



**UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA**

**Evaluación de líneas avanzadas de lentejas provenientes de ICARDA en
condiciones de invernadero**

MEMORIA DE TÍTULO

AGUSTÍN ADOLFO SAN PEDRO SÁNCHEZ

TALCA, CHILE

2018



UNIVERSIDAD DE TALCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE AGRONOMÍA

**Evaluación de líneas avanzadas de lentejas provenientes de ICARDA en
condiciones de invernadero**

Por

AGUSTÍN ADOLFO SAN PEDRO SÁNCHEZ

MEMORIA DE TITULO

Presentada a la Universidad de Talca como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO AGRÓNOMO

TALCA, 2018

Aprobación:

Profesor Guía: Ing Agr., Ph. D. Ricardo Cabeza Pérez
Profesor Escuela de Agronomía
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Profesor Cotutor: Ing Agr., M.Sc., Dra. Ana María Méndez Espinoza
Centro de Mejoramiento Genético y Fenómica Vegetal
Facultad de Ciencias Agrarias
Universidad de Talca

Fecha de presentación de la defensa de Memoria: 29 de Octubre 2018

CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su unidad de procesos técnicos certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Talca, 2019

RESUMEN

La lenteja (*Lens culinaris*) es una leguminosa que se utiliza como abono verde, forraje y principalmente para la producción de grano de consumo humano. Como alimento es altamente nutritivo, contiene altos niveles de fibra, proteínas y micronutrientes, en especial hierro (Fe) y cinc (Zn). En Chile, el cultivo de la lenteja no ha cambiado prácticamente nada en las últimas décadas, teniendo rendimientos similares a los de 50 años atrás. Esto se asocia, principalmente, a la baja tecnología, escasa maquinaria y bajo capital. Junto a esto, las importaciones de lenteja canadiense, ha afectado la rentabilidad del cultivo a nivel nacional. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el crecimiento y producción de 68 líneas avanzadas de lentejas provenientes de ICARDA, junto con una línea control de origen nacional. Para ello, las líneas fueron sembradas en macetas bajo condiciones de invernadero abierto. Se evaluaron 4 estados fenológicos: germinación, floración, envainado y cosecha. También se midieron los componentes del rendimiento: número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de las vainas, peso de 1 grano y peso de la biomasa aérea total, además de la producción de granos. Se realizó una matriz de correlación de los estados fenológicos, en la que se observó una correlación positiva entre los días a la cosecha y los otros 3 estados fenológicos y también entre la floración y el envainado. Por otro lado, hubo una relación negativa entre los estados fenológicos y la producción de granos. Los componentes del rendimiento que más incidieron en la producción fueron: el número de vainas por planta, el peso de vainas por planta y el número de granos por planta. Finalmente, mediante un análisis de componentes principales se identificaron los factores (estados fenológicos o componentes de rendimiento) que más influyeron en la producción de granos de las distintas líneas.

ABSTRACT

Lentils (*Lens culinaris*) come from the Fabaceae family. It has self-pollination and is a multipurpose crop, it can be used as green manure or fodder, but the main production is for human consumption. Lentils have a high nutritive index, it has a high fiber content, proteins, and micronutrients (especially iron [Fe] and zinc [Zn]). In Chile, the lentil production has not changed in the last 50 years and its production system is mainly associated to a low use of technology and investment. Along with this, the imports of Canadian lentils with zero tariff has affected the profitability of the crop nationwide. The objective of this research was to evaluate the growth and production of 68 advanced lentil lines from ICARDA, compared with a variety of local origin used as control. For this, the lines were sown in pots under greenhouse conditions. Four phenological stages were evaluated: germination, flowering, sheathing and harvest. The yield components were also measured: number of pods per plant, number of grains per pod, the weight of the pods, weight of 1 grain and weight of the total aerial biomass, in addition to grain yield. A correlation matrix of the phenological stages was carried out, in which a positive correlation was observed between the days to harvest and the other 3 phenological stages and a positive relationship between flowering and sheathing. On the other hand, there was a negative relationship between phenological stages and yield. The yield components that had the most impact on grain yield were the number of pods per plant, the weight of pods per plant and the number of grains per plant. Finally, the factors (phenological stages or yield components) that most influenced grain yield were identified by a PCA.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
1. Hipótesis	4
1.1 Objetivo general.....	4
1.2 Objetivos específicos.....	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Origen y producción mundial de la lenteja.....	5
2.2 Generalidades botánicas.....	5
2.3 Producción de lenteja en Chile.....	5
2.5 Variedades de lentejas.....	7
III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 Material vegetal.....	9
3.2 Condiciones de cultivo.....	9
3.3 Mediciones.....	10
3.4 Análisis estadísticos.....	11
IV. RESULTADOS.....	12
4.1 Caracterización de la fenología.....	12
4.2 Producción y componentes de rendimiento.....	13

INTRODUCCIÓN

La lenteja (*Lens culinaris*), pertenece a la familia de las Fabaceae, es una leguminosa de grano autopolinizante (Hawtin y Saxena, 1980). Restos arqueológicos encontrados en Asia menor, indican que el hombre la ha usado como cultivo por más de 8.000 años (Yadav, 2007).

La lenteja se considera un cultivo anual de invierno, necesita climas templados, debido a que fríos intensos y prolongados afectan su crecimiento. En algunos lugares se realiza en siembra de primavera, principalmente cuando se dispone de riego. Además, se considera buena opción de cultivo en rotación con trigo, raps y avena (Mellado, 1991). La lenteja es un cultivo multipropósito y una de las alternativas es su uso como abono verde, debido al nitrógeno que puede fijar simbióticamente, el cual incrementa la fertilidad nitrogenada del suelo. Además, se puede cultivar para forraje, ya que contiene un alto contenido de proteína y ausencia de inhibidores digestivos (ICARDA, 2015). Sin embargo, el objetivo principal es el cultivo para alimentación humana.

En Chile, y en general en los países del continente americano, los granos de lenteja se consumen de forma directa, previa cocción y preparación, en cambio en India los granos de lenteja, luego de su cocción, son molidos para originar un alimento llamado “dal”, el cual tiene un aspecto como el puré o sopa, el cual se acompaña con arroz (Faugenbaum, 1988).

En el mundo, más de 2 mil millones de personas sufren de malnutrición por deficiencia de micronutrientes (FAO, 1997), por lo que la lenteja podría ser un buen alimento para revertir esta situación, como en el caso de países del sur de Asia y centro oeste de África, donde un alto porcentaje de la población se encuentra con malnutrición por micronutrientes (Shiv Kumar, 2015). La lenteja posee altos contenidos de nutrientes, especialmente de magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe) y cinc (Zn) (Cuadro 1.1), por lo que han surgido programas para promover la investigación de variedades fortificadas, que tengan un alto rendimiento y la posibilidad de ser cultivadas en lugares donde las variedades tradicionales no son rentables. ICARDA ha investigado y desarrollado nuevas variedades con ciclos fenológicos más cortos, las cuales llegan a cosecha a los 80 o 100 días. Estas variedades se cultivan principalmente en barbecho y en rotación con arroz. De esta forma, los agricultores pueden aprovechar la temporada con un cultivo rentable (arroz) y agregar un cultivo nutritivo que también genera ganancia (lenteja).

Cuadro 1.1 Valor nutricional y contenido de elementos para lenteja, arroz y tomate (United States Department of Agriculture [USDA], 2018). kcal: kilocaloría.

Nutriente	Lenteja	Arroz	Tomate
	kcal	kcal	kcal
Calorías	350 - 358	123 - 130	15 - 32
	g (100 g)⁻¹	g (100 g)⁻¹	g (100 g)⁻¹
Grasa	1,06 - 2,17	0,28 - 0,37	0,19 - 0,28
Fibra	10,7 - 30,5	0,4 - 0,9	0,7 - 1,9
Proteína	23,91 - 25,8	2,69 - 2,91	0,98 - 1,64
	mg (100 g)⁻¹	mg (100 g)⁻¹	mg (100 g)⁻¹
Calcio (Ca)	35 - 56	10,1 - 19	5,0 - 34,1
Hierro (Fe)	6,51 - 7,5	0,24 - 1,2	0,47 - 1,3
Magnesio (Mg)	47 - 122	9,1 - 12	8,0 - 20,0
Fósforo (P)	281 - 451	43 - 55	29,0 - 36,1
Potasio (K)	668 - 955	35 - 56	212 - 293
Sodio (Na)	6	1 - 2,1	23 - 186
Cinc (Zn)	3,27 - 4,8	0,37 - 0,49	0,14 - 0,28

En Chile, el uso de semillas certificadas es bajo, esto da como resultado una baja homogeneidad en la calidad, volumen de producción y uniformidad de granos. En el mercado nacional solo se producen 2 variedades, ambas de INIA (Super Araucana-INIA y Calpún-INIA). Estas 2 variedades se caracterizan por presentar sobre un 70% de producción de grano con calibres sobre los 7 mm, en cambio las variedades extranjeras fluctúan entre los 4 y 6 mm, pero con rendimientos por hectárea más altos en comparación a la producción nacional (Figura 1.1). Lo anterior está asociado a que la producción nacional se concentra en terrenos marginales y pobres, con bajo manejo agronómico y escasez de agua (Faúndez *et al.*, 2017).

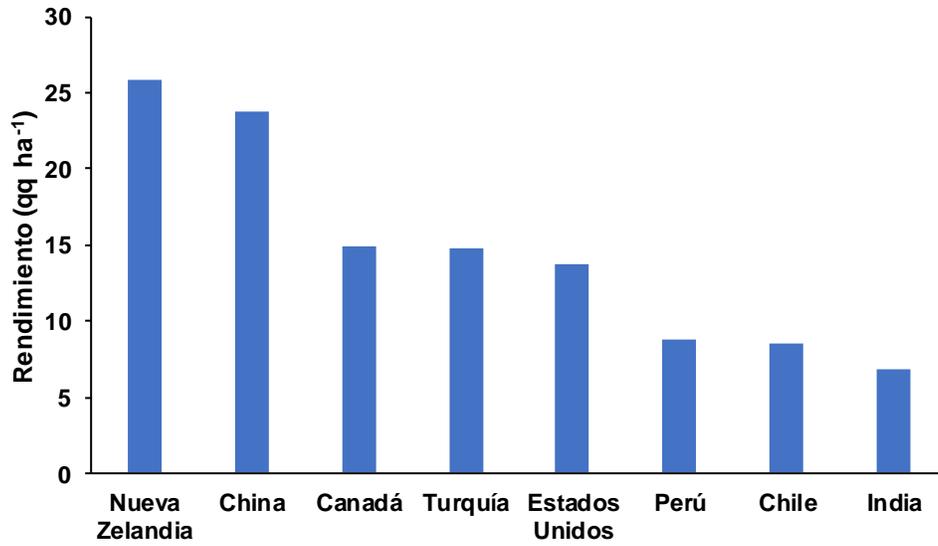


Figura 1.1 Productividad de lenteja por hectárea en países con mayor rendimiento, a nivel mundial, en el año 2016 (FAOSTAT, 2018). qq: quintales; ha: hectárea.

Es por esto, que la evaluación de nuevas variedades de lentejas se plantea como un nicho innovador, pudiendo ser una opción de producción para los agricultores nacionales.

1. Hipótesis.

Las líneas avanzadas provenientes del “*International Center for Agricultural Research in the Dry Areas*” (ICARDA) tienen un ciclo de crecimiento más corto y una producción de grano mayor que una línea control nacional.

1.1 Objetivo general.

Evaluar el crecimiento y la producción de grano de 68 líneas de lenteja provenientes de ICARDA y una línea control de origen nacional.

1.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar la fenología de las líneas de lenteja.
- Determinar la producción y los componentes del rendimiento de las líneas de lenteja.
- Relacionar variables fenológicas con la producción del cultivo.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Origen y producción mundial de la lenteja.

El origen de la lenteja cultivada proviene de tres regiones geográficas: Norte de Siria, Sur de Siria y Turquía. La lenteja se cultivaba en la India desde hace 4500 años (Hancock, 2016) y hay restos arqueológicos con presencia de lentejas de hace 8000 años (Yadav, 2007).

Actualmente, el país con mayor producción de lentejas es Canadá, con una producción de alrededor de 2 millones de toneladas por año ($t \text{ año}^{-1}$), seguido por India con 1.1 millones de $t \text{ año}^{-1}$ y luego Turquía con 345 mil $t \text{ año}^{-1}$ (FAO, 2018).

2.2 Generalidades botánicas.

La lenteja tiene un hábito de crecimiento variable, que va desde erecto a postrado, lo cual está determinado por el genotipo y su interacción con el ambiente. Las plantas de lenteja poseen una altura que varía entre los 15 y 50 cm, y algunas pueden superar los 75 cm. Es una planta, en general, pubescente, posee tallos y ramas cuadrangulares, y sus nervaduras son angulosas. Las hojas se presentan en forma alterna y paripinnada, con 10 a 16 folíolos de 1 a 3 cm de longitud. Los folíolos poseen una forma que varía de ovada a lanceolada. Las hojas pueden terminar en zarcillo presentando dos pequeñas estípulas (Castroviejo, 1999). Al igual que la mayoría de las leguminosas, la lenteja es autopolinizante (Hancock, 2016).

2.3 Producción de lenteja en Chile.

En Chile, la producción de lentejas y de legumbres en general, ha disminuido drásticamente desde el año 2000. El año 2013 se registró una producción de 695 t, mientras que en el año 1979 se produjeron 31.690 t de lentejas (Figura 2.1). Esto se debe principalmente a dos razones: 1) la transformación de Canadá en exportador mundial de lenteja en la década de los 90, y 2) la firma del

tratado de libre comercio con Canadá en el año 1996, dejando el arancel a la importación de lenteja en 0%, por lo que la rentabilidad del cultivo a nivel nacional disminuyó drásticamente (Banfi, 2006). Además, a nivel nacional, el consumo de lenteja ha tenido una tendencia a la baja. En los últimos 10 años, el consumo de lentejas disminuyó un 2,6% y en los últimos 5 años, ha disminuido en un 8,5% (Oficina de Estudios y Políticas Agrarias [ODEPA], 2012). Lo anterior se puede deber al cambio en los hábitos de consumo de la población nacional, que privilegia el consumo de proteína animal (FAO, 2016).

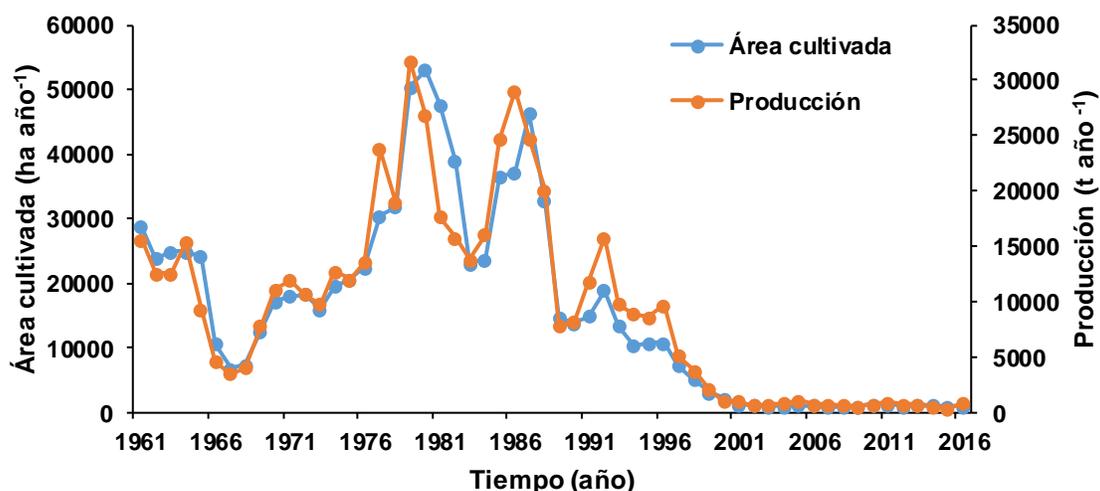


Figura 2.1 Área cultivada y producción anual de lentejas en Chile, desde el año 1960 al 2017.

La producción de lenteja en Chile se concentra en las zonas de secano interior y secano costero, en localidades con suelos pobres y arcillosos. Los propietarios de estos suelos son generalmente pequeños a medianos productores. La producción en secano interior se ve favorecida por los suelos arcillosos, ya que estos permiten retener de mejor manera la humedad en el suelo, sobre todo en primavera cuando hay ausencia de lluvias. La influencia marítima en el secano costero genera una alta humedad ambiental, lo cual es beneficiosa para los períodos de floración y formación de vainas, aunque en años con baja pluviometría existe estrés hídrico y, por lo tanto, el llenado de grano se ve afectado, influyendo en una menor producción (Faiguenbaum, 1988). El cultivo de la lenteja se realiza con baja tecnología y escasa maquinaria, un bajo capital y sin selección de semillas de calidad. Todo lo anterior dificulta la producción y como consecuencia el rendimiento por hectárea es bajo (Faúndez *et al.*, 2017). Por otra parte, los bajos precios de las importaciones desde Canadá disminuyen la rentabilidad económica de la producción local.

Sin embargo, pese al escenario adverso que presenta el cultivo de la lenteja, esta sigue siendo un actor importante para los pequeños agricultores, quienes venden su producción en ferias locales a buenos precios. Además, existen casos exitosos de asociatividad como el Prodesal de Chanco, quienes trabajan por dar identidad local a su producción y mejorar las condiciones de cultivo de la lenteja. También existen otras iniciativas gubernamentales, como proyectos de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), los cuales están apoyando a los productores locales para dar valorización a la producción de legumbres.

2.5 Variedades de lentejas.

En países del sur de Asia y del centro oeste de África se están cultivando variedades tempranas de lentejas, las cuales tienen un ciclo fenológico mucho más rápido que las variedades normales, debido a que en estas zonas el periodo productivo óptimo es extremadamente corto (Shiv Kumar *et al.*, 2016). Para el presente trabajo de memoria, se evaluaron 68 líneas avanzadas provenientes de ICARDA, las que se agrupan en 2 tipos: 1) *Lentil International Elite Nursery-Early-2018* (LIEN-E-18), y 2) *Lentil International Elite Nursery-Extra Early-2018* (LIEN-EE-18) (ICARDA, 2016). Todas estas líneas de investigación se encuentran en el proceso de búsqueda de nuevas variedades, que aparte de tener ciclos fenológicos cortos, contengan, también, resistencia a enfermedades como la roya, menor susceptibilidad a toxicidad por boro (B), capacidad de cosecha con maquinaria, entre otras (Kumar, 2013).

A nivel nacional, son 3 variedades las que más se han producido. Desde su liberación al público en 1977, el cultivar Araucana-INIA fue la variedad cultivada por excelencia, debido a su buen rendimiento en suelos de las regiones VII, VIII y IX, y sobre todo por el alto porcentaje de grano con calibre sobre 7 mm (Tay, 1981).

En el año 2000, se liberó el cultivar Super Araucana-INIA que proviene del cruzamiento entre (Araucana-INIA x Tekoa) x De la Mata. La variedad Tekoa posee granos de tamaño mediano, fue introducida desde EEUU y presenta resistencia a la roya (*Uromyces fabae* f. sp. lentis) (Bascur, 1978). Por otro lado, "De la Mata" es un ecotipo utilizado por los agricultores del secano costero de la región del Maule, de buen rendimiento y con granos de tamaño mediano (Tay *et al.*, 2001). Super Araucana-INIA surgió como el relevo de Araucana-INIA la cual comenzó a disminuir sus rendimientos con el paso del tiempo debido a su susceptibilidad a la roya (Sepúlveda, 1989).

El último cultivar liberado fue Calpún-INIA, en el año 2006. Es un cultivar obtenido del cruzamiento entre Araucana-INIA x Laird. Para la obtención de este cultivar se usaron como criterios de selección: la arquitectura de la planta tipo Araucana-INIA, la precocidad, el rendimiento, el calibre del grano y la resistencia a roya. Se recomienda la producción de Calpún-INIA en zonas con presencia endémica de roya, debido a que es el cultivar con mayores rendimientos en presencia de este hongo (Peñaloza *et al.*, 2007).

Debido a la ausencia de registros, controles y certificaciones de las variedades de lenteja, es difícil conocer la procedencia de semillas y verificar a que variedad específica corresponde (Faúndez *et al.*, 2017).

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Material vegetal.

El material vegetal utilizado corresponde a 68 líneas avanzadas de lentejas provenientes de ICARDA, y como control se utilizó una lenteja nacional cultivada en el secano interior. Para más información acerca de las líneas de lentejas usadas en este ensayo, ver anexo 4.

3.2 Condiciones de cultivo.

El ensayo se realizó en un invernadero abierto que se encuentra dentro de las dependencias de la Universidad de Talca, en Avenida Lircay s/n, Talca, Región del Maule, Chile (35°24'19" S 71°37'59" O). El invernadero es de tipo ventana capilla, de dimensiones de 9 x 12,7 metros y 4,5 metros de altura.

Se utilizó como sustrato una mezcla de arena-perlita, humus y suelo con relaciones 1:1:1:2, respectivamente. El suelo fue extraído del sector donde se encuentra el invernadero y corresponde a un suelo con un alto porcentaje de arcilla.

Las semillas fueron sembradas en cajas de plástico abatible con dimensiones de 60x40x21 cm, forradas interiormente con láminas de plástico negro para contener el sustrato. Se trabajó con 3 repeticiones por línea, distribuidas aleatoriamente y cada repetición fue sembrada en dos hileras, cada una con 8 semillas. La densidad de plantas por caja fue de 56, equivalente a 233 plantas por m².

Los riegos se realizaron diariamente durante los primeros 16 días, posteriormente se regó día por medio durante 36 días. Finalmente se suministró agua cada dos días hasta el momento de madurez de cosecha. Para registrar el contenido de agua en el sustrato se instalaron sensores de humedad ES-5 conectados a un colector de datos digital EM-50 (Decagon Devices ®). El sensor EC-5 determina el contenido volumétrico de agua a través de la medición de la constante dieléctrica del suelo (Figura 3.1).

3.3 Mediciones.

Para el registro de condiciones climáticas, se dispuso de un termómetro automático (HOBO®) que registró la T° del invernadero en forma constante (cada 4 h) y de sensores de humedad, los cuales fueron instalados en 10 cajas (registro constante cada 4 h). Con esta información se calculó la media diaria para cada parámetro (Figura 3.1).

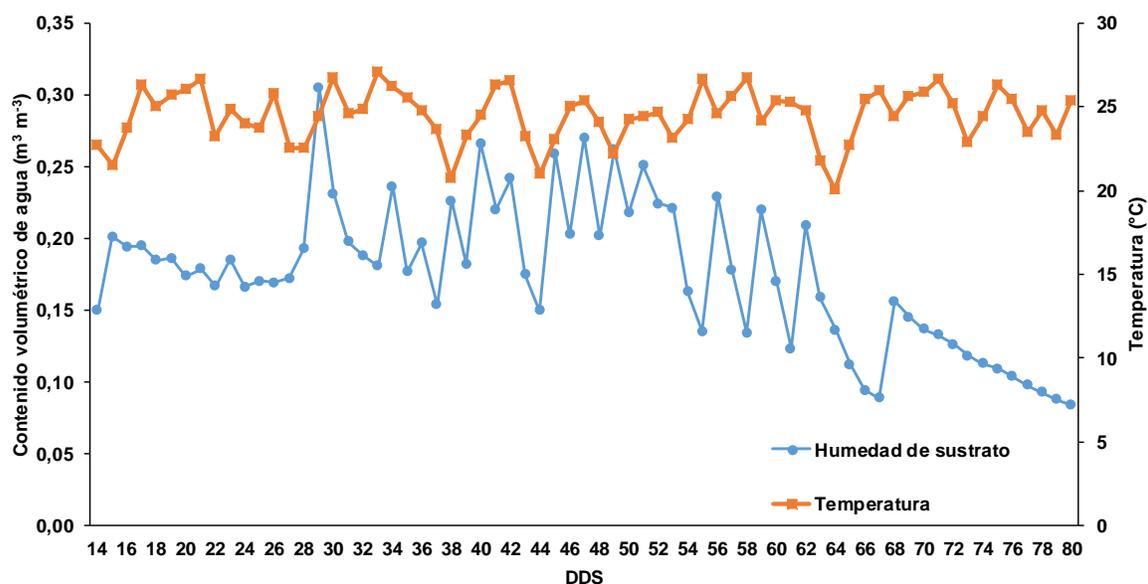


Figura 3.1. Registro diario de temperatura (°C) dentro del invernadero (línea naranja) y contenido volumétrico de agua en el sustrato (m³ m⁻³) (línea azul). DDS: Días Después de Siembra.

Una vez sembradas las semillas, se realizaron monitoreos diarios, todos calculados en días después de siembra (DDS), para evaluar germinación, floración, envainado y cosecha. Para determinar el momento de germinación, floración y envainado, se hicieron observaciones periódicas de la aparición de nuevas plantas, de flores y de vainas, respectivamente. El criterio para determinar ya sea, la germinación, la floración o el envainado, fue la aparición del 50% de plantas en ese estado. La cosecha se realizó cuando las vainas estuvieron secas, con color café. Además, se midió la altura de las plantas a la cosecha. Las plantas fueron cosechadas completas (parte aérea) y posteriormente se separaron las vainas de la parte aérea en laboratorio. En el laboratorio se determinaron los componentes del rendimiento: número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de las vainas por planta, peso de los granos y peso de la biomasa aérea total. Con los datos obtenidos se calculó la producción de granos. Para homogenizar el peso de las plantas, estas fueron secadas en estufa de aire forzado a 60°C por 24 h.

Finalmente, se hizo una separación de aquellos granos que presentaban cierto grado de inmadurez y solo se consideraron los granos completos y uniformes para el cálculo de la producción de granos. El conteo de granos se realizó con una contadora automática de granos (ELE ® modelo Feed).

3.4 Análisis estadísticos.

Se realizaron matrices de correlación entre la producción de granos, los componentes del rendimiento y la fenología del cultivo. Cuando hubo significancia en las correlaciones, también se realizaron gráficos entre las variables. Por otra parte, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para relacionar los factores de fenología y componentes del rendimiento con la producción. Los datos fueron analizados con el programa estadístico Statgraphics ®.

RESULTADOS

4.1 Caracterización de la fenología.

La fenología de las líneas de lentejas se muestra en la Figura 4.1. En ella están graficados, para cada estado fenológico, los grados día acumulados (GDA) y los días después de la siembra (DDS). Se puede observar que en emergencia no hay mucha dispersión de los datos, en cambio en floración, envainado y cosecha, los datos se encuentran más dispersos. Para una mejor visualización de la dispersión, se han dibujado cajas con la mediana y el promedio para los distintos estados fenológicos (Figura 4.1). Los detalles de la fenología se presentan en el Anexo 2.

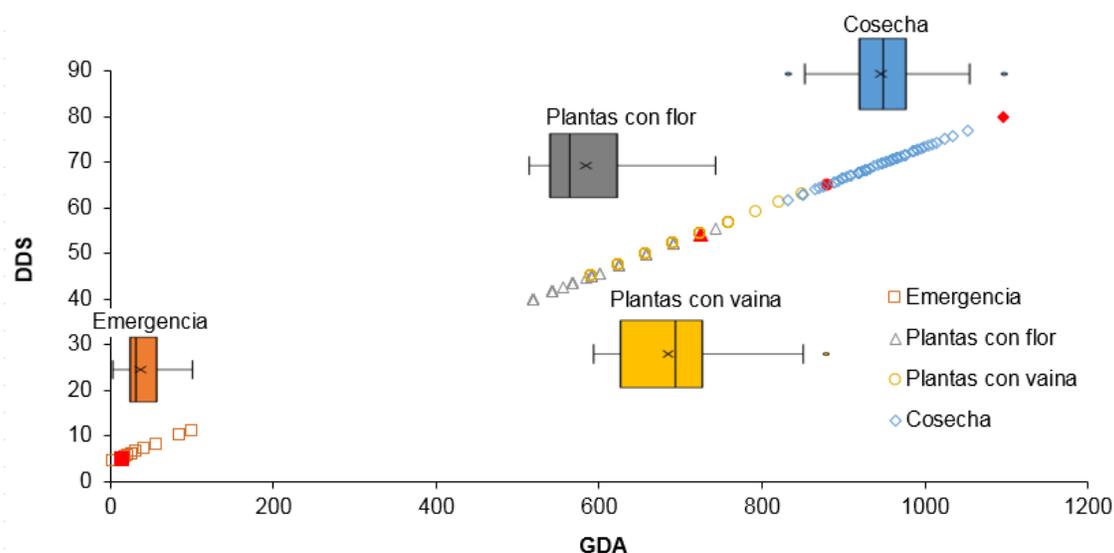


Figura 4.1. Fenología en Grados Días Acumulados (GDA) y Días Después de Siembra (DDS) de las 68 líneas evaluadas más el control. Cuadrados: 50% de emergencia; Triángulos: 50% de floración; Círculos: 50% de envainado; Rombos: madurez de cosecha. El genotipo control se representa en color rojo. Junto a los datos se encuentran los respectivos gráficos de cajas y bigotes, los cuales muestran los valores límites de los cuartiles, 75%, 50%, 25%, en el centro está el valor de la media (equis) y la mediana (línea). Los valores atípicos (en plantas con vaina y cosecha) se ven junto al gráfico de cajas y bigotes, representados con un punto.

El control usado en este ensayo (representado en rojo [Figura. 4.1]), muestra una de las fenologías más tardías. Fue el penúltimo en llegar a 50% de floración, el último en llegar a 50% de envainado y el último en llegar a madurez de cosecha, sin embargo, fue uno de los primeros en emerger.

Entre los 4 estados fenológicos evaluados (Cuadro 4.1), existió una baja correlación entre cosecha y plantas con un 50% de emergencia y un 50% de flores (0,24 y 0,25 respectivamente), mientras que la correlación entre cosecha y plantas con un 50% de vainas fue de 0,53. Además,

entre la emergencia y plantas con 50% de flores no hubo una correlación. Lo mismo ocurrió para la emergencia y plantas con un 50% de vainas. La correlación entre floración y envainado fue de 0,74.

Cuadro 4.1. Matriz de correlación de los estados fenológicos del cultivo, 50% de plantas emergidas, 50% en flor, 50% con vaina y 100% de plantas cosechadas, todas medidas en Días Después de Siembra (DDS). Valores varían de -1 a 1 (rojo a azul respectivamente), siendo ambos extremos los con mayor relación, ya sea positiva o negativa y los valores cercanos a 0 con menor correlación.

	50% emergencia (DDS)	50% plantas en flor (DDS)	50% plantas con vaina (DDS)
Cosecha (DDS)	0,24*	0,25*	0,53***
50% emergencia (DDS)		0,12	0,17
50% plantas en flor (DDS)			0,74***

La significancia está representada por: * valor-P < 0,05; ** valor-P < 0,01; *** valor-P < 0,001.

4.2 Producción y componentes de rendimiento.

La producción de grano mostró gran variabilidad entre las líneas (Figura 4.2), con producciones de 0,28 g planta⁻¹ hasta 1,27 g planta⁻¹, concentrando la mayor producción entre los 0,58 y 0,88 g planta⁻¹.

Las 5 líneas con producciones más bajas fueron el control (0,27 g), línea 18 (0,36 g), línea 60 (0,39 g), línea 4 (0,39 g) y línea 25 (0,40 g). Por otra parte, las 5 líneas que obtuvieron mayores producciones fueron la línea 41 (1,26 g), línea 13 (1,23 g), línea 30 (1,17 g), línea 3 (1,17 g) y la línea 23 (1,12 g) (ver Anexo 1 para más detalle).

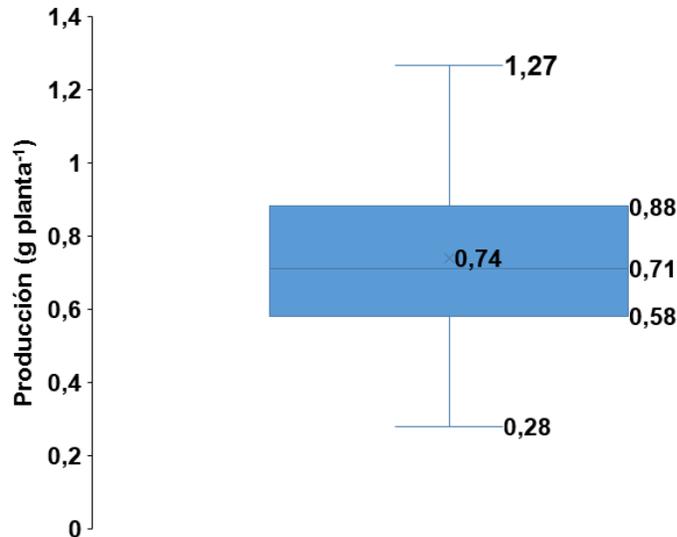


Figura 4.2. Producción por planta (g planta⁻¹). Al costado derecho de la caja se ven los valores límites de los cuartiles, 75%, 50% y 25%, finalmente en el centro de la caja se muestra el valor promedio de todos los datos.

Se realizó una matriz de correlación (Cuadro 4.2) para ver el efecto de las características estudiadas con el rendimiento de grano, en ella se compararon los valores de producción de granos por planta, materia seca aérea producida (sin granos) y los componentes de rendimiento de cada línea: número de vainas por planta, número de vainas total, peso de vainas, número de granos por vaina, número de granos y peso de 1 grano.

La materia seca obtenida en las líneas estudiadas tiene una correlación positiva con: el número de vainas por planta, el número de granos por planta, el peso de vainas por planta y la producción de granos por planta. Por otro lado, la producción de granos por vaina correlaciona con el número de granos por planta, y tiene una correlación negativa con el peso de 1 grano. El número de vainas por planta correlaciona en forma positiva con el número de granos por planta, con el peso de las vainas y la producción de la planta. De manera similar, el número de granos por planta aumenta con el peso de las vainas y hace que aumente la producción de la planta. El peso de la vaina es el parámetro que posee el mayor peso sobre la producción total de la planta.

Cuadro 4.2. Matriz de correlación entre la producción por planta, materia seca y los componentes del rendimiento. Valores se presentan en formato heatmap (-1 al 1, rojo o azul respectivamente), siendo ambos extremos los con mayor correlación y los valores más cercanos a 0 los con menor relación. En negrita se pueden observar los valores más altos de esta matriz.

	Núm. granos vaina ⁻¹	Núm. vainas planta ⁻¹	Núm. granos planta ⁻¹	Peso 1 grano (g)	Peso vaina planta ⁻¹	Producción planta ⁻¹
Materia seca (g)	-0,04	0,60***	0,55***	-0,03	0,59***	0,54***
Núm. granos vaina ⁻¹		0,03	0,33**	-0,38**	0,20	0,20
Núm. vainas planta ⁻¹			0,95***	-0,09	0,89***	0,88***
Núm. granos planta ⁻¹				-0,20	0,91***	0,89***
Peso 1 grano (g)					0,15	0,18
Peso vaina planta ⁻¹						0,99***

La significancia está representada por: * valor-P < 0,05; ** valor-P < 0,01; *** valor-P < 0,001.

En las Figuras 4.3, 4.4 y 4.5 se muestra la relación entre los componentes de rendimiento con mayor peso sobre la producción de grano en las plantas de lentejas.

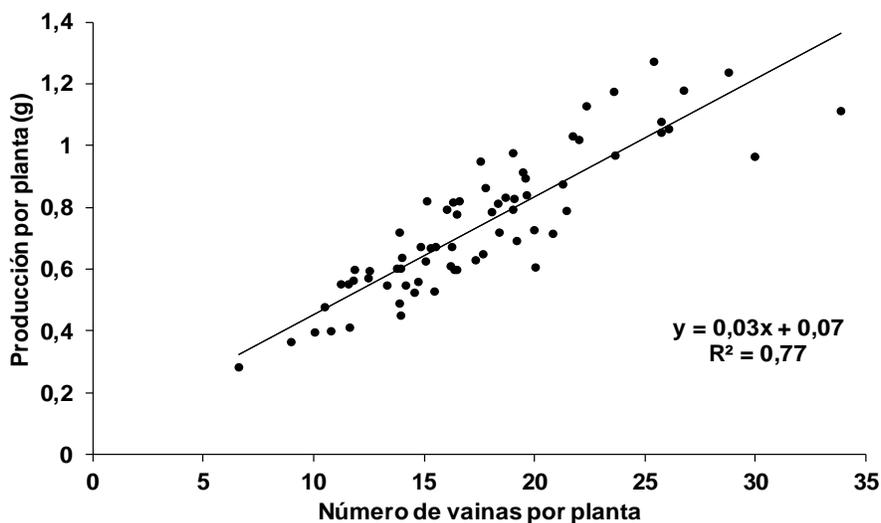


Figura 4.3. Gráfico de la relación entre producción por planta y el número de vainas por planta.

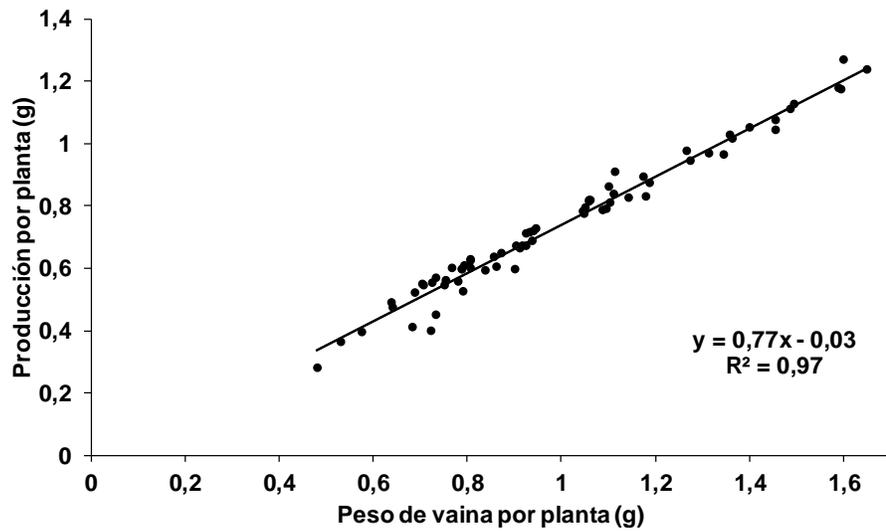


Figura 4.4. Gráfico de la relación entre producción de granos por planta y el peso de vaina por planta.

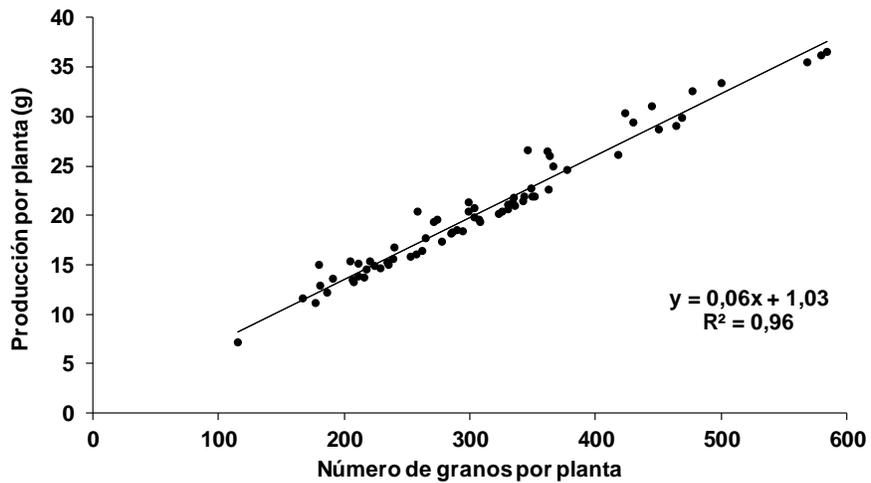


Figura 4.5. Gráfico de la relación entre producción de granos por planta y el número de granos por planta.

4.3 Relación de variables fenológicas con producción.

La relación de los 4 estados fenológicos (emergencia, floración, envainado y cosecha) con la producción de granos y la materia seca se muestra en el Cuadro 4.3. Por una parte, la producción por planta tuvo una correlación negativa con todos los estados fenológicos. Es decir, entre más días demora una planta en llegar a alguno de estos estados fenológicos, su producción es menor. Por otra parte, la materia seca tuvo correlaciones positivas con las variables vainas al 50% y con la producción por planta.

Cuadro 4.3. Matriz de correlación de los estados fenológicos con la producción de grano de cada línea. Valores se presentan en formato heatmap (-1 al 1, rojo o azul respectivamente), siendo ambos extremos los con mayor correlación y los valores más cercanos a 0 los con menor correlación.

	Producción planta ⁻¹	Materia seca (g)
Emergencia 50% (DDS)	-0,23*	-0,12
Plantas con flor 50% (DDS)	-0,24*	0,29*
Plantas con vaina 50% (DDS)	-0,27*	0,40***
Cosecha (DDS)	-0,32**	0,19
Producción planta ⁻¹		0,54***

La significancia está representada por: * valor-P < 0,05; ** valor-P < 0,01; *** valor-P < 0,001.

4.4 Análisis de los distintos factores asociados a la producción.

Para identificar los factores asociados a la producción de granos en lentejas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP). Mediante el ACP, se identificaron 3 componentes que explican en un 77,8% la variación observada en la producción de granos de lentejas (Cuadro 4.4). Se observa que, en conjunto, el componente 1 del análisis tiene un peso total de un 40% sobre la producción de granos. Los componentes 2 y 3 tienen un peso de 25,6 y 12,2% respectivamente.

Cuadro 4.4. Tabla del ACP con el valor propio (*eigenvalue*) de cada componente, el porcentaje de cada uno de los componentes y el porcentaje acumulado. En color rojo el porcentaje acumulado de los 3 principales componentes que explican los datos del análisis.

Número de componente	Valor propio	Porcentaje de variación	Porcentaje acumulado
----------------------	--------------	-------------------------	----------------------

1	3,6	40,0	40,0
2	2,3	25,6	65,6
3	1,1	12,2	77,8

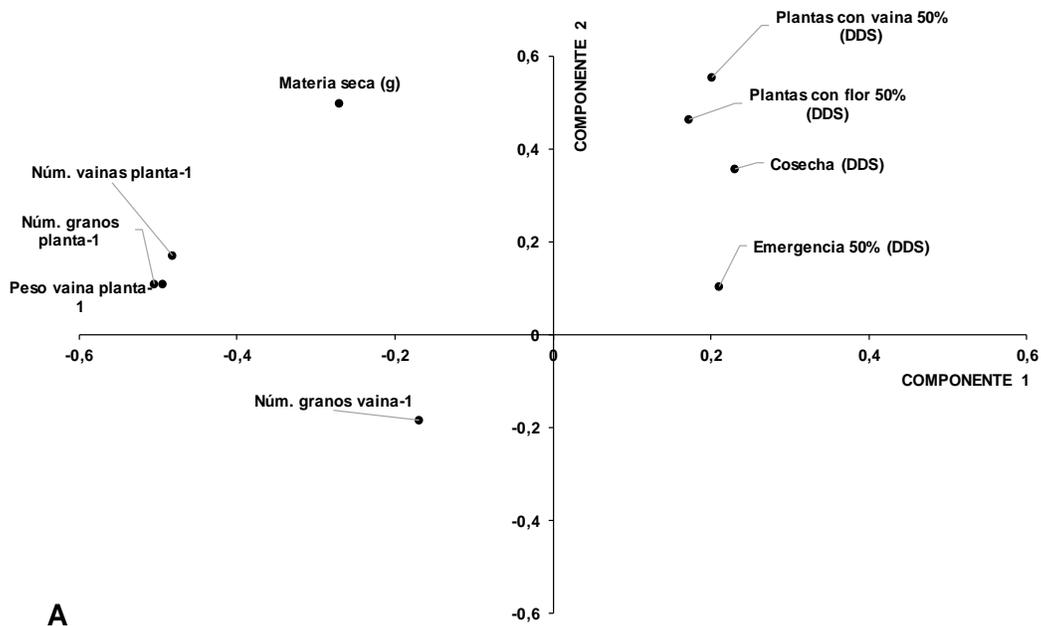
En el Cuadro 4.5 están los factores de cada componente y su peso sobre cada uno de ellos. Dentro del componente 1 se encuentran las observaciones relacionadas a los componentes del rendimiento, mientras que en el componente 2 están las observaciones relacionadas a la fenología. Finalmente, en el componente 3, indica que los factores 50% de emergencia y el peso de vainas por planta poseen el mayor peso sobre este componente.

Dentro del componente 1 del ACP, las variables: número de vainas por planta, número de granos por planta, número de granos por vaina y materia seca, contribuyen con el mayor porcentaje de la variación observada en la producción de granos. El componente 2 está representado mayormente por las variables de plantas con 50% de vainas (26,63%), plantas con 50% en flor (22,18%) y cosecha (21,11%). En este caso, los 3 mayores porcentajes son de variables fenológicas. El componente 3 está fuertemente representado por 2 variables, una es el peso de vainas por planta (24,6%) y el otro el 50% de emergencia (30,62%).

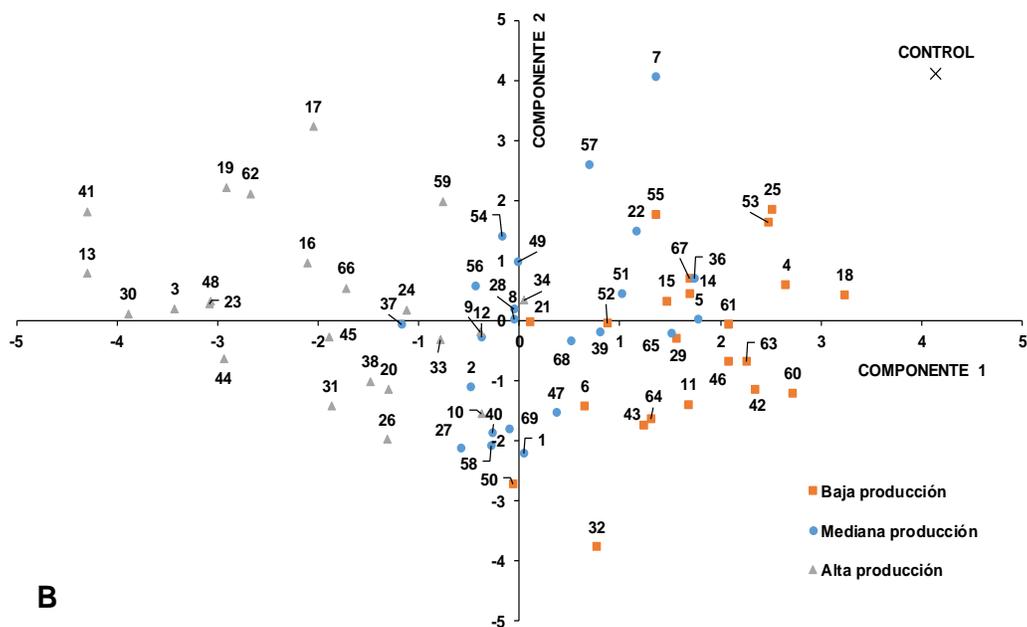
Cuadro 4.5. Tabla con los porcentajes de las variables fenológicas y factores de rendimiento que representan a los 3 principales componentes del ACP. En negrita están los valores más altos de los factores en cada componente.

	Componente 1 (%)	Componente 2 (%)	Componente 3 (%)
50% emergencia (DDS)	3,73	10,36	30,62
50% plantas con flor (DDS)	4,67	22,18	15,68
50% plantas con vaina (DDS)	5,37	26,63	7,76
Cosecha (DDS)	10,73	21,11	2,95
Materia seca (g)	17,08	4,92	6,32
Núm. granos vaina ⁻¹	17,60	1,72	2,81
Núm. vainas planta ⁻¹	17,29	4,77	7,10
Núm. granos planta ⁻¹	17,13	1,79	2,17
Peso vaina (g) planta ⁻¹	6,41	6,52	24,60

Con los 2 componentes principales establecidos se hizo un gráfico de dispersión con el fin de comparar los distintos pesos que tiene cada factor en cada componente y analizar la distribución de los datos según la producción.



A



B

Figura 4.7. A) Análisis de componentes principales (ACP) entre el componente 1 y el componente 2. Valores más lejanos a 0 representan mayor peso en la relación, mientras que valores cercanos a 0 tienen menor peso. B) Diagrama de dispersión (Loading plot) componente 1 y componente 2. Líneas de baja producción (cuadrados naranjos); producción media (círculos azules); alta producción (triángulos grises); línea control (Equis).

El diagrama de dispersión (loading plot) muestra la distribución de los 3 niveles de producción a lo largo del componente 1 (eje X). Los niveles de producción se separan de acuerdo con la

agrupación realizada por el análisis, al lado derecho, las líneas de producción baja, al centro las de producción media y al lado izquierdo las de mayor producción. Esta distribución está principalmente influenciada por los componentes de rendimiento, que son los que mayor peso tienen sobre el componente 1 (Figura 4.7 y Cuadro 4.5). La línea control aparece en el extremo derecho superior de la gráfica, separada principalmente por ser la de menor producción de grano (en relación con el eje X) y por ser la de fenología más larga (en relación con el eje Y).

4.5 Otros resultados

Fue evaluado el porcentaje promedio de producción de granos inmaduros que alcanzó al 4,0% de la producción total, siendo las líneas con mayor porcentaje la línea 53 (19,7%), 64 (13,7%) y la línea 37 (8,6%). Las líneas con menor porcentaje de inmadurez fueron las líneas 22, 24, 32, 48, 65 y 67, todas con 0% de granos inmaduros (Anexo 3).

DISCUSIÓN

En muchos ambientes, principalmente en los climas mediterráneos, donde la disponibilidad hídrica es limitada, el tiempo de desarrollo de un cultivo puede llegar a determinar la productividad (Shiv *et al.*, 2017), o en otros casos, como cuando se realizan dos cultivos al año (arroz-lenteja), la fenología juega un rol fundamental en la producción. En las líneas provenientes de ICARDA, que fueron desarrolladas para ambientes secos y con fenología corta, esto se observa con gran claridad al compararlas con el genotipo de producción local, el cual mostró la fenología más larga (80 DDS) y la menor producción (0,27 g por planta). Lo anterior puede ser atribuido principalmente a la genética de las plantas. Sin embargo, aunque el control haya tenido un ciclo fenológico más largo que el de las demás líneas, se demoró menos tiempo a cosecha si se compara con la cantidad de días a cosecha en condiciones de campo (200 DDS) (Faúndez *et al.*, 2017). Lo anterior se puede atribuir a las condiciones de invernadero.

Como se comentó anteriormente, la línea control emergió primero que la mayoría de las demás líneas, pero fue la última en llegar a madurez de cosecha, junto con la de menor producción. También se vio que las líneas que demoraron más en llegar a floración tuvieron producciones de granos menores. Según la investigación de Tullu *et al.* (2001), donde se evaluaron 287 líneas de lenteja, las líneas que tardaron más y las que tardaron menos fueron las con menores rendimientos, a diferencia del presente ensayo, donde las líneas con fenología más larga fueron las con menor producción. Cabe destacar que en el experimento de Tullu *et al.* (2001), el rango de DDS para madurez de cosecha fue de 71 a 106 DDS, siendo mayor la cantidad de días que para el presente ensayo (62 a 80 DDS).

Generalmente, en los análisis de poblaciones se obtiene gran variabilidad entre los genotipos analizados, tal como lo indica Solanki *et al.* (1999), quien analizó 19 líneas y 2 variedades control de lentejas, cuyos rendimientos por planta variaron entre 5,2 y 3,2 g planta⁻¹. En el presente experimento, luego de analizar 68 líneas de lentejas provenientes de ICARDA y una variedad control, el resultado con mayor producción por planta fue obtenido por la línea 41 (1,26 g planta⁻¹), seguida de las líneas 13 (1,23 g planta⁻¹), 30 (1,17 g planta⁻¹), 3 (1,17 g planta⁻¹) y 23 (1,12 g planta⁻¹). Por el contrario, la línea con producción más baja fue la línea control (0,27 g planta⁻¹), luego de las líneas 18 (0,36 g planta⁻¹), 60 (0,39 g planta⁻¹), 4 (0,39 g planta⁻¹) y 25 (0,40 g planta⁻¹). Los datos obtenidos por Solanki *et al.* (1999), muestran rendimientos mucho mayores a los obtenidos en el presente experimento. Una razón posible sería la utilización de fertilizante por Solanki *et al.* (1999), además de la selección de las 10 plantas más competitivas por línea para obtener los datos. Por otro lado, en el presente experimento no se utilizó ningún tipo de fertilizante, en ninguna de las líneas, y para

la obtención de los datos se utilizó el promedio de todas las plantas que crecieron en cada línea, lo cual entrega una idea real de lo que sucede con poblaciones de plantas.

Los componentes de rendimiento que más influyeron en la producción, según este experimento, fueron número de vainas por planta, peso de vainas por planta y número de granos por planta. Resultados similares fueron obtenidos por Ramanujam (1975), quien investigó 35 genotipos de frijol mungo (*Phaseolus aureus*), obteniendo la mayor correlación entre el número de vainas y el rendimiento por planta (0,72), y la más baja, entre peso de granos y rendimiento (0,10). En la presente investigación con lentejas de ICARDA, los valores de la correlación para número de vainas por planta y producción fue de 0,88, mientras que para el peso de un grano y el rendimiento fue de 0,18 (Cuadro 4.2). Lo anterior es consistente con el estudio reportado por Ramanujam (1975). Resultados similares obtuvo Biçer (2009), quién investigó el efecto del tamaño de la semilla sobre el rendimiento en lenteja. En su investigación muestra que, a mayor número de vainas por planta, mayor es la producción del cultivo. También, se observa que el peso de 100 semillas no influye en la producción de granos, al igual que en el presente experimento, donde el peso de 1 semilla no se correlaciona con la producción de granos por planta.

En relación a la fenología, la mayor correlación se obtuvo entre los días a floración y los días a envainado, este último a su vez también tuvo una correlación positiva con los días a madurez de cosecha (Cuadro 4.1). Por otro lado, la emergencia no tuvo correlaciones altas con los días a floración, al contrario de Verghis *et al.* (1999), quien, en su experimento con garbanzos, obtuvo una alta correlación entre los días a emergencia y los días a floración. Por este motivo, lo considera un buen indicador para estimar un rango de tiempo posible de floración. Para el presente trabajo, los días a emergencia no serían un buen indicador para predecir la floración.

Siguiendo con la fenología asociada a la producción, se observó que los días necesarios para emergencia, floración, envainado y madurez de cosecha, tuvieron una leve correlación negativa con la producción del cultivo (Cuadro 4.3). Por lo que, a menor requerimiento de días para cada estado fenológico, la producción fue mayor. El ACP muestra (Figura 5.1) que las líneas 44, 31, 45, 38, 20 y 26, fueron líneas con la mayor producción de grano y que además tuvieron un ciclo fenológico más corto, por esta razón se encuentran en el costado izquierdo inferior de la gráfica del ACP (Figura 4.7B). Si se quisiera seguir con el mejoramiento genético de lentejas con altas producciones y ciclos fenológicos cortos, se utilizarían posiblemente las líneas previamente señaladas, en cambio si se quiere potenciar la mayor producción, se deberían elegir las líneas 41, 13, 30 y 3, que fueron las líneas con producciones más altas (Figura 4.7B). Estos resultados coinciden con lo propuesto por Kumar *et al.* (2017), quien ha trabajado con estas líneas avanzadas de lentejas, en busca de nuevos genotipos de ciclo fenológico corto y altas producciones, entre otras características.

Las líneas con producción de grano más bajo fueron las línea control, líneas 18, 4, 25 y 53, las cuales necesitaron más días para llegar a madurez de cosecha.

CONCLUSIÓN

Según los datos obtenidos de la evaluación de 68 líneas de lenteja más el control en condiciones de invernadero, se puede concluir lo siguiente:

- De los estados fenológicos medidos, la floración se correlacionó con el envainado, y este a su vez con la madurez a cosecha. Por otra parte, la emergencia no tuvo correlación con ningún otro estado fenológico.

- La producción de granos estuvo principalmente influenciada por 3 componentes de rendimiento: 1) Número de vainas por planta, 2) peso de vainas por planta y 3) número de granos por planta.

- En las líneas evaluadas, a mayor requerimiento de días para llegar a cada estado fenológico, menor fue la producción de granos.

- La línea control tuvo los resultados más bajos en producción y la que demoró más en llegar a madurez de cosecha.

- Finalmente, si este material de ICARDA fuese usado para un programa de mejoramiento, se sugieren dos grupos, uno asociado a altas producciones y ciclos fenológicos cortos, y el otro para potenciar una mayor producción de grano.

CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Banfi, S., 2006. Mercado de lentejas. Artículo ODEPA. <http://www.odepa.cl/articulo/mercado-de-lentejas-3/> (consultado 25 de noviembre 2017).

Bascur, B., 1978. Tekoa: nueva variedad de lenteja resistente a la roya. Informativo Agropecuario 16, 2.

Biçer, B., 2009. The effect of seed size on yield and yield components of chickpea and lentil. African Journal of Biotechnology 8, 1482-1487.

Castroviejo, S., y Pascual, H., 1999. Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares Vol. VII, 622.

Faiguenbaum, H., 1988. Producción de cultivos en Chile: Cereales, leguminosas e industriales. Publicitaria Torreloones, Santiago, Chile.

FAO, y ILSI, 1997. Preventing micronutrient malnutrition, a guide to food-based approaches - Why policy makers should give priority to food-based strategies, ILSI, Estados Unidos.

FAO, 2016. FAO y Ministerio de Agricultura invitan a los chilenos y chilenas a consumir más legumbres. <http://www.fao.org/chile/noticias/detail-events/es/c/420798/> (consultado 24 de noviembre 2017).

FAOSTAT, 2018. FAOSTAT Producción agrícola. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC> (consultado 20 de septiembre 2018).

Faúndez, M., Cerda, R., Pedreros, A., Zapata, N., Palma, J., Fernández., y Cerda, S., 2017. Oportunidades para el desarrollo competitivo de las leguminosas de grano seco en Chile. FIA, Santiago, Chile.

Hancock, J., 2006. Plant evolution and the origin of crop species 2, Wallingford, Oxon, UK.

Hawtin, G., y Saxena, M., 1980. Some recent developments in the understanding and improvement of lentils. LENS 7, 4-5.

ICARDA, 2015. Lentil. <http://www.icarda.org/crop/lentils> (consultado 19 de noviembre 2017).

ICARDA, 2016. Lentil Field Books for IN-18. International Nurseries Data Management System. <http://indms.icarda.org/Field-Books-2017> (consultado 18 de noviembre 2017).

Kumar, S., Barpete, S., Kumar J., Gupta, P., y Sarker, A., 2013. Global Lentil Production: Constraints and Strategies. Artículo técnico anual 17, 1-13.

Kumar, S., Somanagouda, P., Ashutosh, S., Pooran M., y Srinivasan, S., 2016. Extra-early chickpea and lentil varieties for Southeast Asia and East Africa. <http://grainlegumes.cgiar.org/extra-early-chickpea-and-lentil-varieties-for-southeast-asia-and-east-africa/> (consultado 20 de noviembre 2017).

Kumar, S., y Ashutosh, S., 2015. Combating Micronutrient Malnutrition with Biofortified Lentils. ICARDA. Science Matters, India.

Mellado, M., 1991. Cultivo del trigo en los suelos trumaos de la precordillera. INIA, Estación experimental Quilamapu, Chile.

Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), 2012. Consumo aparente de los principales productos en Chile. ODEPA, Ministerio de Agricultura, Santiago, Chile.

Peñaloza, E., Tay, J., y France, A., 2007. Calpún-INIA, Cultivar de Lenteja (*Lens culinaris* Medik.) de Grano Grande y Resistente a Roya. Agricultura Técnica 67, 68-71.

Ramanujam, S., 1975. Genetic diversity, stability and plant type in pulse crops. In Proceedings of the international workshop on grain legumes, ICRISAT, Patancheru, India.

Sepúlveda, R., y Álvarez, A., 1989. Control químico de roya (*Uromyces viciae fabae*) en lenteja (*Lens culinaris* Med.). Agricultura Técnica 49, 309-313.

Solanki, I., Kapoor, A., y Singh, U., 1999. Nutritional parameters and yield evaluation of newly developed genotypes of lentil (*Lens culinaris* Medik.). Departments of Plant Breeding and of Foods and Nutrition, CCS Haryana Agricultural University, Hisar, India.

Tay, U., France, I., y Paredes, C., 2001. Super Araucana-INIA: Una nueva variedad de lenteja (*Lens culinaris* Med.) chilena de grano grande. Agricultura Técnica 61, 385-389.

Tay, U., Paredes, M., y Kramm, V., 1981. Araucana-INIA, Variedad de lenteja de grano grande. Agricultura Técnica 41, Chile, pp. 170.

Tullu, A., Kusmenoglu, I., McPhee, K., y Muehlbauer, F. J., 2001. Characterization of core collection of lentil germplasm for phenology, morphology, seed and straw yields. Genetic Resources and Crop Evolution 48, pp. 143-152.

USDA, 2018. Agricultural Research Service. National Nutrient Database for Standard Reference, Estados Unidos. [http://: www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp](http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp) (consultado 09 de septiembre 2018).

Verghis, T., McKenzie, B., y Hill, G., 1999. Phenological development of chickpeas (*Cicer arietinum*) in Canterbury, New Zealand. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 27, 249-256.

Yadav, S., McNeil, D., y Stevenson, P., 2007. Lentil: An ancient crop for modern times. Springer Science & Business Media, Países Bajos.

Anexo 1: Tabla de producción y componentes de producción.

Nº Linea	Nº vainas	Nº granos	Nº granos por vaina	Nº vainas por planta	Peso vaina (grs)	Peso granos (grs)	Materia seca (grs)	Producción (grs)	Índice de cosecha
1	247,00	258,00	1,06	19,20	11,90	0,04	21,34	8,71	0,28
2	265,67	323,00	1,22	16,60	16,97	0,04	11,67	13,09	0,53
3	309,00	345,67	1,12	23,61	20,74	0,05	14,42	15,26	0,50
4	147,67	191,00	1,31	10,80	10,13	0,03	12,06	5,57	0,30
5	214,67	217,67	1,05	14,18	11,26	0,04	16,75	8,17	0,32
6	247,33	274,00	1,12	17,65	12,24	0,04	13,06	9,08	0,40
7	229,33	240,00	1,05	16,41	11,32	0,04	12,07	8,53	0,41
8	269,33	299,00	1,11	18,41	13,68	0,04	10,38	10,50	0,50
9	240,33	304,00	1,28	16,32	15,53	0,04	18,00	11,93	0,39
10	286,33	285,33	1,00	18,33	17,28	0,05	16,25	12,71	0,44
11	231,33	235,67	1,02	14,76	12,25	0,04	15,31	8,72	0,36
12	256,33	277,67	1,08	16,02	16,84	0,05	15,71	12,67	0,45
13	429,33	579,33	1,36	28,79	26,41	0,03	21,58	19,78	0,47
14	135,33	179,67	1,33	11,25	8,45	0,04	7,12	6,60	0,48
15	170,33	271,33	1,59	12,55	11,74	0,03	11,43	8,31	0,41
16	340,33	418,00	1,23	21,74	21,76	0,04	18,88	16,43	0,46
17	326,33	430,33	1,32	22,04	19,99	0,04	20,44	14,89	0,42
18	130,00	166,67	1,28	9,01	7,61	0,03	11,60	5,18	0,30
19	410,33	468,67	1,13	26,09	21,96	0,04	24,73	16,49	0,40
20	286,00	366,00	1,28	19,59	17,21	0,04	15,03	13,10	0,46
21	238,00	308,67	1,30	14,88	14,67	0,04	13,95	10,74	0,43
22	219,67	229,00	1,05	13,97	12,01	0,04	12,01	9,43	0,44
23	349,33	464,33	1,34	22,35	23,94	0,04	24,91	18,01	0,42
24	276,67	307,33	1,12	17,80	17,26	0,04	17,66	13,49	0,43
25	183,00	215,67	1,19	11,63	10,73	0,03	13,77	6,41	0,31
26	267,00	361,67	1,39	19,49	15,24	0,03	11,00	12,43	0,53
27	305,67	330,00	1,09	19,10	18,27	0,04	18,43	13,19	0,41
28	211,33	234,00	1,12	13,89	14,43	0,05	12,58	11,00	0,46
29	165,33	181,00	1,10	11,81	10,55	0,04	10,55	7,87	0,42
30	385,00	424,00	1,18	26,79	22,27	0,04	24,40	16,48	0,40
31	347,67	477,33	1,37	23,69	19,28	0,03	17,44	14,18	0,44

32	266,00	303,33	1,15	17,36	12,38	0,03	11,67	9,60	0,45
33	275,33	363,33	1,35	19,67	15,56	0,03	22,67	11,75	0,34
34	260,33	342,67	1,33	16,27	14,82	0,03	11,80	10,74	0,47
36	207,67	207,33	1,00	13,32	11,10	0,04	12,67	8,55	0,40
37	341,00	336,33	0,99	21,31	19,02	0,05	16,00	13,94	0,45
38	281,33	362,33	1,29	17,58	20,39	0,04	18,70	15,13	0,44
39	216,33	220,67	1,02	15,11	11,59	0,04	14,79	8,93	0,37
40	343,67	351,33	1,02	21,48	17,42	0,04	20,40	12,60	0,37
41	398,00	450,00	1,13	25,44	25,09	0,05	21,05	19,87	0,48
42	164,00	186,33	1,19	10,50	9,83	0,04	19,56	7,28	0,27
43	220,33	261,67	1,27	13,77	12,92	0,04	17,56	9,63	0,35
44	367,33	445,00	1,21	25,77	20,88	0,04	20,55	15,43	0,42
45	288,67	377,67	1,31	19,02	19,44	0,04	16,54	14,95	0,47
46	204,33	211,00	1,04	14,60	9,65	0,04	12,16	7,31	0,37
47	244,00	289,67	1,19	15,54	14,16	0,04	12,47	10,49	0,45
48	542,33	568,33	1,05	33,90	23,81	0,03	25,83	17,79	0,41
49	320,00	348,67	1,11	20,87	14,20	0,03	13,27	10,92	0,45
50	320,00	349,67	1,08	20,00	15,16	0,03	15,98	11,63	0,42
51	275,33	299,00	1,06	20,03	12,07	0,03	19,61	8,45	0,30
52	255,67	334,33	1,33	16,20	12,44	0,03	15,56	9,51	0,37
53	208,67	224,00	1,07	13,96	11,02	0,04	14,95	6,75	0,29
54	284,67	286,00	1,01	18,09	16,40	0,04	17,10	12,27	0,41
55	180,67	211,33	1,20	11,86	12,09	0,04	11,86	9,15	0,43
56	242,33	294,67	1,24	15,15	17,01	0,05	18,87	13,08	0,40
57	187,67	204,67	1,09	14,00	11,41	0,04	12,60	8,49	0,40
58	299,33	330,67	1,14	19,01	17,15	0,04	19,10	12,41	0,38
59	292,00	343,33	1,16	18,67	18,50	0,04	20,12	12,98	0,38
60	160,67	177,33	1,11	10,04	9,22	0,04	8,91	6,33	0,40
61	247,33	257,33	1,04	15,46	12,65	0,03	22,10	8,41	0,27
62	385,33	500,00	1,30	25,73	21,86	0,03	19,78	15,62	0,43
63	222,33	253,00	1,14	13,90	10,21	0,03	16,75	7,82	0,32
64	264,33	326,00	1,24	16,52	14,42	0,03	17,23	9,56	0,34
65	193,00	239,00	1,26	12,48	11,26	0,04	8,24	8,74	0,51
66	479,67	584,00	1,22	29,98	21,52	0,03	19,17	15,41	0,44
67	177,00	206,33	1,16	11,57	11,13	0,04	11,22	8,45	0,43
68	229,00	264,67	1,16	15,29	13,68	0,04	14,58	9,97	0,40
69	250,67	334,67	1,34	16,52	16,07	0,04	17,53	11,87	0,40
CONTROL	105,67	115,00	1,09	6,60	7,68	0,04	23,66	4,47	0,16

Anexo 2: Tabla de fenología.

Nº Linea	Emergencia 50% (DDS)	Plantas con flor (50%) DDS	Plantas con vaina (50%) DDS	Cosecha (DDS)
1	8,00	52,00	63,00	77,00
2	5,00	41,67	49,67	67,00
3	8,00	40,00	47,33	72,33
4	8,00	45,00	52,00	71,67
5	6,33	45,00	54,33	73,00
6	6,00	43,33	52,00	70,67
7	7,00	49,67	54,33	67,67
8	6,00	41,67	47,33	66,67
9	5,00	45,00	56,67	72,67
10	6,00	40,00	47,33	67,00
11	5,00	40,00	47,33	68,67
12	6,00	40,00	45,00	63,00
13	5,00	43,33	49,67	70,00
14	5,00	40,00	45,00	64,00
15	5,00	40,00	45,00	71,33
16	7,00	45,00	52,00	67,67
17	7,00	45,00	54,33	67,67
18	8,00	52,00	56,67	70,33
19	7,00	52,00	56,67	69,67
20	7,00	41,67	47,33	67,67
21	6,00	40,00	47,33	66,00
22	6,00	47,33	54,33	66,33
23	5,00	52,00	54,33	67,00
24	7,00	43,33	52,00	65,67
25	10,00	41,67	49,67	73,33
26	6,00	40,00	45,00	71,00
27	10,00	41,67	47,33	74,33
28	10,00	45,67	52,00	71,00
29	10,00	41,67	49,67	71,00
30	7,00	47,33	54,33	68,33
31	5,00	41,67	47,33	69,33
32	8,00	41,67	47,33	61,67
33	8,00	49,67	54,33	71,67

34	7,00	41,67	49,67	64,67
36	8,00	44,53	54,33	75,67
37	6,00	40,00	49,67	70,00
38	7,00	41,67	47,33	65,67
39	8,00	47,33	54,33	70,33
40	5,33	41,67	47,33	69,67
41	6,00	41,67	47,33	69,00
42	6,33	52,00	56,67	74,00
43	6,00	43,33	52,00	72,67
44	6,00	41,67	49,67	68,33
45	5,67	40,00	47,33	66,33
46	8,00	45,00	52,00	72,33
47	7,00	42,62	47,33	67,67
48	6,33	45,00	52,00	64,33
49	5,00	45,00	52,00	68,00
50	6,33	41,67	52,00	72,33
51	7,00	52,00	59,00	70,67
52	11,00	47,33	54,33	68,33
53	8,00	49,67	56,67	75,00
54	11,00	47,33	54,33	71,00
55	6,33	41,67	49,67	68,33
56	6,00	45,00	49,67	70,67
57	6,33	43,33	52,00	73,67
58	6,00	43,33	52,00	71,67
59	5,00	45,00	49,67	68,33
60	6,00	43,33	52,00	71,67
61	8,00	45,00	56,67	72,33
62	5,00	43,33	49,67	67,67
63	8,00	47,33	54,33	68,33
64	6,00	43,33	52,00	71,00
65	5,33	55,51	45,00	63,00
66	4,33	43,33	47,33	68,33
67	7,00	45,67	49,67	66,33
68	7,00	47,33	49,67	69,67
69	4,33	49,67	61,00	67,67
CONTROL	5,00	54,33	65,00	80,00

Anexo 3: Tabla de granos inmaduros.

Nº Linea	Granos inmaduros (%)	Granos inmduros (grs)
1	6,54	0,57
2	1,17	0,15
3	4,50	0,69
4	12,02	0,67
5	5,18	0,42
6	6,17	0,56
7	0,98	0,08
8	1,21	0,13
9	4,36	0,52
10	1,57	0,20
11	5,74	0,50
12	0,26	0,03
13	2,04	0,40
14	0,50	0,03
15	6,06	0,50
16	1,30	0,21
17	3,63	0,54
18	9,34	0,48
19	2,93	0,48
20	1,07	0,14
21	2,95	0,32
22	0,00	0,00
23	1,37	0,25
24	0,00	0,00
25	7,44	0,48
26	0,59	0,07
27	1,84	0,24
28	4,27	0,47
29	1,95	0,15
30	3,22	0,53
31	3,17	0,45
32	0,00	0,00
33	3,60	0,42
34	0,68	0,07
36	4,17	0,36
37	8,66	1,21

38	3,44	0,52
39	3,69	0,33
40	6,69	0,84
41	2,38	0,47
42	3,25	0,24
43	4,36	0,42
44	6,20	0,96
45	1,14	0,17
46	4,29	0,31
47	2,35	0,25
48	0,00	0,00
49	0,67	0,07
50	3,35	0,39
51	6,66	0,56
52	3,15	0,30
53	19,75	1,33
54	4,81	0,59
55	0,91	0,08
56	2,88	0,38
57	4,40	0,37
58	7,36	0,91
59	5,91	0,77
60	10,64	0,67
61	5,31	0,45
62	5,80	0,91
63	1,66	0,13
64	13,77	1,32
65	0,00	0,00
66	2,38	0,37
67	0,00	0,00
68	5,82	0,58
69	0,90	0,11
CONTROL	13,13	0,59
Promedio	4,02	0,40

Anexo 4: Origen y pedigrí de las líneas de lenteja utilizadas.

Número de línea	Pedigrí	Origen
1	ILL8595 x ILL8009	ICARDA
2	-	
3	RL-12 x sel 88527	ICARDA
4	ILL7978 x ILL10096	ICARDA
5	ILL1005 x ILL7012	ICARDA
6	ILL8194 x ILL8006	ICARDA
7	ILL10158 x ILL10074	ICARDA
8	ILL10158 x ILL10074	ICARDA
9	-	
10	-	
11	ILL6037 x ILL7012	ICARDA
12	ILL590 x ILL5883	ICARDA
13	ILL 5888 x ILL 6002	ICARDA
14	-	
15	ILL 590 x ILL 7723	ICARDA
16	ILL 7620 x ILL 9836	ICARDA
17	ILL 7620 x 91517	ICARDA
18	L 7718	ICARDA
19	ILL 8090 x ILL 7980	ICARDA
20	ILL 7537 x ILL 590	ICARDA
21	ILL590 x ILL7979	ICARDA
22	ILL7617 x ILL5883	ICARDA
23	Precoz	ICARDA
24	ILL6212 x ILL1005	ICARDA
25	ILL590 x ILL7979	ICARDA
26	ILL5725 x ILL8194	ICARDA
27	Jordanian local race	ICARDA
28	ILL5480 x ILL9890	ICARDA
29	ILL590 x ILL5883	ICARDA
30	ILL 4349 x ILL 4605	ICARDA
31	-	
32	ILL9882 x ILL6994	ICARDA
33	78S26013 from ILL16	ICARDA
34	ILL8194 x ILL9890	ICARDA
36	ILL6212 x ILL1005	ICARDA
37	LC006600899Z x ILL6002	ICARDA

38	ILL5883 x ILL6458	ICARDA
39	sel 88527 x Subrata	ICARDA
40	ILL6037 x ILL7012	ICARDA
41	LC006600899Z x ILL6002	ICARDA
42	ILL4959 x L-4147	ICARDA
43	ILL8010 x RL-12	ICARDA
44	ILL7012 x ILL6994	ICARDA
45	ILL5883 x ILL6458	ICARDA
46	ILL7980 x sel 89517	ICARDA
47	ILL1005 x ILL8006	ICARDA
48	RL-12 x sel 88527	ICARDA
49	ILL7617 x ILL5883	ICARDA
50	ILL88527 x Subrata	ICARDA
51	ILL7155 x ILL8006	ICARDA
52	ILL6994 x ILL5725	ICARDA
53	ILL7940 x ILL5883	ICARDA
54	ILL6212 x ILL1005	ICARDA
55	VLMasoor507	ICARDA
56	ILL8072 x ILL8114	ICARDA
57	ILL5883 x ILL6458	ICARDA
58	ILL 7537 x ILL 590	ICARDA
59	ILL590 x ILL4404	ICARDA
60	ILL9942 x ILL7164	ICARDA
61	ILL6212 x ILL6994	ICARDA
62	ILL7978 x ILL10956	ICARDA
63	ILL 5588 x ILL 99	ICARDA
64	ILL 5888 x ILL 6002	ICARDA
65	Turkish land race NEL 590	ICARDA
66	ILL 7537 x ILL 590	ICARDA
67	ILL 7620 x ILL 9836	ICARDA
68	ILL 7620 x 91517	ICARDA
69	ILL 16 selection	ICARDA
CONTROL	-	Chile
