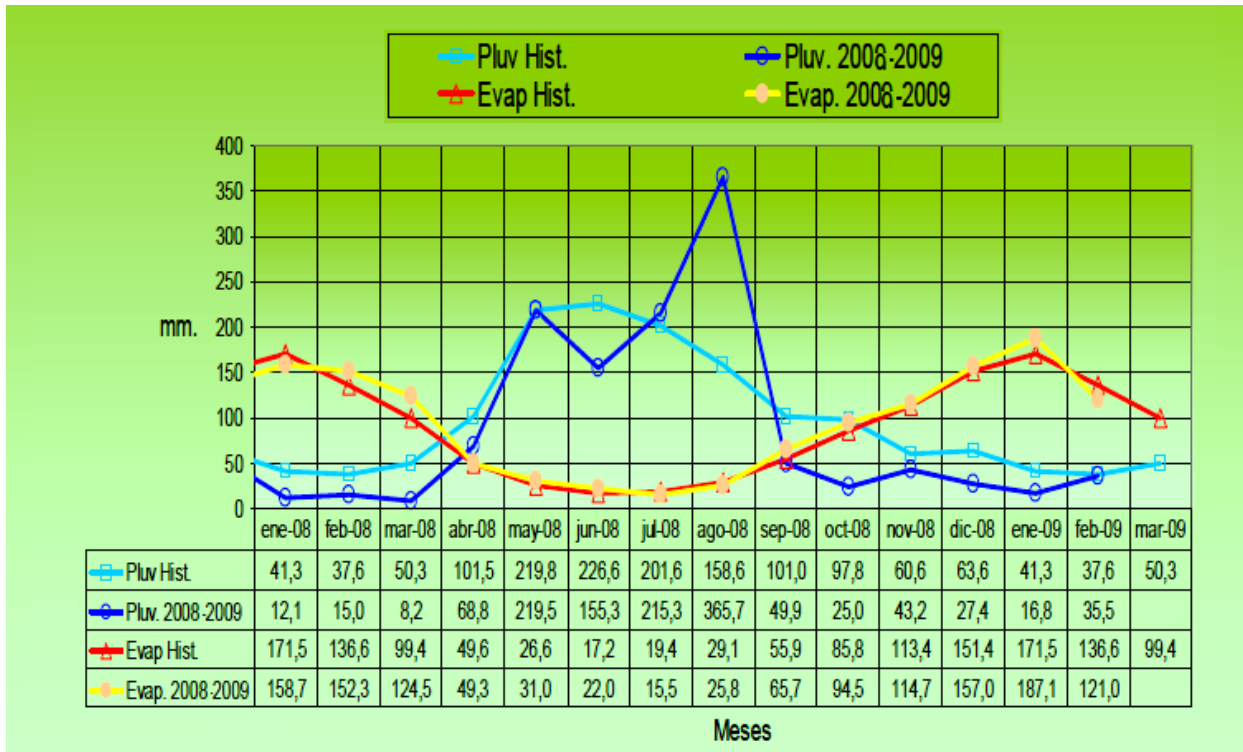


Figura 4. Pluviometría y evaporación, temporada 2008 – 2009 comparado con el promedio histórico (INIA, Carrillanca).

3.3 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de bloques distribuidos completamente al azar, con seis tratamientos y cinco repeticiones. El experimento se llevó a cabo en 30 parcelas de 2,5 x 6 metros, equivalente a una superficie de 15 m².

El estudio consistió en la aplicación de seis dosis de nitrógeno, usando tres parcializaciones. La dosis de cada tratamiento y época de aplicación se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. Dosis de nitrógeno y época de aplicación.

Tratamiento (kg de N/ha)	N a la siembra (kg de N/ha)	Estado 15 – 16 (kg de N/ha)	Estado 30 (kg de N/ha)
125	30	45	50
150	30	55	65
175	30	65	80
200	30	75	95
225	30	85	110
250	30	100	120

La segunda aplicación de nitrógeno se realizó en el estado 15 a 16 (Codificación BBCH), cuando el cultivo presenta entre cinco a seis hojas desarrolladas. Mientras que la tercera aplicación se efectuó en el estado 30, cuando el cultivo comenzó a emitir su tallo principal, es decir, roseta. Para ambas fertilizaciones se utilizó una fuente amoniacal (Urea).

3.4 Manejo agronómico.

3.4.1 Establecimiento.

El ensayo se estableció el 22 de abril de 2008, utilizando el híbrido Exagone de la especie *Brassica napus* L ssp oleifera tipo Canola.

La dosis de semilla fue de 3 kg/ha, desinfectada con Imidacloprid (Gaucho) en dosis de 1 litro de producto comercial por cada 100 kg de semilla.

La fertilización empleada al momento de la siembra se detalla en el cuadro 3.

Cuadro 3. Fertilización base a la siembra.

Nutriente	Kg/ha
N	30
P ₂ O ₅	158
K ₂ O	70
CaO	70
B	3
S	13

La fertilización usada en la siembra fue compuesta por: 265 kg de Superfosfato Triple, 70 kg de Fosfato Monoamónico, 150 kg de Salitre Potásico, 85 kg de Cloruro de Potasio, 75 kg de Sulfato de Calcio y 30 kg de Boronat, todo aplicado al surco de siembra junto con la semilla.

3.4.2 Control fitosanitario.

Para controlar malezas gramíneas y de hoja ancha, en preemergencia se efectuó un control químico con Trifluralina (Treflan) en dosis de 3 l/ha. En post emergencia, en el estado 13 a 14 para controlar malezas de hoja ancha se aplicó Clopiralid (Lontrel) en dosis de 300 cc/ha y Picloram (Tordon) en dosis de 120 cc/ha. Para el control de gramíneas en el estado 14 a 15 se aplicó Clethodim (Centurion) en dosis de 0.7 l/ha. Posteriormente se realizó una limpieza manual.

Para el control de *Brevicoryne brassicae* L (Pulgón de las crucíferas), se efectuó un control químico en el estado 63 con Pirimicarb (Pinimor) en dosis de 200 g/ha.

Para controlar *Phoma lingam* L (Phoma) y *Sclerotinia sclerotiorum* L (Esclerotinia), se realizó un control químico en el estado 65 con Prothioconazole y Tebuconazole (Prosaro) en dosis de 1,25 l/ha.

3.5 Evaluaciones.

3.5.1 Rendimiento de grano.

El rendimiento de grano se determinó en 12 hileras de 6.0 m de largo. La cosecha se realizó el 2 de enero de 2009 y después de 7 días de secado se procedió a trillar cada una de las parcelas, ambas operaciones fueron realizadas manualmente. Posteriormente las impurezas fueron removidas por aireación y al grano limpio se le determinó su peso, estandarizando la humedad a un 10 %.

3.5.2 Contenido de aceite.

Para analizar el contenido de aceite, se tomo una muestra de 300 g de semilla limpia en cada tratamiento y en cuatro repeticiones. El análisis se realizó en el laboratorio de la empresa OLEOTOP.

3.6 Análisis estadístico.

Para determinar el efecto de la dosis de nitrógeno en el rendimiento de grano y en el contenido de aceite en las semillas, los resultados fueron sometidos a una prueba de análisis de varianza unifactorial, utilizando el software JMP versión 8, con un nivel de significancia $P > 0,05$.

4. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Rendimiento de grano.

En la figura 5, se presenta el rendimiento de grano obtenido con las distintas dosis de nitrógeno.

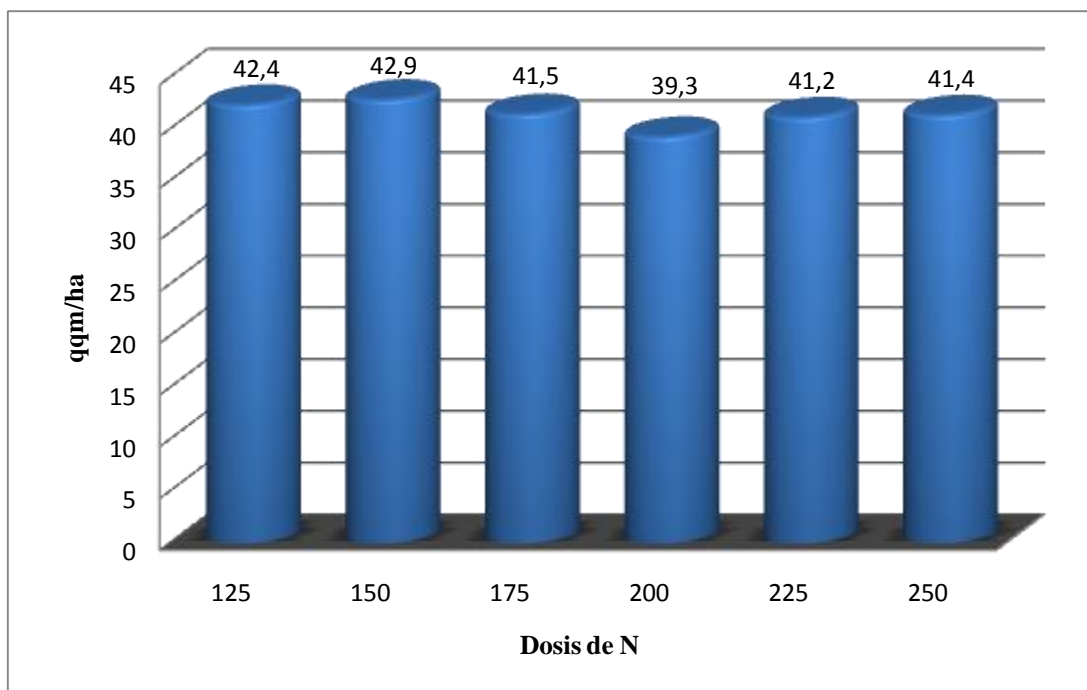


Figura 5. Efecto de la dosis de nitrógeno en el rendimiento, valores expresados en qqm/ha.

En el estudio no se presentaron diferencias significativas en el rendimiento de grano por efecto de las distintas dosis de nitrógeno (Anexo 2). Lo que estaría indicando que una dosis de 125 kg de N/ha satisface la demanda de este nutriente. Esto estaría de acuerdo con lo señalado por Hocking *et al.*, (1999) quienes sostienen que, para producir un quintal de grano se requieren 4,0 kg de nitrógeno; y estimando un suministro de 90 kg de nitrógeno (Rodríguez, 1993), se puede concluir que, el rendimiento

promedio (41 qqm/ha) se obtiene con una dosis de 134 kg de N/ha. Por lo tanto, con aplicaciones superiores a ésta, se produce consumo de lujo y no tiene efecto en el rendimiento de grano.

Esto concuerda con Cheema et al., y Hocking *et al.*, citados por Rathke *et al.*, (2004) quienes señalan que, se observa un estancamiento en el rendimiento de grano al experimentar con altas dosis de fertilización nitrogenada.

El resultado difiere a lo descrito por Jackson, (2000) quien señala que, el óptimo rendimiento de grano, dependiendo de las condiciones ambientales, se produce con una dosis de 180 a 220 kg de N/ha. También discrepan con Zamora y Massigoge, (2008), quienes evaluaron dosis crecientes de nitrógeno (0, 40, 80, 120, 160, 200 kg N/ha), encontrando un efecto positivo en el rendimiento de grano hasta alcanzar un nivel de 200 kg de N/ha.

El rendimiento obtenido es relativamente bajo con respecto al rendimiento esperado, y sería atribuible a un déficit hídrico comprendido entre los meses de septiembre y diciembre; alcanzando en este período una pluviometría de 145 mm, que corresponde a un 45% de un año normal (figura 4). Lo anterior estaría generando una baja disponibilidad de agua en el período de mayor demanda para el cultivo, que según Murphy y Pascale citados por Tamagno *et al.*, (1999) corresponde a 30 días después que comienza la floración. Esto concuerda con Tamagno *et al.*, (1999) quienes señalan que, la respuesta del cultivo a la fertilización nitrogenada está asociada, entre otros factores, a las condiciones hídricas.

4.2 Contenido de aceite.

En la figura 6, se presenta el contenido de aceite en las semillas obtenido con las distintas dosis de nitrógeno.

El análisis de varianza (Anexo 3) señala que, no se evidencian diferencias significativas en el contenido de aceite por efecto de las distintas dosis de nitrógeno.

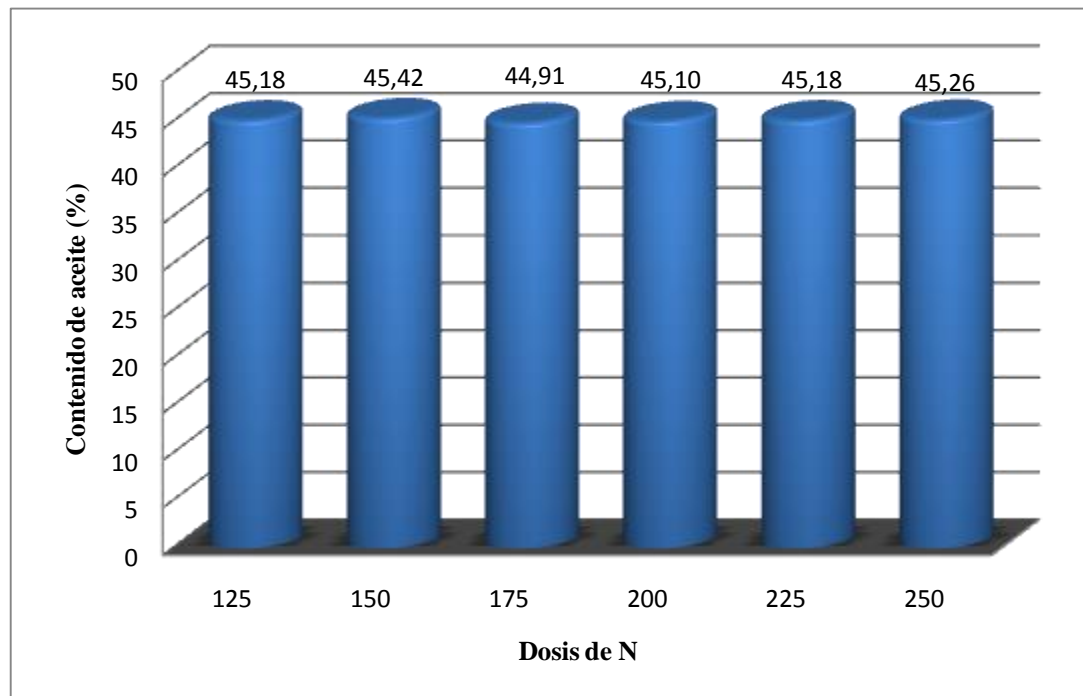


Figura 6. Efecto de la dosis de nitrógeno en el contenido de aceite, valores expresados en %.

Jackson (2000) sostiene que, un aumento en la fertilización nitrogenada retrasa la madurez del cultivo y la planta desarrolla silicuas inmaduras, generando una disminución el contenido de aceite. Además, (Brennan *et al.*, 2000; Ahmad *et al.*, 2007; Brennan y Bolland, 2009) plantean que, un aumento en la dosis de nitrógeno provoca una disminución en el contenido de aceite en las semillas. Por otro lado, Lambers y Poorter citados por Rathke *et al.*, (2004) sostienen que, existe una correlación negativa entre el rendimiento de grano y el contenido de aceite, ya que ambos procesos compiten por los compuestos carbonados del metabolismo de los carbohidratos. Estos antecedentes discrepan con los resultados de éste estudio, pues al existir un período de estrés hídrico (figura 4), la planta no puede extender su ciclo vegetativo, y por esta razón, el contenido de aceite podría no verse afectado al incrementar la dosis de nitrógeno.

Por el contrario, los resultados concuerdan con Hocking *et al.*, (1999) quienes señalan que, el nitrógeno utilizado en dosis adecuadas, por lo general tiene poco efecto en el contenido de aceite en las semillas.

Según Murphy y Pascale, citados por Tamagno *et al.*, (1999), el período crítico de estrés hídrico comienza con la aparición de botones florales y tiene su máximo a los 30 días después que comienza la floración. Por esta razón se puede concluir que, el bajo contenido de aceite (45,17) se relaciona con una menor disponibilidad de agua en el período crítico, que ocurrió entre septiembre y diciembre, donde se alcanzó una pluviometría de 145 mm y una evaporación de 431 mm. (Figura 4). Esto concuerda con Champolivier y Merrien, (1996) quienes sostienen que, se produce un bajo contenido de aceite en las semillas cuando existe un déficit hídrico entre anthesis y madurez.

De acuerdo a la norma de comercialización de raps, el contenido de aceite es bajo y representa una desventaja económica, ya que existe una bonificación en el precio cuando el contenido de aceite es superior a 50 %. En este estudio el contenido de aceite promedio fue de 45,17 %; lo que producirá una merma al comercializar el producto.

5. CONCLUSIONES

Según los resultados presentados y de acuerdo a las condiciones en que se realizó este estudio, se puede concluir que:

- No se presentaron diferencias significativas en el rendimiento de grano entre las dosis de 125, 150, 175, 200, 225 y 250 kg de N/ha, con un rendimiento promedio de 41 qqm/ha.
- El incremento en la dosis de nitrógeno no produjo diferencias significativas en el contenido de aceite en las semillas. El porcentaje de aceite fluctuó entre 44,91 a 45,26%.
- De acuerdo a los resultados obtenidos, esta investigación deberá realizarse en condiciones ambientales más favorables, donde no haya factores climáticos que limiten el rendimiento potencial y el contenido de aceite del híbrido.

6. RESUMEN

Con el objetivo de determinar el efecto del nitrógeno en el rendimiento de grano y en el contenido de aceite en las semillas de raps Canola, se realizó un estudio en un suelo Andisol de la serie Pemehue, ubicado en la comuna de Cunco, durante la temporada agrícola 2008 – 2009. El diseño experimental consistió en bloques dispuestos al azar. Las dosis empleadas para determinar el efecto del nitrógeno fueron: 125, 150, 175, 200, 225 y 250 kg de N/ha. Los resultados indicaron que las dosis de nitrógeno no produjeron diferencias significativas en el rendimiento de grano ni en el contenido de aceite de las semillas.

7. SUMMARY

To determine the effect of the nitrogen in the grain yield and oil content in canola raps seed, it was made a study in an Andisol soil of the Pemehue series, located in the commune of Cunco, during the season agriculture 2008 - 2009. The experimental design consisted of randomly arranged blocks. The doses used to determine the effect of the nitrogen were: 125, 150, 175, 200, 225, 250 kgN/ha. The results indicated that the nitrogen produced no significant differences in the grain yield or oil content of the seeds.

LITERATURA CITADA.

- Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., and Khattak, R.** 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.). Agricultural university Peshawar. Journal of Zhejiang University Science. Pakistan. 8(10):731-737.
- Ahmed, K., Iqbal, N., Ahmad, A., Ahmed, I., and Yasin G.** 1999. Effect of different levels of nitrogen fertilizer on growth of canola (*Brassica napus* L.). Journal of biological sciences, 2 (4): 1478-1480, Pakistan.
- Brennan, R., Mnason, M., and Walton, G.** 2000. Effect of nitrogen fertilizer on the concentration of oil and protein in canola (*Brassica napus*. L) seed. Journal of plant nutrition. Australia. 23 (3), 339-3348.
- Brennan, R., and Bolland, M.** 2007. Influence of potassium and nitrogen fertilizer on yield, oil and protein concentration of canola (*Brassica napus* L.) Australian journal experimental agricultura. Australia. 47, 976 – 983
- Brennan, R., and Bolland, M.** 2009. Comparing the nitrogen and phosphorus requirements of canola and wheat for grain yield and quality. [Journal of Plant Nutrition](#). Australia. 32, 2008-2026.
- Bullock, D.** 1990. Canola fertility. Illinois fertilizer conference proceedings. Department of Agronomy, University of Illinois at Urbana-Champaign. E.E.U.U.
- Burzaco, J., Ciampitti, I., y Garcia, F.** 2009. Mejores prácticas de manejo para la nutrición del cultivo de Colza. IPNI. Buenos Aires. Argentina.
- Champolivier, L. and Merrien, A** 1996. Effects of water stress applied at different growth stages to *Brassica napus* L. var. oleifera on yield, yield components and seed quality. European Journal of Agronomy 5: 153-160.
- ODEPA, Oficina de Planificación Agrícola.** 2007. Mercado del Raps Canola. Disponible en www.odepa.cl.
- Jackson, G.** 2000. Efects of nitrogen and sulfur on canola and nutrient uptake. Agronomy journal. Western Triangle Agric. Res. Ctr., Montana State.USA
- Hocking, P., Norton, R., and Good, A.** 1999. Crop Nutrition. 10th International Rapeseed Congress. Camberra, Australia.
- Haynes, R. J.** 1986. Uptake and Assimilation of mineral nitrogen by plants. Mineral nitrogen in the plant – soil system. Academec press. New Zeland. Pp: 303-358.

Instituto nacional de investigación agropecuaria (INIA - Carillanca). 2009. Informe nacional agro-meteorológico.

Iriarte, L. B. 2007. Colza: Cultivares, Fechas de Siembra, Fertilización. Instituto nacional de tecnológica agropecuaria (INTA). Buenos Aires, Argentina.

Merrien, A. 2001. Manual oilseed rape. Winter oilseed rape. Publicaciones IFA.

Mahli, S., Brandt, S., Ulrich, D., Lafond G., Johnston, A., and Zentner, R. 2007. Comparative Nitrogen Response and Economic Evaluation for Optimum Yield of Hybrid and Open-pollinated Canola. Agriculture and Agri-Food Canada,

Olson, R., and Kurtz, L. 1982. Crop nitrogen requirement, utilization and fertilization. Nitrogen in agricultural soils. Madison, Wisconsin. pp. 567-604.

Orlovius, K. 2006. Fertilizing for High Yield and Quality Oilseed Rape. IPI Boletín No.16. Alemania. p 125.

Rathke, G., Christen, O., and Dispenbrock, W. 2004. Effects of nitrogen source and rate on productivity and quality of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) grown in different crop rotations. Institute of Agronomy and Crop Science, Martin-Luther University. Germany.

Rodríguez, J. 1993. La fertilización de los cultivos. Pontificia Universidad Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Santiago, Chile. 291 p.

Rouanet, J., Romero, O., y Demanet, R. 1988: Áreas agroecológicas en la IX Región: Descripción. Investigación y Progreso Agropecuario. Estación Experimental Carillanca. Temuco, Chile. 7(1): 18-23.

Salisbury, F., y Ross, C. 1994. Fisiología vegetal. Primera edición en español. Grupo editorial Iberoamericana. Ciudad de México. México.

Scheiner, D., Gutierrez-Boem, F., y Lavado, R. 2001. Fertilización en colza-canola. Cátedra de fertilidad y fertilizantes, Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. Argentina.

Tamagno, L., Chamorro, A., y Sarandón, S. J. 1999. Aplicación fraccionada de nitrógeno en colza (*Brassica napus* L. spp oleífera): Eecto sobre el rendimiento y calidad de la semilla. Revista de la Facultad de Agronomía, La plata. Provincia de Buenos Aires, Argentina.

Zamora, M., y Massigoge, J. 2008. Fertilización de colza con nitrógeno y azufre. Convenio INTA – MAA. Ministerio de asuntos agrarios. Buenos Aires. Argentina.

Svecnjak1, Z., and Rengel, Z. 2005. Nitrogen utilization efficiency in canola cultivars at grain harvest. University of Western Australia. Australia. 283:299–307.

9. ANEXOS

Anexo 1. Codificación BBCH de Los estados fenológicos de desarrollo de Raps.

Código	Descripción
Estadio principal 0. Germinación	
00	Semilla seca
01	Comienzo de la imbibición de la semilla
03	Imbibición de la semilla, completa
05	Salida de la radícula (raíz embrional) de la semilla
07	Hipocótilo, con los cotiledones fuera de la semilla
08	Hipocótilo, con los cotiledones creciendo hacia la superficie del suelo
09	Emergencia: Los cotiledones traspasan la superficie del suelo
Estadio principal 1. Desarrollo de las hojas (tallo principal)¹⁾	
10	Cotiledones, completamente desplegados
11	1a hoja, desplegada
12	2 hojas, desplegadas
13	3 hojas, desplegadas
1.	Los estadios continúan hasta ...
19	9 o más hojas, desplegadas
Estadio principal 2. Formación de brotes laterales	
20	No hay brotes laterales
21	Comienzo del desarrollo de los brotes laterales; se detecta el 1er. brote lateral
22	Se detectan 2 brotes laterales
23	Se detectan 3 brotes laterales
2.	Los estadios continúan hasta ...
29	Fin del desarrollo de brotes laterales: se detectan 9 o más brotes laterales
Estadio principal 3. Crecimiento longitudinal del tallo principal²⁾	
30	Comienzo del crecimiento del tallo principal: sin entrenudos (internodios), estadio de roseta.
31	1 entrenudo perceptible
32	2 entrenudos perceptibles
33	3 entrenudos perceptibles
3.	Los estadios continúan hasta ...
39	9 o más entrenudos perceptibles
Estadio principal 5. Aparición del órgano floral (tallo principal)	
50	Botones florales presentes, aún rodeados por las hojas
51	Botones florales recién visibles desde arriba ("botón verde")
52	Botones florales libres; al mismo nivel de las hojas más jóvenes
53	Botones florales sobrepasan las hojas más jóvenes
55	Botones florales individuales (de la inflorescencia principal), visibles, pero aún cerrados
57	Botones florales individuales (de las inflorescencias secundarias), visibles, pero aún cerrados
59	Primeros pétalos, visibles; botones florales aún cerrados ("botón amarillo").

Estadio principal 6. Floración (tallo principal)

60	Primeras flores, abiertas
61	10 % de las flores de la inflorescencia principal, abiertas; la inflorescencia principal se alarga
62	20 % de las flores de la inflorescencia principal, abiertas
63	30 % de las flores de la inflorescencia principal, abiertas
64	40 % de las flores de la inflorescencia principal, abiertas
65	Plena floración: 50 % de las flores de la inflorescencia principal, abiertas; caen los pétalos de las flores más viejas
67	La floración decae: la mayoría de los pétalos se han caído
69	Fin de la floración

Estadio principal 7. Formación del fruto

71	10 % de las silicuas han alcanzado su tamaño final
72	20 % de las silicuas han alcanzado su tamaño final
73	30 % de las silicuas han alcanzado su tamaño final
74	40 % de las silicuas han alcanzado su tamaño final
75	50 % de las silicuas han alcanzado su tamaño final
76	60 % de las silicuas han alcanzado su tamaño final
77	70 % de las silicuas han alcanzado su tamaño final
78	80 % de las silicuas han alcanzado su tamaño final
79	Casi todas las silicuas han alcanzado su tamaño final

Estadio principal 8. Maduración de frutos y semillas

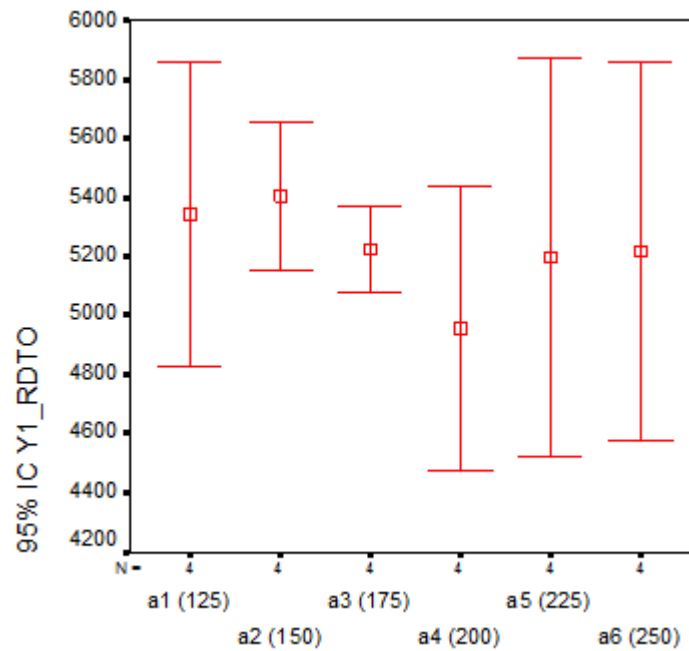
80	Comienzo de la maduración: semillas verdes, relleno de la cavidad de la silicua
81	10 % de las silicuas, maduras; semillas negras y duras
82	20 % de las silicuas, maduras; semillas negras y duras
83	30 % de las silicuas, maduras; semillas negras y duras
84	40 % de las silicuas, maduras; semillas negras y duras
85	50 % de las silicuas, maduras; semillas negras y duras
86	60 % de las silicuas, maduras; semillas negras y duras
87	70 % de las silicuas, maduras; semillas negras y duras
88	80 % de las silicuas, maduras; semillas negras y duras
89	Madurez completa: casi todas las silicuas, maduras; semillas, negras y duras.

Estadio principal 9. Senescencia

97	Planta, muerta y seca
99	Partes cosechadas (estadio para señalar tratamientos de post-cosecha)

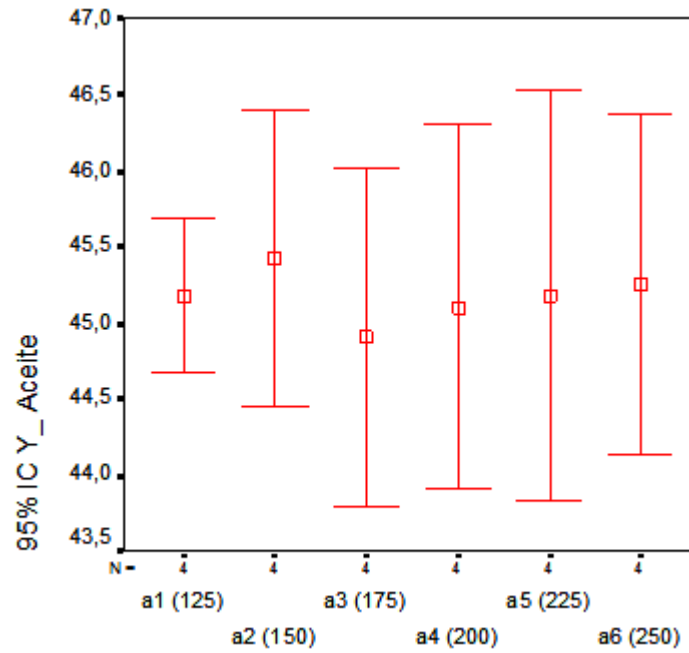
Anexo 2. Análisis de varianza para el rendimiento de grano.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	470420,000 ^a	5	94084,000	,981	,456
Intersección	654713496	1	6,55E+08	6826,190	,000
V1	470420,000	5	94084,000	,981	,456
Error	1726416,000	18	95912,000		
Total	656910332	24			
Total corregida	2196836,000	23			

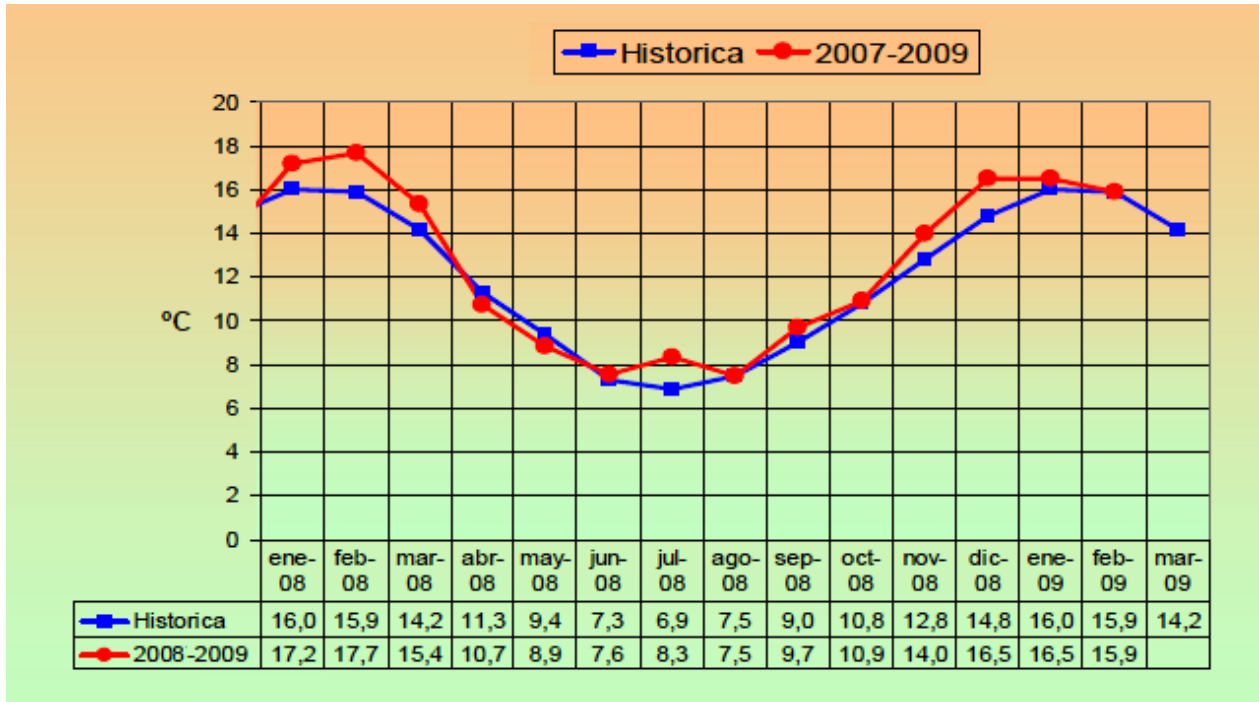


Anexo 3. Análisis de varianza para el contenido de aceite en las semillas.

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	,583 ^a	5	,117	,254	,932
Intersección	48973,314	1	48973,314	106536,4	,000
V1	,583	5	,117	,254	,932
Error	8,274	18	,460		
Total	48982,172	24			
Total corregida	8,857	23			



Anexo 4. Temperatura media (°C) registrada desde 2008 al 2009, comparada con el promedio Histórico INIA Carillanca.



Anexo 5. Fotografías del ensayo.

