EL CULTIVO DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) EN ARGENTINA





Editores:
Julia Carreras
Vilma Mazzuferi
Marcos Karlin

EL CULTIVO DE GARBANZO EN ARGENTINA

Julia Carreras, Vilma Mazzuferi y Marcos Karlin
Editores

Editores: Julia Carreras, Vilma Mazzuferi y Marcos Karlin.

Autores: Beatriz Almada Ackermann, Roxana Aguilar, Julio César Albrecht, Gabriela Alemanno, María José Allende, Norma Ateca, Susana Ávalos, Raúl Badini, Verónica Beltramini, Elvio Biderbost, Susana Bologna, Marcelo Cantarero, Daniel Caramello, Julia Carreras, Rafael Castro, Mariano Cavenio, Patricia Cisternas, Rubén Coirini, Norma Collavino, Jorge Cosiansi, Eleonora Dragneff Mortcheff, Clara Espeche, Ana Fekete, Patricia Fichetti, Marcela Fili, Susana García Medina, Manuel Garzón, Myrian Giorgetti, Juan Godoy, Liliana Gray, Joel Guillen, Sergio Hayipanteli, Marcela Inga, Marcos Karlin, Sandra Kopp, Daniela Livolsi, Sergio Luque, Ricardo Maich, Carla Marioli Nobile, María José Martínez, Vilma Mazzuferi, María Laura Moscardó, Adolfo Oliva, Fernando Orecchia, Diego Osés, Claudio Pastrana Panadero, Alejandro Perticari, Mariana Pocovi, Adrián Poletti, Ricardo Ré, Julieta Reginatto, Elizabeth Rojas, Mauro Rosso, Alberto Saluzzo, Mario Scarafiocca, Gabriela Segovia, Margarita Sillón, Mercedes Silva, Enrique Sosa, Marcos Taborda, Rubén Toledo, Mariano Toscano, Daniel Tubelo, Alfredo Tula, Gloria Viotti y Oscar Vizgarra.

Correctores: Julia Carreras, Vilma Mazzuferi, Marcos Karlin y Elvio Biderbost.

Diseño y diagramación de tapa y contratapa: Norma Ateca y Facundo Coirini Carreras.

Carreras, Julia
El cultivo de garbanzo en Argentina/Julia Carreras; Vilma Mazzuferi; Marcos Karlin; editado por Julia Carreras; Vilma Mazzuferi; Marcos Karlin. -1a ed.-
Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2016.
567 p.; 23 x 16 cm.

ISBN 978-950-33-1251-3

1. Cultivo. 2. Nutrición. 3. Agronomía. I. Carreras, Julia, ed. II. Mazzuferi, Vilma, ed. III. Karlin, Marcos, ed. IV. Título.
CDD 633.37

Queda hecho el depósito que marca la Ley 11.723
Todos los derechos reservados.
Prohibida su reproducción total o parcial, así como su traducción, almacenamiento y transmisión por cualquier medio, sin consentimiento previo, expreso y por escrito; de los depositarios legales de la obra.
Impreso en Argentina.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que sumaron tiempo, dedicación y esfuerzo en cada una de las tareas realizadas con garbanzo, desde la más simple a la más compleja. Ellos compartieron una acción integrada de mejora en la especie y de formación de recursos humanos. A todos ellos y a los que nos acompañaron en forma anónima, muchas gracias.

Un agradecimiento especial a Barreda, Miguel; Barrionuevo, Clara; Belis, Fernanda; Belis, Juan Pablo; Beluatti, Gustavo; Berberena, Clemencia; Bielkiewicz, Eduardo; Bravo, Carlos; Braun, Marco; Brusa, Jeremías; Caballero, Jimena; Capdevilla, Nancy; Cobelas, Pablo; Coronel, Gonzalo; Coronel, Ramón; Cuadrado, Victorino; Crespo, Josefina; Dávila, Daniela; Dequino, Sergio; Di Rienzo, Julio; Felicetti, Julieta; Figueroa, Ignacio; Hansen, Lucas; Ibáñez, Marcos; López, Ramón; López, Gastón; Loyola, María; Luque, Alicia; Manzur, Cristian; Manzur, Sebastián; March, Guillermo; Martín, Cecilia; Masgrau, Ariel; Molina Morra, Sebastián; Navarro de la Fuente, Laura; Neme, Fernando; Oliva, Pedro; Orecchia, Eduardo; Paganí, Marcos; Pividore, Agustina; Quiroga, Gabriela; Ramos, Cecilia; Reznikov, Nicolás; Rocchia, Nicolás; Rodríguez, Juan; Rodríguez, María Inés; Rosso, Estefanía; Ruiz, Pedro; Sagadin, Monica; Sola, Juan Domingo; Tealdi, Joaquin; Turcatto, Mauricio; Vargas Gil, Silvina, y von Muller, Axel.

PRÓLOGO

Una mirada por el índice y las páginas de este libro no sólo refleja el mundo tecnológico-productivo y biológico de una especie, el garbanzo (*Cicer arietinum* L.), sino que rinde homenaje al conocimiento en todo su esplendor y retrotrae a una historia inevitable, en la cual el principal protagonista es el Hombre y las Instituciones.

Nos iniciábamos hace tiempo en la plenitud de proyectos e ideales universitarios, con toda la necesaria ignorancia, a explorar desde la disciplina fitotécnica y del manejo del cultivo, las legumbres secas invernales y entre ellas el garbanzo. Formando parte de un equipo de profesionales de la Universidad Nacional de Córdoba, la Universidad Nacional de Salta y del Centro Regional INTA Salta-Jujuy, se retomaban investigaciones en el cultivo cuando, previamente en el ex Instituto de Ciencias Agronómicas (hoy Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC), en la década del 70 y gran parte del 80, los Ing. Agr. Elvio Biderbost, Julia Carreras y otros investigadores, ya habían realizado estudios y avances en mejora genética, a partir de poblaciones que se identificaban como "Sauco" y que *a posteriori*, dieron la base y origen, por selección o hibridación, a nuevos cultivares, entre ellos el primer cultivar registrado en Argentina: "Chañaritos S-156". También por la década del 80', el Ing. Agr. Héctor Salto de la Facultad de Ciencias Agrarias de Jujuy, realizaba estudios en poblaciones heterogéneas, con fines de selección.

Reunir y caracterizar agronómicamente germoplasma de diverso origen geográfico y genético fue una de las primeras actividades en Salta, así fue que se llevó a cabo la introducción y evaluación de materiales del Programa Internacional Cooperativo de ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics de Hyderabad, India), en los ciclos agrícolas 1979/80/81/82/83, continuando, y con la misma finalidad, con el Programa Internacional Cooperativo de ICARDA (International Center for Agricultural Research in Dry Areas de Aleppo, Siria), mediante el Programa "Food Legume Improvement", en 1984/85/86/87. Desde esas colecciones, nos sorprendimos con la gran variabilidad genética de la especie, los "Kabuli", para designar a los de pericarpio en tonalidades blancas, de

grano mediano a grande, y los "Desi" para los de distintos colores y pequeños. Aprendimos a utilizar los hasta ese momento desconocidos o no recordados Diseños Estadísticos Aumentativos (Augmented Designs).

Por los años 1992/93/94 se impulsó formalmente el trabajo interinstitucional a través de un Convenio entre la Universidad Nacional de Córdoba (Facultad de Ciencias Agropecuarias), el Centro Regional INTA Salta-Jujuy y la Facultad de Ciencias Naturales de la UNSa (Escuela de Agronomía), para desarrollar investigaciones en el área de mejoramiento genético y desarrollo de variedades comerciales en el cultivo de garbanzo, obteniéndose entre los primeros resultados la difusión de prácticas culturales y comercialización hacia el sector productivo en Salta. Por medio de la Cooperadora del INTA se produjeron 10 TM de semilla identificada de garbanzo de la variedad "Chañaritos S-156", que fuera probada por el INTA en las zonas de regadío de Salta, Jujuy y Tucumán, selección que se caracterizó por su mejor calidad y tamaño de grano, uniformidad de ciclo, gran rusticidad, rendimiento, tolerancia a frío y a *Fusarium sp*.

En una segunda etapa y a través del programa de hibridación de la UNC, se desarrolló un nuevo cultivar, producto de cruzamientos entre la línea selecta S-159 y un genotipo Mexicano, generándose por selección genealógica el cultivar "Norteño", de calidad exportable (especialmente para España y otros países europeos), con tolerancia a frío, al complejo de hongos de suelo, de alta calidad, rendimiento, y adecuada arquitectura de planta.

Paralelamente se fueron desarrollando nuevas tecnologías de manejo del cultivo, que acompañaran las bondades de las nuevas variedades. El Ing. Agr. Claudio Panadero Pastrana, la Ing. Agr. Susana García Medina y su equipo desde INTA, la Ing. Agr. Norma Graciela Collavino (UNSA), junto al equipo de la UNC, trabajaron en experimentación adaptativa que permitió incorporar con eficacia la siembra directa para amplias zonas del Centro y NOA, constituyéndose Argentina en pionera en el mundo en la materia para este cultivo, compitiendo con Australia en rendimiento y en calidad con México. La siembra directa significó un avance tecnológico que estimuló la expansión del área sembrada de manera sostenida y

creciente, con rendimientos que pasaron de 500 a 2000 kg/ha, impactando sin dudas en las economías regionales.

Como consecuencia, la superficie y producción de garbanzo en Argentina fue cambiando en menos de 10 años con dos Provincias pioneras en el tema como fueron Salta y Córdoba, a las que se sumaron otras. Las perspectivas de expansión en ambas Provincias son promisorias para abastecer el mercado interno y tratar de aprovechar ventajas competitivas en el mercado internacional, cuya producción mundial se estima en 10-12 millones de TM y de las cuales solo el 10% entra en ese mercado que es complejo y en el cual no hay precios de referencia. Se estima que la mayor superficie potencial actual, con las fluctuaciones causadas por las variaciones de los precios, puede alcanzar, con las demás provincias productoras, más de 60.000 ha, superficie que está asociada al logro de variedades de calidad para exportación, a prácticas culturales adecuadas y a la adopción de la siembra directa.

Desde el 2007 en adelante, la UNC y el INTA continuaron con el programa de evaluación y selección de líneas provenientes del programa de hibridación, con la finalidad de seguir liberando variedades comerciales que perfeccionaran los principales rasgos genéticos de sus predecesoras en cuanto a rendimiento, calidad, arquitectura de planta, tolerancia a frío y a *Fusarium* sp., con adaptación a distintas condiciones agroecológicas, tal como ocurrió con "Felipe UNC- INTA" y "Kiara UNC- INTA", que han superado en rendimiento y calidad de grano, y que junto con tecnologías innovadoras, permitieron que el cultivo se constituyera en una opción invernal altamente tecnificada en cuanto a la disponibilidad de cultivares, tecnologías de manejo y desarrollo a nivel regional. Al mismo tiempo que se puso énfasis a la producción de semilla de calidad para el productor, se han aprovechado las ventajas de los climas templados y secos durante el periodo abril-noviembre de algunas zonas del NOA, que no resultan proclives a la "rabia" (enfermedad fúngica causada por *Ascochyta rabiei*), lo que les permite ser productoras de semillas de alta sanidad.

Este libro es un tratado amplio sobre el cultivo del garbanzo, que abarca todos sus aspectos y en el cual han participado y contribuido calificados especialistas. Puede constituirse en un manual de consulta

accesible para productores, técnicos, extensionistas, investigadores y estudiantes, sobre una especie de grano invernal.

La colaboración interinstitucional ha dado lugar al fortalecimiento de la capacidad de investigación y la transferencia tecnológica, muy eficaz como estrategia integrada para aumentar y diversificar la producción.

Esa prospectiva con la que se trabajó permitió construir la actual realidad de un cultivo que pasó a ser una alternativa de diversificación rentable y estable que aporta al producto bruto interno de las economías regionales y a la sostenibilidad de la producción, aportando al consumo interno y externo.

Vaya a través de estas reflexiones, el reconocimiento a quienes, sobre la base de la investigación, del conocimiento y de las convicciones, trabajaron con tesón, esfuerzo y continuidad, no sin limitaciones o dificultades, que supieron sortear con la sabiduría de la generosidad, que da sentido al trabajo en equipo, con innovación, con estrategias, para desarrollar los objetivos propuestos.

Perspectivas y nuevos desafíos

Actualizar de manera continua, mediante el conocimiento de la economía y mercados, el encadenamiento de la producción a nivel regional, las redes y las cadenas globales, para conservar el mercado exportador accesible para Argentina, son los desafíos hacia el futuro. También lo son continuar liberando variedades que amplíen la base genética del cultivo, complementando técnicas biotecnológicas que vayan adicionando características que potencien de manera creciente, el fondo genético logrado en los actuales cultivares. Esto debe hacerse bajo un concepto de sostenibilidad, donde la ecuación entre las capacidades humanas sobre la tecnología y la ciencia sea igual o mayor que uno.

Ing. Agr. Liliana N. Gray
Profesora de Mejoramiento Genético Vegetal
F.C.N. (UNSa)-FCA (UNJu)

"El científico no tiene por objeto un resultado inmediato. Él no espera que sus ideas avanzadas sean fácilmente aceptadas. Su deber es sentar las bases para aquellos que están por venir y señalar el camino".

Nikola Tesla

PRESENTACIÓN

El Programa Transferencia de Resultados de Investigación y Comunicación Pública de la Ciencia (PROTRI), de la Secretaría de Ciencia y Tecnología del Gobierno de la Provincia de Córdoba, financió la realización del libro *El cultivo de garbanzo en Argentina* con el objeto de promover la transferencia de resultados, experiencias o saberes entre las áreas del sector social y productivo para una mejor calidad de vida.

Para la ejecución de esta obra han sido convocados técnicos e investigadores de las Ciencias Agropecuarias, Biológicas y Económicas, quienes en una forma clara y sencilla, aunque no menos consistente, ponen a disposición del lector sus experiencias adquiridas a lo largo de varios años de trabajo.

El desarrollo de los diferentes temas se realiza a través de dieciséis Capítulos que abarcan desde la domesticación de *Cicer* y su llegada a la Argentina (Capítulo 1), pasando por el estudio morfológico de las diferentes partes de la planta en relación a los cultivares locales (Capítulo 2), además del manejo del suelo y sus nutrientes, en cuanto a requerimientos edáficos en los sistemas productivos (Capítulo 3). También se contempla el análisis de la influencia de los diversos factores ambientales para la determinación de zonas productivas (Capítulo 4). En el Capítulo 5 se hace referencia a la ecofisiología del cultivo, sus requerimientos en las diferentes etapas fenológicas, y cuándo y cómo se expresan en los cultivares. Un tema de indudable importancia para las leguminosas en general, y para el garbanzo en particular, es la simbiosis con las bacterias fijadoras de nitrógeno y su influencia en la productividad, el cual se desarrolla en el Capítulo 6.

La mejora genética en el país es abordada en el Capítulo 7, donde se exponen sus inicios, desarrollo, disponibilidad de recursos, bondades y potencial del germoplasma disponible.

A lo largo del ciclo biológico de la planta, el cultivo es visitado por insectos e infectado por hongos. Identificarlos y conocer sus ciclos biológicos y comportamientos es un aspecto importante para

seleccionar las medidas de manejo y control más adecuadas (Capítulos 8 y 9).

Quizás pocos sepan que el volumen de semilla genética de un cultivar, alcanza sólo unos pocos gramos (alrededor de 20). Para llevar este pequeño volumen a toneladas, se requiere del trabajo y tesón de investigadores, fitomejoradores y productores. Resultado de ese esfuerzo es la difusión de los seis cultivares obtenidos en el país, y se sigue trabajando para lograr nuevos materiales que se adapten a las diversas áreas y sistemas de producción (Capítulo 10).

El desarrollo de los diferentes cultivares, que dan lugar a diversas arquitecturas de plantas, sumado a la adopción de diversos sistemas de producción, hace que el tema de la mecanización ocupe un lugar importante. Maquinas pequeñas y grandes intervienen en las etapas de siembra y de cosecha tratando de lograr la mayor eficiencia posible y un producto de calidad (Capítulo 11).

Un cuello de botella para la expansión del cultivo es su comercialización, tanto para consumo interno como externo. En el Capítulo 12 se analizan los diferentes mercados y la necesidad de lograr un producto rentable de alta calidad, para mercados muy diversos.

En el Capítulo 13 se hace un recorrido por las diferentes Provincias que actualmente producen garbanzo. Sus autores comentan como se incorporó el cultivo a los sistemas productivos de la región, sobre posibilidades y limitaciones, manejos y potencial de rendimiento, entre otros aportes.

Los Capítulos 14 y 15 presentan dos temas de relevancia actual: la composición química del grano y las posibilidades de brindar valor agregado a éste, aspectos reforzados en la última década por el auge de las tendencias que promueven un nuevo estilo de vida y una alimentación sana, con alimentos naturales, bajos en grasa y con un buen balance nutricional.

En el último Capítulo (16) se presentan experiencias de investigación en las que se utilizó al garbanzo como materia prima o como sustrato para diversas experimentaciones. La interacción docente-investigador-alumno permitió que vieran la luz diversos trabajos que, además de la formación de recursos humanos, brindan

una información útil y novedosa al incursionar en temas tales como manejo de fechas de siembra, riego, alimento para pollos, cerdos y abejas.

Estimado lector, tiene en sus manos un libro que es una invitación a un viaje con dieciséis estaciones. En cada una de ellas encontrará información sobre el cultivo del garbanzo en la Argentina. Estos datos fueron obtenidos por docentes, investigadores, productores, estudiantes que trabajaron y siguen trabajando para aportar al conocimiento del cultivo en nuestro país, bajo la realidad local y el contexto regional, ya que la mayoría de los trabajos y publicaciones son de origen extranjero y la aplicación de muchas de las tecnologías de manejo requieren una correcta adaptación y validación. Esperamos que este libro, además de serle útil, pueda ser disfrutado, sintiendo la pasión y el entusiasmo de cada uno de los autores por brindar y compartir sus conocimientos y logros.

Los Editores

ÍNDICE

Agradecimientos		5
Prologo		7
Presentación		13
Capítulo 1	DOMESTICACIÓN DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L). SU INTRODUCCIÓN EN ARGENTINA. E. Biderbost	19
Capítulo 2	ESTUDIO MORFOLÓGICO. N. Ateca y V. Beltramini	39
Capítulo 3	MANEJO DE SUELO. M. Karlin	57
Capítulo 4	EL CULTIVO DE GARBANZO Y LOS FACTORES DEL AMBIENTE. J. Saluzzo	77
Capítulo 5	ECOFISIOLOGIA DE GARBANZO. R. Toledo	89
Capítulo 6	LAS BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO. S. Kopp y A. Perticari	115
Capítulo 7	MEJORA GENÉTICA DEL GARBANZO	135
Sección 1	PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.). FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. Periodo 1970-1988. E. Biderbost	135
Sección 2	PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.). LABOR INTERINSTITUCIONAL E INTERDICIPLINARIA. Periodo 1988-2015. J. Carreras, M. J. Allende, E. Rojas y S. Bologna	179
Sección 3	PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.). LABOR INTERINSTITUCIONAL E INTERDICIPLINARIA. Periodo 1990-2015. S. García Medina, A. Fekete, M. J. Allende y J. Carreras	215
Sección 4	UTILIZACIÓN DE MARCADORES MOLECULARES EN UN PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.). M. Pocovi y N. Collavino	225
Capítulo 8	INSECTOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE GARBANZO. D.S. Avalos, P. Fichetti, M. Moscardó y V. Mazzuferi	233
Capítulo 9	SANIDAD DEL CULTIVO DE GARBANZO: ENFERMEDADES DE ORIGEN FÚNGICO. M. Sillon y G. Viotti	251
Capítulo 10	PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE GARBANZO. J. Reginatto, M. Toscano, R. Castro y J. Carreras	271
Capítulo 11	MECANIZACIÓN EN EL CULTIVO DEL GARBANZO. J. Cosiansi, R. Coirini, J. Godoy, S. Hayipanteli	293
Capítulo 12	EL COMERCIO DE GARBANZO	321
Sección 1	EL MERCADO MUNDIAL DE GARBANZO. J. Garzón	321
Sección 2	EL CULTIVO DE GARBANZO, UNA OPORTUNIDAD PARA ARGENTINA. D. Tubelo, M. Giorgetti y C. Panadero Pastrana	343
Capítulo 13	EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA	361
Sección 1	SALTA. A. Fekete y S. García Medina	363
Sección 2	TUCUMÁN. C. Espeche y O. Vizgarra	371
Sección 3	CATAMARCA. G. Alemanno	377

Sección 4 SAN LUIS. F. Orecchia 385
Sección 5 LA PAMPA-RIO NEGRO. R. Re 391
Sección 6 BUENOS AIRES. A. Poletti 399
Sección 7 SANTA FE. J. Albrecht 417
Sección 8 CÓRDOBA. J. Carreras, M. Rosso y M. Scaraffioca 425
Capítulo 14 CALIDAD DE GRANO, VALOR NUTRICIONAL Y RECETAS. M. J. Martínez, C. Marioli, M. Silva, R. Aguilar, R. Badini, M. Inga, M. Fili y M. J. Allende 439
Capítulo 15 GARBANZO: AGREGADO DE VALOR Y DESARROLLO COMERCIAL A PARTIR DE LA INVESTIGACION. B. Almada Ackermann 457
Capítulo 16 FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS 469
Sección 1 EL GARBANZO EN EL CAMPO ESCUELA. R. Maich 471
Sección 2 EVALUACIÓN DE DOS FECHAS DE SIEMBRA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN EN TRES CULTIVARES EN JAULA DE CRÍA. R. Castro 475
Sección 3 EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA EN LÍNEAS DE GARBANZO TIPO MEXICANO CON RESPECTO A RENDIMIENTO Y TAMAÑO DE GRANO. J. Guillén 479
Sección 4 RESPUESTA NUTRICIONAL DE POLLOS PARRILLEROS A LA INCLUSIÓN DE GARBANZO EN SUS DIETAS. M. Cavenio, D. Caramello y D. Livolsi 483
Sección 5 INCLUSIÓN DE GARBANZO EN LA PRODUCCIÓN DE CERDOS. M. Taborda y D. Caramello 489
Sección 6 EXPERIENCIA DEL USO DE HARINA DE GARBANZO COMO COMPLEMENTO DIETARIO PROTÉICO EN COLONIAS DE ABEJAS (*Apis mellifera* L.). D. Osés, E. Sosa, P. Cisternas, M. Cavenio y D. Livolsi 495
Sección 7 PRODUCCIÓN DE GARBANZO EN LA RIOJA, CON UTILIZACIÓN DE RIEGO POR GOTEO. A. Oliva y G. Segovia 501
Sección 8 ESTRATEGIAS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE GARBANZO: EFICIENCIA DE CAPTURA Y USO DE LA RADIACIÓN Y AGUA, PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO. A. Tula, E. Dragneff Mortcheff, S. Luque y M. Cantarero 505
Láminas color 523
Autores 557
Financiación de la obra 565

CAPÍTULO 1

DOMESTICACIÓN DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L). SU INTRODUCCIÓN EN ARGENTINA.

Elvio B. J. Biderbost

Introducción

En términos generales, la domesticación es un proceso evolutivo que involucra cambios genéticos asociados a características morfológicas, fisiológicas y de comportamiento en poblaciones de plantas seleccionadas por el hombre, respecto a las poblaciones silvestres de las cuales se originan (27, 29).

En este proceso, interviene la selección artificial como fuerza evolutiva principal, favoreciendo la supervivencia y reproducción de las plantas que presentan características ventajosas para los seres humanos; esto es, individuos con mejores características para ser utilizados como alimento, medicina u otros usos (27).

Aunque la domesticación está "dirigida" principalmente por la selección artificial, la selección natural puede seguir influyendo en la evolución de las plantas durante dicho proceso.

El garbanzo *Cicer arietinum* L., es un especie anual, autógama y diploide 2n=2x=16; pertenece al género *Cicer,* tribu Cicereae*,* subfamilia Papilionoideae*,* familia Fabaceae (34, 57, 58). El género *Cicer*, comprende 44 especies incluyendo a la única cultivada (*C. arietinum*), 9 anuales y 35 perennes, que tienen su centro de diversidad en el suroeste de Asia, con algunas especies endémicas en Marruecos e Islas Canarias (57, 59).

La estricta autogamia de *C. arietinum* (8, 45), conlleva a que las mutaciones espontaneas sean la principal vía para que se genere variabilidad genética de manera natural.

Con la finalidad de contribuir al mejoramiento genético de la especie cultivada mediante cruzamientos interespecificos del género *Cicer*, se agrupan a las especies silvestres anuales por su afinidad genética con la especie cultivada, en los complejos génicos: GP1 a y b, GP2 y GP3 (60), en base al criterio de complejos génicos primarios, secundarios y terciarios (28), y a otros aportes complementarios (30, 33, 34),

El complejo génico GP1a solo incluye a *C. arietinum* L. (variedades locales y cultivares), el GP1b comprende a las especies *C. reticulatum* Ladiz. y *C. echinospermum* P.H. Davis, de las que se pueden obtener híbridos fértiles con la especie cultivada (33, 34). El complejo GP2 agrupa a las especies *C. judaicum* Boiss., *C. pinnatifidum* Jaub. et Spach. y *C. bijugum* Rech. f., con problemas de esterilidad para la obtención de híbridos fértiles con *C. arietinum* (51). El complejo GP3 incluye a las especies *C. chorassanicum* (Bge.) M. Pop.; *C. yamashitae* Kitamura y *C. cuneatum* Hochst. ex A. Rich., con fuerte incompatibilidad para la obtención de híbridos con *C. arietinum*,, y mucho más "alejadas" las 34 especies perennes (4), que no se consideran en el dendrograma de la Figura 1.1.

En el año 1975 se informó el descubrimiento de la especie silvestre *Cicer reticulatum* Ladiz. en el sureste de Turquía (30), y su gran similitud genética con la especie cultivada (33, 34). Estos aportes fueron de fundamental importancia para avanzar en el conocimiento del origen genético, centro de origen y proceso de domesticación del garbanzo.

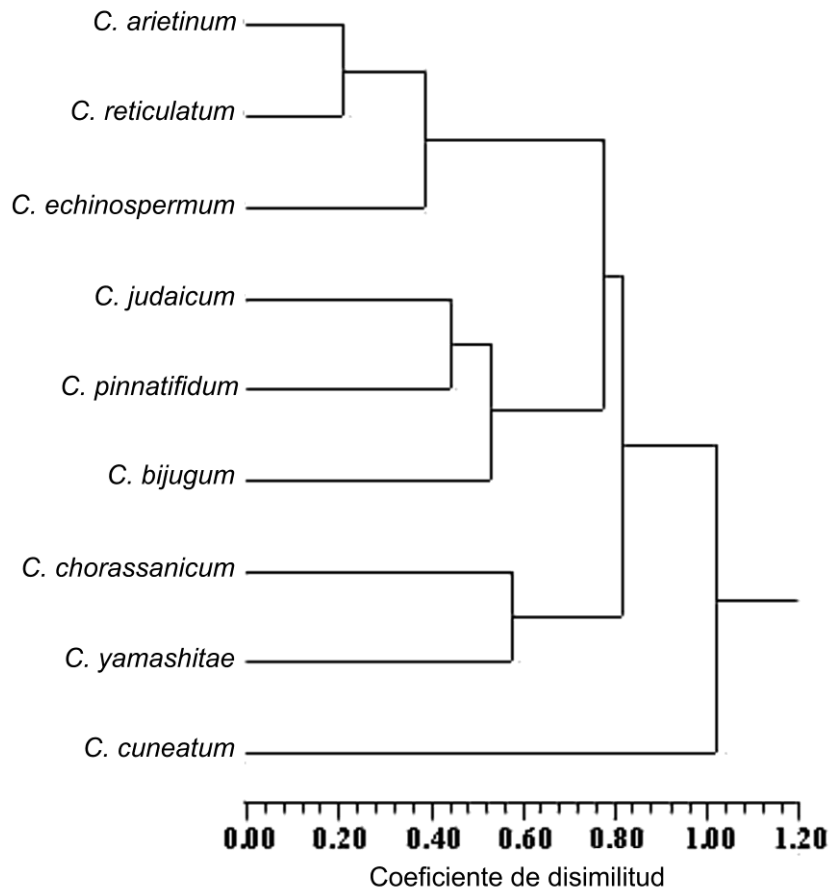


Figura 1.1: Coeficientes de disimilitud entre las especies anuales conocidas del género Cicer*. Fuente: Choumane (20).*

Origen genético y centro de origen

En yacimientos arqueológicos en el noroeste de Siria y sureste de Turquía (IX -VIII milenios aC), se encontraron los mas antiguos especímenes de semillas bien conservadas de *C. arietinum* (42, 54).

En el caso del yacimiento de Tell el-Kerkh en Siria, se observó una amplia diversidad morfológica en las semillas, desde formas semejantes a las de *C. reticulatum*, a otras más redondeadas como presenta la especie cultivada (54). De acuerdo con esto, y la gran afinidad genética entre ambas especies, se propuso que la especie *C. arietinum* se habría originado, mediante un proceso evolutivo, de *C. reticulatum*, especie considerada como el ancestro silvestre (33) y que presenta, en la actualidad, una limitada área de dispersión en el sureste de Turquía (6, 34).

Teniendo en cuenta estos resultados se considera que el centro de origen del garbanzo se ubica en la región del Creciente Fértil, más precisamente en el sureste de Turquía, donde podría haber comenzado el proceso de domesticación (32, 54, 58).

La región del Creciente Fértil abarca parte o el total de los actuales territorios de Jordania, Israel, Líbano, Siria, Turquía, Irán, Irak, Egipto y de la franja de Gaza y Cisjordania. Se considera al garbanzo como una de las especies "pioneras o fundadoras" de la agricultura, conjuntamente con cebada (*Hordeum vulgare*), trigo *(Triticum monococcum subsp. monoccocum y T. turgidum subsp. dicoccum)*, haba (*Vicia faba*), lenteja (*Lens culinaris*), arveja (*Pisum sativum*), veza (*Vicia ervilia*) y lino (*Linum usitatissimum*) (2, 35, 54, 63, 64).

Proceso de domesticación y patrimonio genético

Presumiblemente, las comunidades nómades del *Homo sapiens* que habitaban la región del Creciente Fértil en los últimos milenios del periodo Paleolítico, utilizaban para su alimentación semillas recolectadas de poblaciones silvestres de *C. reticulatum*. Luego, con el advenimiento de la agricultura durante el periodo Neolítico, se inicia el "largo camino" del cultivo y domesticación de las variantes fenotípicas de esta especie silvestre que resultaban de mayor interés para el sustento del hombre primitivo. Estas variantes fenotípicas eran seleccionadas de manera empírica, por "preferencia", de poblaciones con variabilidad genética, muy probablemente originada

en mutaciones espontaneas dado el alto nivel de autogamia que presenta la especie *C. reticulatum* (30, 33).

Los cambios de importancia evolutiva que se iban acumulando en las poblaciones, como consecuencia de la selección durante el avance del proceso de domesticación incluían: pérdida de latencia de semillas; reducción de la dehiscencia de vainas; semillas de tamaño más grande, de tegumento más fino y liso, y de colores más claros; plantas de mayor tamaño y altura, con más variantes de hábito de crecimiento entre semi-postrado a erecto; de mayor área foliar, y reducción de antocianinas (31, 48, 52). Posteriormente, en las primitivas zonas de cultivo, fue trascendental el cambio del ciclo otoño-invierno a primavera-verano para evitar o reducir el daño por *Ascochyta sp.* endémico (2). El cambio genético para el no requerimiento de vernalización también fue preservado (1).

Como resultado de este proceso de domesticación, a partir del cual se habría originado la especie *C. arietinum*, así como de su posterior evolución y selección durante la dispersión geográfica (38) y del fitomejoramiento iniciado en el siglo pasado (53), se fue constituyendo el patrimonio genético del garbanzo.

La dispersión desde su centro de origen, considerando los hallazgos arqueológicos de semillas bien conservadas, ubica cronológicamente a la especie antes de la era cristiana, en las siguientes regiones: Siria y Turquía 7260-7250 aC; Jordania y Palestina 6600-6500 aC; Grecia 5500 aC; Israel 2800 aC; Irak 2500 aC; Pakistan e India 2000 aC; Creta y Egipto 1600-1400 aC; Chipre 550 aC; y Etiopía 290 aC. (46). Si bien, para algunos hallazgos se mencionan diferencias en su antigüedad (37, 54), es posible que sea debido al criterio de calibración utilizado para expresar la datación de los especímenes mediante la técnica de radiocarbono (estimación de los valores BP y BC) (46).

La evolución de la especie

Durante el largo periodo de la domesticación, selección y dispersión del cultivo, se diferenciaron dos tipos de garbanzo fenotípicamente diferentes: Desi y Kabuli, que se asimilan a la división de la especie cultivada en las razas: *microsperma* (Desi) y *macrospema* (Kabuli) (38).

Los materiales tipo Desi (semejantes al progenitor silvestre), generalmente presentan flores de color rosado a rosado violáceo con venas púrpuras, semillas pequeñas (10-25 g / 100 semillas), de forma angular y de tegumento grueso, rugoso y coloreado (crema-anaranjado al negro), vainas con 1 a 3 semillas, hojas de menor tamaño que los tipos Kabuli y foliolos más pequeños, y presencia de antocianinas en hojas y tallos, entre otras características.

Los materiales tipo Kabuli presentan flores blancas, semillas de tamaño mediano (25-35 g las 100 semillas) a grande (40-60 g las 100 semillas), de forma redondeada, lisa o lobulada, de tegumento fino, liso y de colores claros (crema, castaño, castaño claro, blanco), vainas con 1 a 2 semillas, hojas y foliolos grandes, y ausencia de antocianinas (38, 57). También diferencia a estos dos tipos de garbanzo, su distinta tolerancia/sensibilidad a estreses bióticos y abióticos.

En cuanto al origen de estos materiales, se menciona que el tipo Kabuli habría evolucionado a partir del tipo Desi y éste del ancestro silvestre, planteando la vía evolutiva: *C. reticulatum* → Desi → Kabuli (38).

Recientemente, mediante un estudio basado en mutaciones inducidas realizado en *C. reticulatum*, se obtuvieron resultados que evidencian la posibilidad de que el tipo Kabuli, también podría haberse originado directamente a partir del ancestro silvestre *C. reticulatum* (56).

Por otra parte, estudios realizados en nuestro país referidos al análisis y caracterización de mutaciones espontaneas con fenotipo Desi que fueron detectadas en las variedades locales Sauco y Criollo (tipo Kabuli), permitieron establecer que los tipo Desi podrían también haberse originado a partir de germoplasma Kabuli (9, 11, 12

13, 49). Considerando estos resultados y los anteriormente mencionados (38, 56), se propone como vía alternativa de evolución para el origen de los tipos Desi y Kabuli, la secuencia: *C. reticulatum* → Kabuli → Desi (Biderbost, com. pers. -XXXVII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura-).

Llegada del garbanzo a España

La dispersión de los materiales tipo Kabuli se realizó preferentemente hacia el sector occidental de la Cuenca del Mediterráneo, mientras que la de los tipos Desi fue hacia el Mediterráneo Oriental, Asia Central y el Subcontinente Indio (38).

La presencia del garbanzo en España y su aceptación en la cocina española de la época, adquiere significativa importancia por la directa relación que tiene con la introducción y rápida difusión de la especie en el continente americano, a partir de su descubrimiento y colonización.

Según hallazgos arqueológicos, los fenicios cultivaban garbanzo en sus asentamientos en la Península Ibérica entre los siglos VII y VI aC (5, 7, 62).

El historiador romano Tito Livio (años 59 aC - 17 dC) menciona que en el siglo III aC los soldados del general cartaginés Asdrúbal "*cultivaban garbanzo mientras construían la ciudad de Qarthadasht* (Cartago Nova)" (5, 21).

Columella (años 4dC - 60 a 70 dC), escritor romano sobre temas agronómicos, comenta que en el siglo I aC el garbanzo estaba plenamente integrado a la agricultura hispanorromana (21).

Al Awam (Abu Zacaría Iahia "el sevillano" siglo XII dC), en su obra Libro de Agricultura, describe como cultivar el garbanzo en España, y hace referencia a "*la siembra en secano a principios de marzo enseguida después de las lluvias*" (21).

"*En la época del descubrimiento de América se conocían en España garbanzos de tres maneras: blancos, rubios y pretos. Los comentadores de Herrera dicen que los mejores eran los de Fuentesaúco y Méntrida*" (43).

El largo periodo de "cultivo-adaptación-selección", recorrido por el garbanzo en la península Ibérica desde sus primeros cultivos y hasta el comienzo de la conquista de América, dio lugar al desarrollo de distintas variedades locales (landraces) o ecotipos. Entre estos, el denominado Fuentesaúco es el primer ecotipo del cual se registra una referencia en el año 1569 (47). Las variedades locales o ecotipos caracterizados como Kabuli, fueron la base del material introducido en América.

Su introducción en América y en Argentina

Considerando los pueblos y culturas antiguas que conocían el cultivo del garbanzo y que pudieron influir en la conformación étnica y cultural de las comunidades que habitaban la región del Mediterráneo Europeo durante el último milenio antes de Cristo (aC), el probable "camino" recorrido por la especie desde su centro de origen hasta la península Itálica (37, 46), y posteriormente desde la península Ibérica hasta América y Argentina (7, 16, 23, 24, 43, 44, 57, 62), se puede sintetizar de la siguiente manera: Turquía (VIII milenio aC) → Grecia 5500 años aC →Antigua Macedonia (Norte de la actual Grecia) 1000 -400 años aC → Península Itálica 1000 - 700 años aC → Península Ibérica 650 - 550 años aC → España al inicio de la conquista 1492 → América: La Isabela-Isla de Santo Domingo (República Dominicana) 1494 → a través de Portobelo - Panamá → Perú 1535/40 → Argentina (Santiago del Estero) 1582; y como vía complementaria: Perú 1535/40 → Chile 1545/50→ Argentina (Santiago del Estero) 1582 (Figura 1.2).

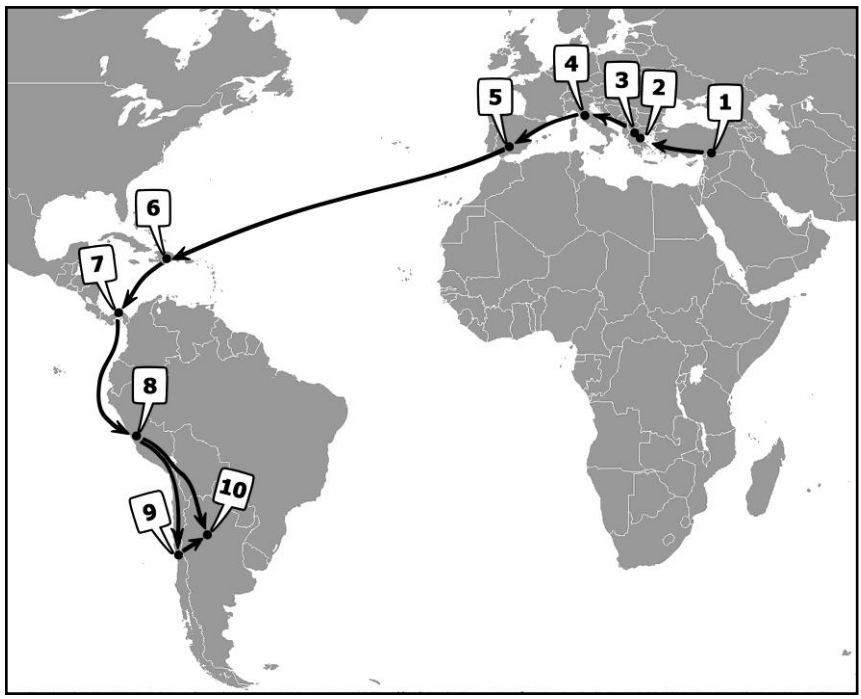


Figura 1.2: Probable "camino" recorrido por el garbanzo desde su centro de origen hasta la llegada a América y Argentina (Santiago del Estero). Desde Perú se plantea una vía principal ingresando directamente por el NO de Argentina, y una vía complementaria ingresando por Chile. Posibles etapas de su recorrido a partir del centro de origen: 1) Turquía, 2) Grecia, 3) Antigua Macedonia, 4) Península Itálica, 5) Península Ibérica, 6) Isla de Santo Domingo, 7) Portobelo-Panamá, 8) Perú, 9) Chile y 10) Argentina (Santiago del Estero). (Fuente: Biderbost, com. pers -XXXVII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura-).

"*En el primer viaje de Colón en 1492 el garbanzo debió ser embarcado como vitualla y para propagar en el segundo de 1493; fue sembrado en La Isabela (isla La Española, República Dominicana) y estaba fructificando en marzo de 1494*". Esta es la primera referencia del cultivo de garbanzo en América, y a su vez, de la primera especie introducida y cultivada por los españoles en nuestro continente (43).

Durante el siglo XVI y primeros años del siglo XVII, posteriores corrientes colonizadoras españolas y portuguesas difundieron su cultivo en América del Norte, Central y del Sur (57). En América del Sur, ingresa con la corriente española; se lo menciona en Perú en el año 1535 (23), Ecuador y Chile a mediados del siglo XVI, Colombia en 1559 y Venezuela en 1578 (43).

En Argentina, es introducido con la corriente colonizadora proveniente del Perú, y complementariamente con la posible participación de la proveniente de Chile (Figura 1.2), conforme a la secuencia de hechos históricos relacionados con la fundación de Santiago del Estero en el año 1553 (24, 44).

Se menciona el buen comportamiento del garbanzo en chacras aledañas a la ciudad de Santiago del Estero en el año 1582 (44, 55), lo que constituye la primera cita del cultivo en nuestro país. Posteriormente, se hace referencia a una recuperación de la producción de garbanzo en 1608, después de superarse problemas de salitre e inundaciones que afectaron las tierras que se utilizaban para su cultivo (41).

Considerando la acción colonizadora que se irradia desde la ciudad de Santiago del Estero, es muy probable que el garbanzo haya estado presente entre las legumbres cultivadas para el consumo de los primeros pobladores de las ciudades de Londres (f. 1558), Catamarca; Ibatín (f. 1565/85), departamento de Monteros-Tucumán; Esteco (f. 1566/1609), departamento de Anta-Salta y de Córdoba (f. 1573) (19, 22, 25, 26).

En la Provincia de Córdoba, se menciona a la Estancia Jesuítica de Jesús María, adquirida por la Compañía de Jesús en 1618 (40), como el primer establecimiento de la Orden donde se realizó el cultivo de la especie, no existiendo evidencia alguna de que esta referencia se corresponda con el inicio del cultivo de garbanzo en dicha provincia.

A principios del siglo XX, se lo consideraba como un cultivo promisorio en el departamento Cruz del Eje de la provincia de Córdoba, mencionando además que "*los garbanzos que se cosechaban en la zona eran superiores en calidad al Sauco español*



que se importaba" (36). En el año 1922, se cita que la superficie sembrada en dicho departamento alcanzaba a 2500 ha con rendimientos de 700 a 800 kg/ha (39), lo que permite estimar una producción de 1900 Tn.

A mediados del siglo XX, constituía un cultivo de importancia regional en el departamento Cruz del Eje, en los departamentos de Anta y Metán de la provincia de Salta y en algunas zonas de la provincia de Jujuy, y con menor trascendencia, en las provincias de Tucumán, Santiago del Estero, Catamarca y La Rioja, llegando a alcanzar en promedio, a nivel nacional en el periodo 1956/70, una superficie sembrada de 6500 ha, una producción de 5200 Tn y rendimientos de 800 kg/ha (17, 61).

Como resultado del proceso de adaptación iniciado con el cultivo de los materiales tipo Kabuli, se diferenciaron en nuestro país tres poblaciones como variedades locales denominadas: Sauco, Mexicano y Criollo, que constituyeron la base para la producción de garbanzo durante el siglo XX (10, 18, 36, 61). Estas variedades locales, por sus respuestas adaptativas, estructuras genéticas (poblaciones heterogéneas homocigotas) y características diferenciales, pueden considerarse como ecotipos distintos (16):

1. La variedad local Sauco, se habría originado a partir de la introducción de materiales del ecotipo Fuentesaúco ("Sauco español").
2. La variedad local Mexicano, presente en nuestro medio desde comienzos del siglo XX, derivaría de la variedad Castellano, probablemente introducida inicialmente en México, desde donde se difundió.
3. La variedad local Criollo, de menor tamaño de semillas que la variedad local Sauco, no se conserva en el país. Es muy probable que su origen se relacione con esta última variedad local, y con "*la práctica del tamañado de la semilla cosechada para su comercialización*" (clasificación de las semillas por tamaño), "*lo que resultaba en una selección negativa cuando no se reservaba para la siembra una parte de lo mejor de la cosecha, dejando*

para tal fin semillas de menor tamaño" (10, 50). Esta modalidad de comercialización a nivel de productores, comenzó a implementarse en el departamento Cruz del Eje entre fines del siglo XIX y comienzos del siglo XX (36, 39).

Inicio del mejoramiento del garbanzo en Argentina

El fitomejoramiento es considerado de manera general como un factor de "erosión genética" en las especies cultivadas. Al respecto, se lo menciona como uno de los "cuello de botella" en la configuración del patrimonio o acervo genético del garbanzo (3).

La mejora genética de la especie en nuestro país comienza en la EEA - INTA Catamarca en el año 1964, con un plan referido al análisis, evaluación y selección de materiales introducidos, y la obtención de líneas promisorias que tuvieron difusión en las zonas garbanceras de la provincia de Salta (61).

Posteriormente, mediante el Programa de Mejoramiento del Garbanzo iniciado en el año 1970 en el ex Instituto de Ciencias Agronómicas, hoy Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba (50), se analizan y caracterizan las variedades locales Sauco, Criollo y Mexicano, se estudian materiales derivados de mutaciones espontaneas, y se establecen las bases y estrategias para el mejoramiento genético de la especie mediante métodos de selección e hibridación. Se obtiene en el país el primer cultivar denominado Chañaritos S-156 (14, 15).

Se puede considerar que los aportes realizados desde ambas instituciones, constituyen la etapa fundacional del mejoramiento genético del garbanzo en la República Argentina (16). Un abordaje *in extenso* del tema se presenta en el Capítulo 7.

Bibliografía

1. Abbo, S.; Lev-Yadun, S. y N. Galwey. 2002. Vernalization response of wild chickpea. New Phytologist 154: 695-701.
2. Abbo, S.; Shtiemberg, D.; Lev-Yadun, S. y A. Gopher. 2003. The chickpea, summer cropping, and a new model for pulse domestication in the ancient near east. The Quarterly Review of Biology 78 (4): 435-448.
3. Abbo, S.; Berger, J. y N. Tumer. 2003. Evolution of cultivated chickpea: four bottlenecks limit diversity and constrain adaptation. Functional Plant Biology 30: 1081-1087.
4. Ahmad, F.; Gaur, P. M. y J. Croser. 2005. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). En: Singh, R. J. y P. P. Jauhar (Eds). Genetic Resources, chromosome engineering, and crop improvement-Grain Legumes Vol. 1. CRC Press, USA. Pp.: 187-217.
5. Álvarez Munárriz, L. 2005. Historia Antropológica de la Región de Murcia. Editora Regional de Murcia, España. Primera edición. 592 p.
6. Berger, J. D.; Abbo, S. y N. C. Turner. 2003. Ecogeography of annual wild *Cicer* species: the poor state of the world collection. Crop Science 43: 1076-1090.
7. Berger, J. D. 2014. An evolutionary perspective on the role of phenology in the specific adaptation of chickpea. En: Diego, R. (Ed.). Legume Perspectives. Issue 3. International Legume Society (ILS). Institute for Sustainable Agriculture, Córdoba, España. Pp.: 8-11.
8. Biderbost, E.; Rodriguez, A.; Deromedis R. y R. Lasso. 1974. Desarrollo floral y técnica de cruzamiento en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 51 (2): 1-9.
9. Biderbost, E. 1979. Hallazgo de mutantes espontáneas en Garbanzo (*Cicer arietinum* L.). III Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Olericultura (SAO). Mendoza, Argentina. Pp.: 36.

10. Biderbost, E.; Peretti, D. y J. Errasti. 1980. Influencia del tamaño y valor cultural de la semilla sobre la producción en Garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Revista de Ciencias Agropecuarias (Córdoba) I: 39-58.

11. Biderbost, E. y J. Carreras. 1984. Descripción de mutantes espontáneas en Garbanzo (*Cicer arietinum* L.): "Hoja simple" y "menor número de folíolos, flores dobles, estructuralmente anormales y estériles". Horticultura Argentina 3 (5): 23-37.

12. Biderbost, E. y J. Carreras. 1985. Descripción de líneas derivadas de formas inusuales espontáneas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). XXV Congreso Brasileiro de Olericultura. Horticultura Brasileira 3 (1): 62.

13. Biderbost, E. y J. Carreras. 1986. Caracterización genética de formas inusuales en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). IX Reunión Nacional y II Latinoamericana de Horticultura. ASAHO. La Plata, Argentina. Pp.: 79.

14. Biderbost, E. y J. Carreras. 1989. Chañaritos S-156: nuevo cultivar de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). XII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura. ASAHO. Santa Fe, Argentina. Pp.: 23.

15. Biderbost, E. y J. Carreras. 1991. Chañaritos S-156: nuevo cultivar de Garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Agriscientia VIII: 15-18.

16. Biderbost, E. 2014. La domesticación del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Su introducción en América y Argentina. XXXVII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura. ASAHO. Mendoza, Argentina. Pp.: 123-125.

17. Bolsa de Cereales de Buenos Aires, Argentina, periodo: 1956-1970.

18. Burkart, A. 1952. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. ACME AGENCY, Buenos Aires, Argentina. 500 p.

19. Colomé, R. A. 2009. Bosquejo histórico de la agricultura en Argentina hasta fines del siglo XIX y los inicios del siglo XX.

Énfasis en la caracterización del productor agrícola. Revista de Economía y Estadística XLVII (2): 97-130.

20. Choumane, W. 2001. The phylogenetic relationships between the annual species of the genus *Cicer* by using the molecular markers. Tishreen University Journal for Studies and Scientific Research, Agriculture Science Series.
21. Del Moral de la Vega, J.; Guisado, A. M. y M. Lopez Murillo. 1996. El cultivo del Garbanzo. Diseño para una agricultura sostenible. Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Junta de Extremadura. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación-España. Boletín Nº12/94. 24 p.
22. El Exergo. 2011. La Historia de Córdoba a través de la filatelia. Boletín Informativo del Centro Filatélico y Numismático de Alta Gracia, Córdoba, Argentina 19 (2): 2-7.
23. Gago, R.; Torre, J. y T. Hampe. 2011. La ruta del Pan Peruano (Parte II: La Conquista). Revista Panera. Bibliografía para la presencia del garbanzo en el Perú 1535/40. http://www.elclubdelpan.com/la-ruta-del-pan-peruano-parte-ii Ingreso: 02/2015.
24. Gálvez, L. 2009. "María de Torres y Meneses (casada con Francisco de Aguirre fundador de Santiago del Estero)". Fundación Cultural de Santiago del Estero. www.fundacioncultural.org. Argentina. Ingreso: 02/2015.
25. Gentile Lafaillé, M. E. 2012. Geografía y Política. La gobernación de Tucumán en 1582, según la Relación de Pedro Sotelo Narváez. Anuario Jurídico y Económico Escurialense XLV: 582-608.
26. González Rodríguez, A. L. 1986. El Cabildo de Córdoba durante el siglo XVI: Encomenderos, propietarios de tierras, tratantes de negros y comerciantes. Análisis de un grupo de poder. Avance del trabajo presentado en el Congreso del Centro de Estudios Genealógicos de Córdoba, Argentina.

27. Harlan, J. R. 1992. Crops and Man. American Society of Agronomy. Crop Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. 284 p.

28. Harlan, J. R. y J. M. J. de Wet. 1971. Towards a rational classification of cultivated plants. Taxon 20: 509-517.

29. Helbaek, H. 1959. Domestication of food plants in the old word. Science 130: 365-372.

30. Ladizinsky, G. 1975. A new *Cicer* from Turkey. Notes from the Royal Botanic Garden (Edinburgh): 34: 201-202.

31. Ladizinsky, G. 1987. Pulse domestication before cultivation. Economic Botany 41 (1): 60-65.

32. Ladizinsky, G. 1998. Plant Evolution Under Domestication. Kluwer Academic, Dordrecht, Holanda. Pp. 174-176.

33. Ladizinsky, G. y A. Adler. 1976. The origin of chickpea *Cicer arietinum* L. Euphytica 25 (1): 211-217.

34. Ladizinsky, G. y A. Adler. 1976. Genetic relationships among the annual species of *Cicer* L. Theoretical and Applied Genetics. 48: 197-203.

35. Lev-Yadun, S.; Gopher, A. y S. Abbo 2000. The cradle of agriculture. Science 288: 1602-1603.

36. Maldonado Vázquez, A. 1912. Cultivo del Garbanzo. Su prosperidad en el Departamento Cruz del Eje. Estación Experimental Soto FCA del N.- Boletín del Departamento General de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba 1 (4): 244-251.

37. Mikic, A. 2013. A note on the earliest evidence on the distribution of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Near East and Europe. Bulgarian Journal of Agricultural Science 19: 885-888.

38. Moreno, M. y J. I. Cubero. 1978. Variation in *Cicer arietinum* L. Euphytica 27: 465-485.

39. Moreyra, B. I. 1992. La Producción Agropecuaria Cordobesa, 1880-1930 (Cambios transformaciones y permanencias). Centro

de Estudios Históricos de Córdoba. Biblioteca Mayor de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 576 p.

40. Museo Jesuítico Nacional. Estancia de Jesús María. http:/estanciajesusmaria.org/. Argentina. Ingreso: 02/2015.
41. Palomeque, S. 2009. El Tucumán durante los siglos XVI y XVII. La destrucción de las Tierras Bajas en aras de la conquista de las Tierras Altas. En: Martini, Y.; Pérez Zavala, G. e I. Aguilar (Eds.). Las sociedades de los paisajes áridos y semiáridos del centro oeste argentino. 1° Ed. Pp.: 173-206.
42. Pasternak, R. 1998. Investigations of botanical remains from Nevali Cori PPNB, Turkey: A short interim report. En: Damania A. B.; Valkoum, J.; Willcox, G. y C. O. Qualset (Eds.). Origins of Agricultural and Crop Domestication. ICARDA, Aleppo, Syria. Pp. 170-177.
43. Patiño, V. M. 1963. Plantas Cultivadas y Animales Domésticos en América Equinoccial 1912-2001. http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/historia/puti/indice.htm. Ingreso: 08/2014.
44. Payró, R. P. 2007-2008. Historia del Río de la Plata. Tomo I. La aventura colonial española en el Río de la Plata: Conquista, colonización, emprendimientos. Del descubrimiento hasta la Revolución de mayo de 1810. 283 p.
45. Purseglove, J. W. 1968. *Cicer arietinum* L. En: Purseglove, J. W. (Ed.). Tropical Crops. Dicotyledons. Longman Group Limited, Londres, UK. Pp. 246-250.
46. Redden, R. J. y J. D. Berger. 2007. History and origin of Chickpea. En: Yadav, S. S.; Redden, R.; Chen, W. y B. Sharma. (Eds.). Chickpea Breeding and Management. CABI, Wallingford UK. Pp.: 1-13.
47. Reglamento CEE Nº 1485-2007. Indicación Geográfica Protegida (IGP) "Garbanzo de Fuentesaúco". Pliego de Condiciones con lo establecido en el artículo 4.2 del Reglamento CEE 2081/92 del Consejo, relativo a la protección de las Indicaciones Geográficas

y Denominaciones de Origen de los Productos Agrícolas y Alimenticios de España.

48. Robertson, L. D.; Ocampo, B. y K. B. Singh. 1997. Morphological variation in wild annual *Cicer* species in comparison to the cultigen. Euphytica 95: 309-319.

49. Rodríguez, A.; Biderbost, E. y D. Peiretti. 1978. Análisis genético del color de tegumento en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Instituto de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Inédito. 12 p.

50. Rodríguez, A. y E. Biderbost. 1974. Organizadores del Programa de Mejoramiento del Garbanzo iniciado en el año 1970, y del Plan CAFPTA 1111 iniciado en el año 1973. Cátedras de Genética y de Mejoramiento Vegetal del ex- Instituto de Ciencias Agronómicas. Universidad Nacional de Córdoba. En: Plan CAFPTA 1111, Informe Técnico Nº 1. Argentina. Inédito. 26 p.

51. Singh, A.; Singh, N. P. y A. N. Asthana. 1999. Genetic potential of wide crosses in chickpea. Legume Research 22: 19-25.

52. Smartt, J. 1984. Evolution of pulses legumes. 1. Mediterranean pulses. Experimental Agriculture 20: 275-296.

53. Tanksley, S. D. y S. R. McCouch. 1997. Seed banks and molecular maps: unlocking genetic potential from the wild. Science 277: 1063-1066.

54. Tanno, K-i. y G. Willcox. 2006. The origins of cultivation of *Cicer arietinum* L. and *Vicia faba* L.: early finds from Tell el-Kerkh, north-west Syria, late 10th millennium BP. Vegetation History and Archaeobotany 15 (3): 197-204.

55. Tasso, A. 1984. Historia de ciudades: Santiago del Estero. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires, Argentina. 89 p.

56. Toker, C. 2009. A note on the evolution of Kabuli chickpeas as shown by induced mutations in *Cicer reticulatum* Ladiz. Genetic Resources and Crop Evolution 56 (1): 7-12.

57. van der Maesen, L. J. G. 1972. *Cicer* L., a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum*

L.), its ecology and distribution. Mendeligen Landbouwhoge school Wageningen, Holanda. 341 p.

58. van der Maesen, L. J. G. 1984. Taxonomy, distribution and evolution of chickpea. En: Witcombe, J. R. y W. Erskine (Eds.) Genetic Resources and Their Exploitation-Chickpeas, Faba Beans and Lentils. Martinus Nijhoff/Junk, La Haya, Holanda. Pp.: 95-104.
59. van der Maesen, L. J. G. 1987. Origin, history and taxonomy of chickpea. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh (Eds.). The Chickpea. CAB international, Wallingford, UK. Pp.: 11-34.
60. van der Maesen, L. J. G.; Pundir, R. P. S. y H. D. Upadhaya. 2006. Use made of wild legume relatives in breeding. International Food Legume Research Conference. 18-22 October 2005, New Delhi, India. Pp.: 29-30.
61. Viirsoo, E. V. 1964. Estudio de Adaptación sobre garbanzo (*Cicer arietinum* L). Plan 1308. EEA-INTA Catamarca, Argentina. Informe técnico. Inédito. 12 p.
62. Wagner, C. G.; Arruda, A. M.; López Castro, J. L.; López Pardo, F. L.; Gómez Bellard, C.; Moreno Arrastio, F. y L. A. Ruiz Cabrero. 2002. Los Fenicios en Occidente. Proyecto PHA 2002-02200-Departamento de Historia Antigua, Facultad de Geografía e Historia, Universidad Complutense de Madrid, España.
63. Zohary, D. y M. Hopf. 1973. Domestication of pulses in the old world. Science 182: 887-894.
64. Zohary, D. y M. Hopf. 2000. Domestication of plants in the Old World: The origin and spread of cultivated plants in West Asia, Europe, and the Nile Valley. Oxford University Press, UK. 316 p.

CAPÍTULO 2

ESTUDIO MORFOLÓGICO

Norma S. Ateca y Verónica Beltramini

Introducción

El conocimiento de la morfología de la planta de garbanzo (*Cicer arietinum* L., Fabacea, Faboideae, Cicereae) es importante para fundamentar las prácticas de manejo del cultivo y su comercialización.

La descripción de los caracteres morfoagronómicos que se presentan en esta sección es de tipo cualitativo y cuantitativo, e incluye caracteres botánicos que identifican y caracterizan a la especie, y que son esenciales desde el punto de vista de necesidades agronómicas, de mejoramiento genético, de mercadeo y consumo. A manera de presentación de los caracteres se puede mencionar el color, forma y estructura externa e interna de las semillas; estructura y anormalidades de plántulas; arquitectura de la planta expresada en hábito de crecimiento y tipos de ramificación; la forma y tipos de las hojas y raíces; pigmentaciones en raíz, tallo, hojas y flores; tamaño, forma y color de flores y frutos y la biología floral (6). Todos esos aspectos siempre relacionados con el ambiente.

A los efectos de la publicación, las descripciones se organizan siguiendo los estados vegetativos y reproductivos del ciclo biológico de genotipos y cultivares de garbanzo Lámina 2.1.

Semillas

El tamaño de las semillas oscila ± 8-11 mm (largo) x ± 6-8 mm (ancho) x ± 7-9 mm (espesor); son asimétricas, redondo-cuadrangulares, triangulares u ovales, con el lóbulo radical (LR) prominente.

La destacada exposición del lóbulo radical, les da aspecto de "picudas", ello determina que sea la región más sensible de la semilla, estrechamente relacionada con daños mecánicos en la cosecha, poscosecha y directamente asociada al éxito de los procesos germinativos.

Relacionadas con el tipo de óvulo campilótropo del cual provienen, las semillas presentan superficialmente hendiduras longitudinales que delimitan dos lóbulos en la cara anterior y tres en la cara posterior (Lp). Estos surcos en la cara anterior se denominan rafe (Ra) y en la posterior antirafe (aRa) (Figura 2.1). Las semillas muy pigmentadas normalmente no presentan lóbulos y predominan las formas triangulares.

El tegumento seminal presenta tres patrones de ornamentaciones en su superficie: reticulados (con una red elevada de líneas estrechas y angulares que con frecuencia exhiben un aspecto geométrico), tuberculados (con pequeñas proyecciones redondeadas lisas o perillas) y granulados (con elevaciones en la superficie de apariencia granular). La confirmación del color de la semilla madura, que se determina a los 3 meses de almacenamiento, varía dentro de la especie cultivada según el genotipo entre el negro (10%), pasando por diferentes tonalidades de marrón (45%), beige (19%), hasta amarillo-anaranjado o el blanco (26%). Predominan en la especie el monocromatismo y la opacidad (9).

En la Figura 2.1 se observan las cicatrices presentes en la superficie externa de las semillas de los cultivares Chañaritos S-156 y Norteño las cuales se encuentran relacionadas con el tipo de sus óvulos y la disposición dentro del fruto. El micrópilo (Mi), es generalmente puntiforme y se ubica en el ápice y margen superior de la areola hilar. El micrópilo se origina por la discontinuidad de los dos tegumentos del ovulo que dejan una abertura que facilita la entrada del tubo polínico en la fecundación y posteriormente para la

emergencia de la radícula del embrión cuando se inicia el proceso de germinación. El hilo (H), se presenta deprimido de 0,9-1,5 mm de longitud con areola (aH) texturada que forma un reborde sobresaliente de forma elíptica desigualmente engrosada y recorrido por el surco hilar (sH). El hilo resulta de la unión del óvulo a la pared de fruto y la presencia de una hendidura longitudinal en el mismo proporciona, a través de su apertura y/o cierre, el equilibrio interno del agua en la semilla. La lente (Le), de 0,75-1,2 mm de longitud y 1-1,5 mm de ancho está constituida de tejido esponjoso que regula la velocidad del ingreso del agua al interior de la semilla evitando dañar las membranas de las células internas. Está parcialmente incluida en la hendidura del rafe (Ra) y presenta márgenes cordiformes, circulares, subcirculares o subovoides, con halo normalmente de color más oscuro que el tegumento según cultivares.

Si bien la semilla es exendospermada por el gran desarrollo de los cotiledones reservantes, presenta un endosperma laminar que recubre todo el embrión y puede separase del episperma con tratamientos agresivos. Las gruesas láminas cotiledonares presentan aurículas que les confieren tipo catafilar.

En la Figura 2.2 se observa la estructura interna de la semilla. El eje embrionario constituido por la radícula, hipocotilo y plúmula es recto o con ligera torsión, hundido y perpendicular a la longitud de la semilla. La radícula es linear con ápice ligeramente curvado. La plúmula está bien desarrollada y según su forma pueden diferenciarse seis tipos principales en la especie.

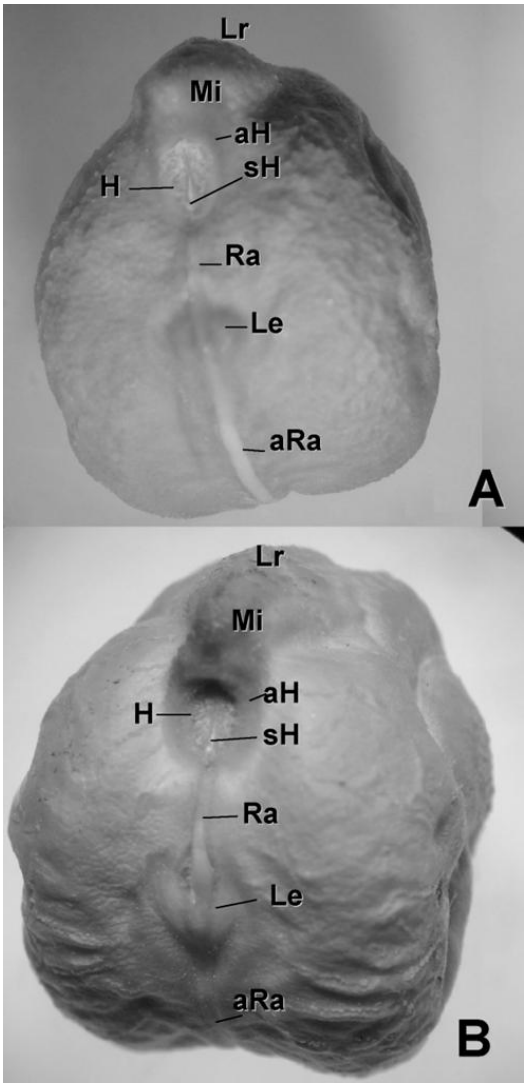


Figura 2.1: Cicatrices del tegumento seminal de Cicer arietinum *L. A) Cultivar Chañaritos S-156. B) Cultivar Norteño. Referencias: Lr: lóbulo radical, Mi: micrópilo, H: hilo, aH: areola hilar, sH: surco hilar, Ra: rafe, Le: lente, aRa: antirafe. © N. Ateca.*

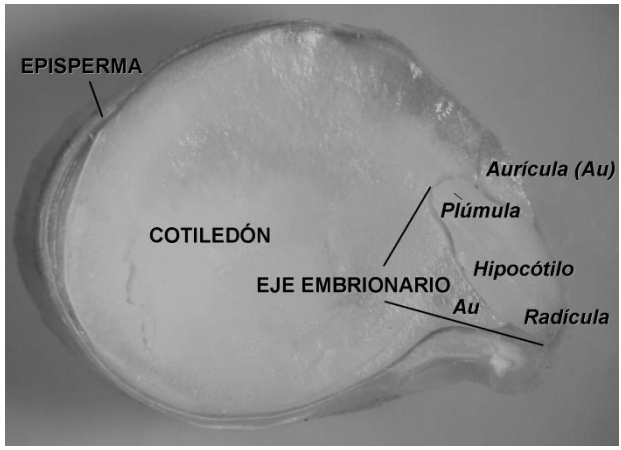


Figura 2.2: Estructura interna de la semilla de garbanzo. © N. Ateca.

Los patrones topográficos del tegumento seminal, forma del lóbulo radical, posición de las aurículas cotiledonares, dimensión, posición y características del eje embrionario han sido relacionados para identificar líneas y cultivares del garbanzo y determinar su correspondencia con anormalidades de las plántulas (1). Así, se observaron dos condiciones de lóbulos radicales LRr (recto) y LRc (curvo) y cuatro tipos de ejes embrionarios (EE) (Figura 2.3).

1. EEI: radícula recta, y simétrica o con ligera asimetría y aurículas extendidas sobre la región apical hipocotilo-radicular (Figura 2.3A)
2. EEII: radícula recta, asimétrica y aurículas extendidas sobre la región apical hipocotilo-radicular (Figura 2.3C).
3. EEIII: radícula ligeramente curva y asimétrica y aurículas desiguales extendidas sobre la región apical y media de la región hipocotilo-radicular.
4. EEIV: radículas curvas con ligera asimetría y aurículas extendidas sobre la región apical hipocotilo-radicular. (Figura 2.3B).

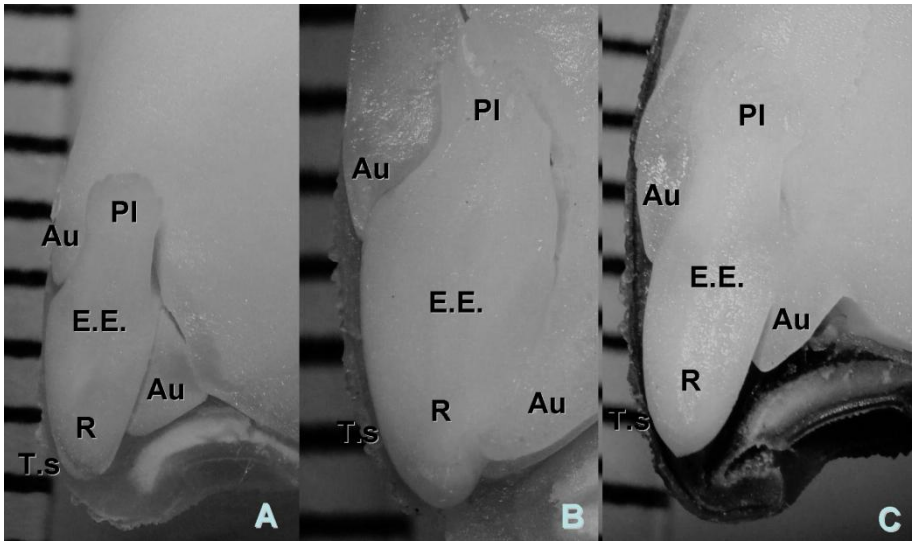


Figura 2.3: Relaciones entre episperma, aurículas cotiledonares, forma del lóbulo radical, dimensión, posición y características del eje embrionario de Cicer arietinum cv. Chañaritos S-156 (A), cv. Norteño (B) y Línea 14 (C). Referencias. Au: aurícula, E.E: eje embrionario, Pl: plúmula, R: radícula y T.s: tegumento seminal. © N. Ateca.

Las semillas de cultivares o genotipos con tegumentos oscuros o cremosos, lóbulo radical (pico) recto, plúmula cónica, radículas rectas y simétricas o con ligera asimetría y aurículas extendidas sobre la región apical hipocotilo-radicular, favorecen el desarrollo de la raíz primaria normal y crecimiento rápido de las plántulas (4).

Por el contrario, la forma del eje embrionario del cultivar Norteño con radícula ligeramente curva y asimétrica y aurículas desiguales extendidas sobre la región apical y media de la región hipocotilo-radicular, dificulta y/o retarda la emergencia de la radícula disminuyendo el poder germinativo al quedar la misma atrapada por el tegumento seminal (Figura 2.3B). Esta situación favorece además el ataque de hongos.

Plántulas

La germinación del garbanzo es hipogea. En el cultivar Chañaritos S-156 a los 2-3 días de la siembra emerge la raíz principal que alcanza gran desarrollo. A los 4-5 días se observa el epicótilo que se curva entre los pecíolos de los cotiledones. Los tegumentos seminales cubren las láminas cotiledonares, dejando expuestos los pecíolos y aurículas de los cotiledones tipo catafilar. Estas características ubican a la especie como criptocatafilar.

Entre los 8-10 días aparecen las raíces laterales. En el nudo cotiledonar se observan los pecíolos notablemente desarrollados, en cuyas axilas se distinguen yemas laterales con diferente grado de desarrollo. Estas yemas pueden desarrollar brotes laterales cuando la yema terminal se atrofia o daña en el proceso de germinación.

La segmentación caulinar de la plántula incluye tres entrenudos denominándose al primero epicotilo o primer entrenudo aéreo y cuatro nudos. El primer nudo se corresponde con la unión al eje de las 2 hojas cotiledonares opuestas y su yemas axilares, los dos siguientes están provistos de catáfilas tridentadas, alternas dísticas con yemas en sus axilas y el cuarto nudo con la primera hoja fotosintetizadora y estipulada. Si se atrofia la yema terminal del epicótilo los vástagos aéreos pueden desarrollarse a partir de las yemas catafilares que originan vástagos alternos y de las yemas cotiledonares que originan vástagos opuestos.

El tercer nudo presenta el protófilo estipulado de 3-3,5 cm e imparipinnaticompuesto con 7 folíolos alternos. Los entrenudos están recorridos por dos costillas con excepción del epicótilo. Tricomas glandulares pluricelulares se encuentran recubriendo toda la superficie de la plántula (Figura 2.4).

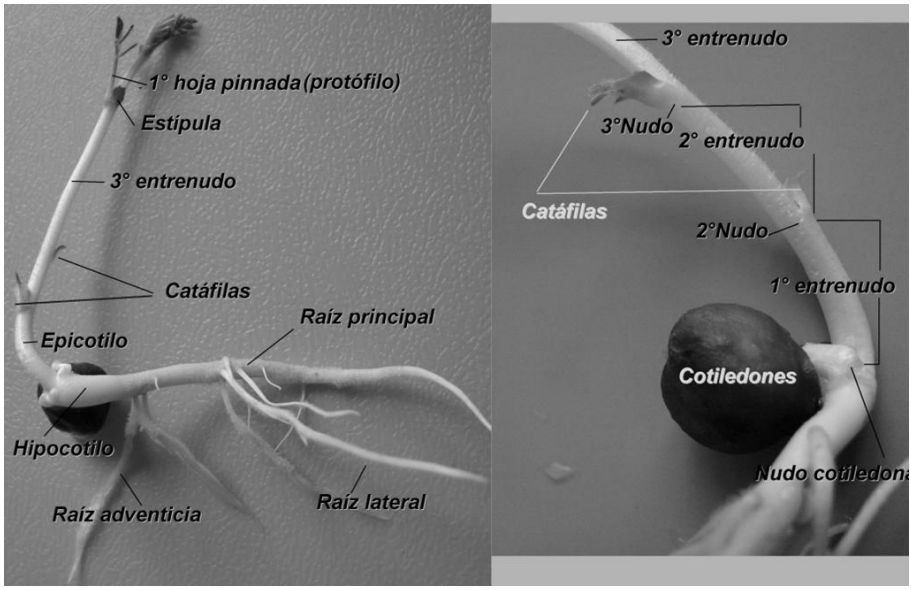


Figura 2.4: Plántula de Cicer arietinum con referencias y detalle de los 3 nudos basales. © N. Ateca.

El acelerado desarrollo de la plántula se ha asociado con un rápido establecimiento a campo y progreso de los estados fenológicos de la planta de garbanzo.

Aproximadamente el 95% de plántulas anormales de ensayos en condiciones controladas de cámaras de germinación o en condiciones ambientales de laboratorio se asocian con sistemas radiculares anormales. Entre ellas se puede citar el geotropismo negativo, raíz primaria ausente, atrapada en el tegumento, atrofiadas o mazudas, hendidas en el extremo, con contracciones en la superficie o podridas como resultado de una infección primaria. Las plántulas anormales comúnmente resultan de semillas sometidas a impactos mecánicos durante la cosecha o durante el procesamiento (Figura 2.5).

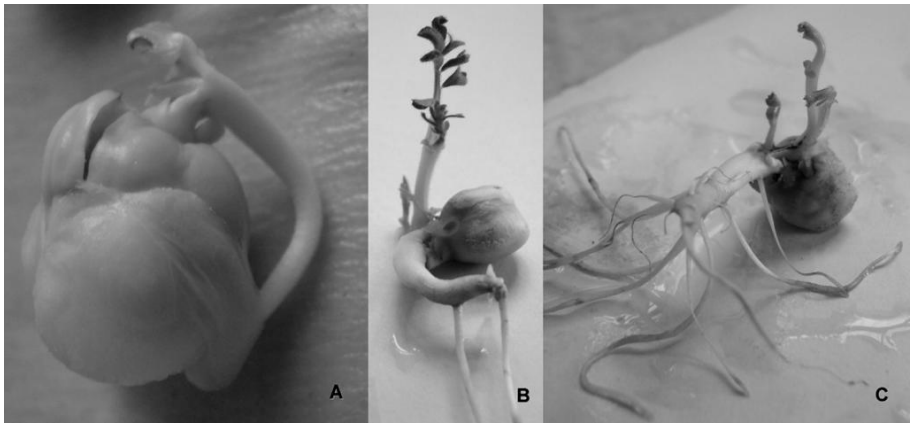


Figura 2.5: Plántulas anormales de garbanzo. A) Radícula entrampada en el tegumento seminal del cv. Norteño. B) y C) Raíz principal y epicótilo detenidos en su desarrollo y ramificaciones originadas por yemas cotiledonares y catafilares en cv. Chañaritos S-156. © N. Ateca.

Los estudios realizados en legumbres permiten sostener que las cubiertas de semillas grandes y claras brindan menor protección al embrión que aquellas con tegumentos coloreados (13). Las primeras pueden conducir a una germinación más lenta, a mermas en la tasa de crecimiento, a incrementos en el número de plántulas anormales y finalmente a pérdidas en el poder germinativo, características que definen a los lotes de semillas de bajo vigor (7). Nuestras observaciones en garbanzo coincidirían con esas afirmaciones dado el menor grosor del tegumento de las semillas claras, posición predominante de los ejes embrionarios y la ausencia de sustancias fenólicas.

No obstante lo antes expuesto, se ha comprobado que las plántulas con anormalidades son capaces de alcanzar durante la estación de crecimiento algún grado de recuperación, llegando a rendimientos que no difieren significativamente de los obtenidos a partir de plantas normales y vigorosas.

En el caso del garbanzo la capacidad de recuperación se relaciona con el potencial de formar raíces laterales y raíces adventicias en el hipocotilo por atrofia de la raíz principal y el

estímulo para la ramificación prematura de la parte aérea. La plántula responde a los problemas de raíz acortando y engrosando los entrenudos basales y desplegando rápidamente el primer nomófilo fotosintetizador. También se ha observado que estas anormalidades favorecen el desarrollo temprano de vástagos de las yemas ubicadas en los pecíolos de los cotiledones o de las catáfilas (1, 2).

Sistema caulinar y radical de la planta adulta

El garbanzo es una planta delicada, generalmente alcanza 0,7 m de altura y presenta ramas que nacen próximas al suelo. En función de la presencia o no de pigmentos antociánicos en tallos se clasifican en tres clases denominadas alto, bajo y sin antocianinas como los tipo Kabuli, los que bajo condiciones de estrés podrán desarrollar tales pigmentos.

El brote consta de un tallo principal (TP), que se origina por el desarrollo de la yema terminal del epicótilo, del cual parten dos ramificaciones laterales alternas que se diferencian a partir de las yemas laterales ubicadas en las catáfilas. En el caso descripto, la planta adulta presenta entonces tres ejes: uno principal y dos ramificaciones primarias. Cada una de esas ramificaciones primarias origina ramas laterales secundarias cuyo número oscila entre 4-6. No obstante, cuando la yema terminal del epicotilo se daña, las ramificaciones primarias pueden ser 4: dos originadas por actividad de las yemas axilares de los cotiledones de posición opuesta y dos originadas de yemas axilares de las catáfilas de posición alterna.

La ramificación es de tipo monopodial, pues está relacionada con yemas axilares. Su número oscila entre 3-5 ejes principales alternos muy ramificados que le dan el aspecto umbeliforme. La especie presenta crecimiento indeterminado, no requiere del tutorado pues los entrenudos en sección transversal presentan dos costillas que internamente están recorridas por tejidos de sostén, otorgando a los tallos principales y sus ramificaciones forma ligeramente cuadrangular o alada.

Los patrones de ramificación de garbanzo están estrechamente relacionados con la aparición de los nudos en el tallo principal, con el tiempo térmico y la humedad ambiental. Estos aumentan a medida que las ramificaciones se desarrollan jerárquicamente y así las últimas ramificaciones no producen legumbres y si lo hacen, los frutos tienen menor número de semillas (8).

Otro aspecto que se debe considerar del sistema caulinar, son los diferentes tipos de hábitos de crecimiento que presentan las plantas y para lo cual se miden los ángulos que forman las ramificaciones respecto el eje principal (TP). Para establecer el tipo de hábito se debe examinar la planta en el estado de plena fructificación.

Aquellas que presentan ramas con ángulos entre 0-15° se denominan erectas, si los ángulos que exhiben son entre 15-25° se corresponden con plantas semierectas, ángulos entre 25-60° determinan plantas semirastreras y ángulos entre 60-80° corresponden a plantas de hábito rastrero. Los portes más frecuentes son semierectos (64%) y semirastreros (35%).

Con respecto a la secuencia foliar la especie presenta cotiledones u hojas embrionales que son hipogeas, dos hojas basales modificadas trilobadas en posición alterna que se denominan catáfilas, y los nomófilos u hojas verdaderas y fotosintetizadoras en el estado vegetativo.

La disposición foliar es alterna. Basada en la división o no de la lámina, se pueden reconocer tres tipos principales de hojas: pinnadas (con foliolos), bipinnadas (con foliolulos) y simples o de lámina entera lobulada. Dentro de las pinnadas podemos diferenciar paripinnadas e imparipinnadas (más frecuentes). Los folíolos (10 a 13 según cultivar) están dispuestos sobre un eje (raquis acanalado) de 2,5-8 cm de largo. Son predominantemente sésiles, ovados a elípticos, de 5-20 mm de ancho × 2-15 mm de largo, presentan bordes aserrados o dentados en diferentes grados, desde la porción media o tercio inferior hacia el ápice. Independiente del tipo de lámina, las hojas siempre exhiben estípulas de tamaño variado en la base foliar.

Se destaca la presencia de abundantes tricomas glandulares y simples en ambas caras de las hojas. Los tricomas secretan ácidos orgánicos comúnmente oxálico y málico. La presencia de tricomas y cristales de oxalato de calcio en el tallo y mesófilo de la hoja se asocian como adaptaciones de la especie a ambientes áridos.

Con respecto al sistema radical es de tipo alorrizo o pivotante, con una raíz principal que adquiere gran desarrollo y que profundiza hasta 2 m. Presenta numerosas raíces laterales de origen endógeno, donde la mayor proporción se ubica hasta los 60 cm. El marcado engrosamiento de la raíz principal funciona como un órgano de reserva para el almacenamiento de agua y nutrientes de las plantas en desarrollo. Asimismo, el garbanzo desarrolla, próximo al nivel del suelo, raíces adventicias que se originan del hipocótilo hipogeo. Si la raíz principal se dañó en el proceso de germinación, todas las raíces son adventicias por su origen hipocotiledonar. Normalmente se observa en la planta adulta la permanencia de los cotiledones. La raíz tiene una fuerte asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno, tema que se desarrolla en el Capítulo 6.

La capacidad de formar raíces adventicias determina que la especie pueda multiplicarse vegetativamente a partir de esquejes de tallo y producir plantas con buenos rendimientos de semillas (11).

Anatómicamente la estructura de la raíz se corresponde con la exhibida por fabáceas. A 2,5 cm del ápice radical ya presentan crecimiento secundario con gran desarrollo del tejido de conducción de agua.

Sistema reproductivo

En el garbanzo la floración y desarrollo de las legumbres se producen en forma acrópeta, es decir desde la base hacia la región apical. Con respecto al color que presentan las flores, los pétalos deben observarse en horas de la mañana ya que cambian en el transcurso del día, principalmente el estandarte de las plantas tipo Desi. En ramas de nivel superior se observa una disminución tanto en el peso de legumbres como en el número de semillas. Esto podría

indicar una reducción en la distribución de nutrientes en las ramificaciones superiores. Así mismo se ha observado que los frutos próximos a los nudos exhiben mayor tamaño que los ubicados en los extremos distales de las ramas.

Flores

Presenta inflorescencias racimosas uni o bifloras unidas a la parte vegetativa mediante pedúnculos y pedicelos florales que pueden ser pigmentados en algunas líneas, y muestran en su parte basal cinco brácteas o hipsófilos de diferentes tamaños (Lámina 2.2).

Las flores son pedunculadas, perfectas, diclamídeas heteroclamídeas, el cáliz está compuesto por 5 sépalos soldados y lanceolados con prefloración valvar; la corola posee 5 pétalos. El color de los pétalos es blanco en los Kabuli y rosa violáceo o azul en los Desi. La prefloración es vexilar (estandarte, alas y quilla); el androceo es diadelfo con nueve estambres soldados por el filamento y uno libre ((5+4), 1) y anteras dorsi o basífijas de dehiscencia longitudinal. El gineceo presenta ovario súpero, sésil, ovado, unicarpelar y la placentación marginal, con 1-3 óvulos campilótropos. El estilo es curvado. Todos los antófilos están densamente cubiertos de pelos glandulares.

Fruto

El garbanzo presenta un fruto seco dehiscente denominado botánicamente legumbre y comúnmente vaina, bombita o guasana. Se desarrolla a partir del gineceo unicarpelar, que se abre por la sutura ventral y dorsal en dos valvas, con 1 a 3 semillas unidas en la hilera ventral. Su forma es ovoide a oblonga, turgente, relativamente grande. El epicarpio es densamente piloso y su parte interna corresponde al mesocarpio y al endocarpio que no se diferencian, y están poco desarrollados cuando maduros. La permanencia de los filamentos soldados del androceo en frutos maduros es característica de los cultivares Norteño y Chañaritos S-156.

Las semillas inmaduras junto con la legumbre (vaina de garbanzo fresco verde) se consumen como alimento familiar fresco y se comercializan en Centroamérica. Su calidad se asocia con su color verde y la turgencia. La vaina y la semilla de garbanzo verde presentan buen contenido nutricional (proteínas y minerales), valor nutraceútico (fibras), y pH neutro. El contenido de sólidos solubles en la vaina es el doble de la semilla, correspondiendo a un producto dulce y ligeramente dulce, respectivamente.

En el análisis histológico de legumbres verdes, se observa el epicarpio constituido por una sola capa de células y abundantes tricomas glandulares. El mesocarpio posee varios estratos de células de parénquima de forma variable, las subepidérmicas con presencia de cloroplastos, seguidas de células que contienen amiloplastos o granos de almidón. Le continúan capas de tejido esclerenquimáticos, principalmente fibras, que aumentan con la senescencia del fruto. Se han probado diferentes técnicas para prolongar el estadio de fruto verde para consumo fresco. Otro aspecto que se ha observado en esas vainas verdes y semillas inmaduras es la capacidad de fotosintetizar facilitando la acumulación de reservas en las semillas.

Biología floral en garbanzo

El garbanzo es una especie que presenta flores cleistógamas. La cleistogamia es el mecanismo de reproducción por la cual la flor se autopoliniza y se autofecunda ya que la misma permanece cerrada durante el proceso de fertilización. Debido a que la flor no se abre la cleistogamia es una forma de autogamia obligada. No obstante existen trabajos que le asignan al garbanzo hasta un 2% de polinización cruzada. En el momento de la apertura floral se observa a los estigmas cubiertos por numerosos granos de polen

Los estudios sobre la reproducción sexual son a menudo más difíciles de realizar porque el desarrollo de gametos y fertilización son procesos complejos que ocurren durante un período corto de tiempo y predominantemente ocultos dentro de los tejidos de la flor.

Por otra parte, la reproducción sexual ha sido reconocida durante mucho tiempo como altamente estrés-sensible. La escasa tolerancia al estrés durante el estado reproductivo es a menudo un rasgo limitante en la productividad de plantas de cultivo (3, 10).

Una alta frecuencia de aborto de la flor en respuesta a bajas temperaturas 15/5°C y 15/0°C (día/noche) está bien documentada en garbanzo (12).

Asimismo, se ha observado en el gineceo la reducción del tamaño de los óvulos, disminución de su viabilidad, ausencia de sacos embrionarios (estructuras que contienen los gametos femeninos) y la función deteriorada del pistilo para preservar el crecimiento de los tubos polínicos en su camino hacia el gametófito femenino en cultivares sensibles a altas y bajas temperaturas (5,14).

Con respecto al androceo, el estrés por temperatura puede afectar directamente el desarrollo de los gametos masculinos. Las bajas temperaturas inhiben la germinación del grano de polen en el estigma o provocan un escaso desarrollo del tubo polínico (estructura que lleva los gametos masculinos hacia el saco embrionario) (5, 10, 14). Las altas temperaturas (45/35°C) ocasionan reducción en la viabilidad y germinación del polen, en el crecimiento del tubo y la receptividad del estigma. Los genotipos tolerantes al calor experimentan significativamente menores daños a las funciones del polen y el estigma.

Bibliografía

1. Ateca, N.; Beltramini, V. y J. Carreras. 2009. Variaciones morfológicas del tegumento seminal y eje embrionario de cultivares y genotipos de *Cicer arietinum* L. (Fabaceae). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 44 (Supl.): 140.
2. Ateca N. S.; Pascualides, A. L. y J. Carreras. 2009. Anatomía vascular de plántulas de *Cicer arietinum* genotipo M x WR-315-14

(Fabaceae). Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica 44 (1-2): 43-48.

3. Charles W. y R. Harris. 1972. Tomato fruit-set at high and low temperature. Canadian Journal of Plant Science 52: 497-506.
4. Chowdhury, K. A. y G. M. Buth. 1970. Seed coat structure and anatomy of Indian Pulses. Botanical Journal of the Linnean Society 63: 169-179.
5. Crosser, J. S.; Clarke, H. J.; Siddique, K. H. M. y T. N. Khan. 2003. Low temperature stress: Implications for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. Critical Reviews in Plant Science 22: 185-219.
6. Cubero, J. 1987. Morphology of chickpea. En: Saxena, M. C. y K. Sing (Eds.). The Chickpea. CAB International, Wallingford, UK. Pp.: 35-66.
7. Delouche, J. y C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Science & Technology 1: 427-452.
8. Gan, Y.; Wang, J. y L. Poppy. 2006. Node and branch development of chickpea in a semiarid environment. Canadian Journal of Plant Science 86: 1333-1337.
9. Gunn, C. R. 1981. Seed topography in the Fabaceae. Seed Science Technology 9: 737-757.
10. Herrero, M. y R. Johnson. 1980. High temperature stress and pollen viability of maize. Crop Science 20: 796–800.
11. Hina Syed, M.; Ahsan-ul-Haq, M. y T. M. Shah. 2002. Vegetative propagation of chickpea (*Cicer arietinum* L.) through stem cuttings. Asian Journal of Plant Sciences 1: 218-219.
12. Jacobsen, H. B. y H. Martens. 1994. Influence of temperature and ageing of ovules and pollen on reproductive success in *Trifolium repens* L. Annals of Botany 74: 493-501.
13. Kannenberg, L. y R. Allard. 1964. An association between pigment and lignin formation in the seed coats of the lima bean. Crop Science 1 (2): 621-622.

14. Srinivasan, A.; Johansen, C. y N. P. Saxena. 1999. Cold tolerance during early reproductive growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.): Characterization of stress and genetic variation in pod set. Field Crops Research 57: 181-193.

CAPÍTULO 3

MANEJO DE SUELO

Marcos S. Karlin

Introducción

Argentina posee un vasto territorio sobre el sector americano, abarcando casi 2,8 millones de km^2. Exceptuando los gelisoles en el territorio Antártico, el país está representado por el resto de los órdenes de suelos, es decir 11 de los 12 órdenes definidos en la Taxonomía de Suelos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. De todos ellos, los mejor representados son los molisoles (34%), entisoles (27%), aridisoles (20%) y alfisoles (8%) (Figura 3.1; 16). Molisoles y alfisoles representan en nuestro país los suelos mas cultivados con cereales y oleaginosas bajo secano, gracias a su fertilidad potencial y contenido hídrico.

Estos suelos constituyeron, desde el nacimiento de la agricultura, el núcleo triguero del país, dándole fama como "el granero del mundo". Los cambios en los precios de granos, incorporación de paquetes tecnológicos y la creación de nuevo germoplasma provocaron que en las últimas décadas el trigo fuera desplazado parcialmente por la soja, una legumbre de gran capacidad adaptativa y plasticidad a diversos tipos de suelo de nuestro país.

Sin embargo, el monocultivo, el avance de la frontera agropecuaria hacia zonas marginales y la aplicación de tecnologías poco apropiadas produjeron la degradación de miles de hectáreas.

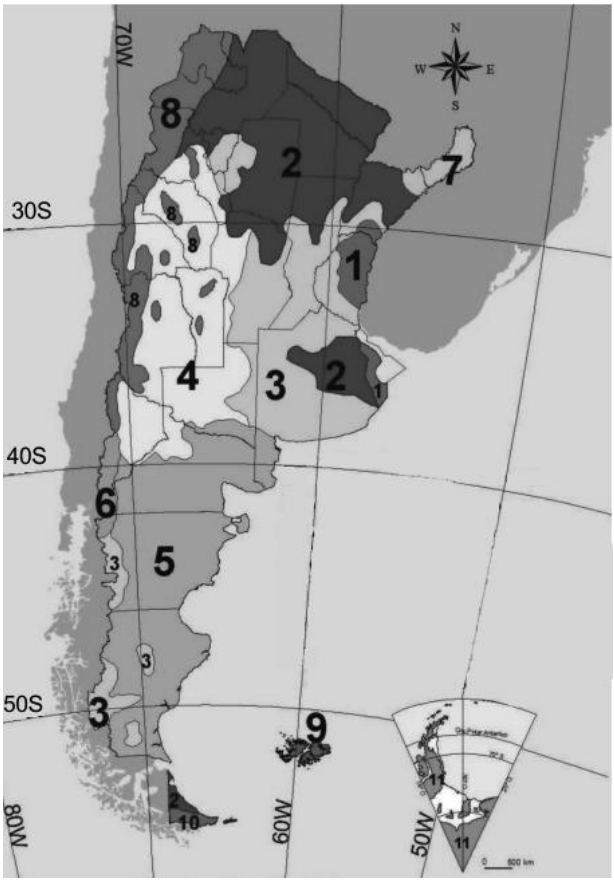


Figura 3.1: Mapa de órdenes de suelo de Argentina. 1) Vertisoles; 2) Alfisoles; 3) Molisoles; 4) Entisoles; 5) Aridisoles; 6) Andisoles; 7) Oxisoles y Ultisoles; 8) Roca; 9) Histosoles; 10) Spodosoles; 11) Gelisoles. Fuente: Cruzate y Moscatelli, 2009 (modificado de 16).

La necesidad de realizar cambios en el paradigma productivo de comienzo de siglo permitió desenfocar (al menos en parte) la atención sobre los cultivos tradicionales, logrando grandes avances en las investigaciones sobre cultivos alternativos que pudieran ser incorporados a los necesarios sistemas de rotación.

Así, reapareció el cultivo de garbanzo, que había estado originalmente marginado a suelos menos productivos del país tales

como los entisoles, y bajo sistemas de riego por gravedad, muy poco eficientes. El garbanzo ha sido incorporado con éxito en los nuevos sistemas productivos, contribuyendo a diversificar la producción y la economía. Logró adaptarse a los nuevos sistemas de laboreo reducido y sistemas de riego, permitiendo una agricultura menos agresiva para los suelos del centro norte del país.

Ecología

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es un cultivo anual de clima seco que se desarrolla en numerosas regiones del mundo, sobre todo en zonas áridas y semiáridas, donde se ha ido adaptando a condiciones adversas de clima y suelo.

Durante la fase reproductiva es sensible a temperaturas diarias superiores a 35°C e inferiores a 15°C, afectando la producción de flores y vainas (11).

Es un cultivo muy susceptible a enfermedades fúngicas, por esto el garbanzo fue llevado a áreas ecológicamente similares a las de origen, donde constituye una interesante alternativa nutricional, sobre todo por su contenido de proteínas. Sin embargo, por medio del mejoramiento genético se ha creado material resistente que puede ser cultivado en regiones más húmedas, donde las enfermedades fúngicas son más frecuentes.

El garbanzo es una especie dicotiledónea, perteneciente a la familia de las fabáceas (papilionáceas). Se distinguen dos grandes tipos:

- Kabuli: produce semillas de tamaño grande y colores claros (blanco, crema, amarillo o anaranjado); corresponde al tipo de garbanzo más cultivado en Argentina.
- Desi: produce semillas más pequeñas, de color más oscuro debido a que el tegumento presenta fenoles.

Al momento de definir la siembra, se debe tener en cuenta el tipo de semilla que se utilizará, ya que a partir de este momento la

planta (en estado latente en la semilla) comienza su interacción con el suelo. El contenido de carbohidratos en la semilla determina la capacidad de esta de sortear obstáculos, ya sean físicos o biológicos.

Al considerar los cultivares es necesario inferir el comportamiento de cada uno; así, las semillas tipo Kabuli presentan mayor contenido de carbohidratos necesarios para alimentar a la plántula en el momento de germinación. Si se tiene en cuenta las temperaturas de suelo, a medida que estas disminuyen, el período de germinación es más largo, siendo el consumo de reservas de los cotiledones mayor. Esto debe ser analizado en función a la fecha de siembra (otoño - invierno en Argentina predominantemente), donde, a medida que se atrasa, menor será la temperatura y más lenta la emergencia. Se debe tener en cuenta también la latitud en la que se esté trabajando. Si la emergencia es más lenta, el ataque por los patógenos del suelo será más probable, disminuyendo el stand de plantas final.

Si se decide sembrar un cultivar Desi, como la semilla es de tamaño pequeño se contará con menos cantidad de nutrientes para la plántula en los estadios más tempranos. Por esta razón, deben ser sembrados en fechas más tempranas o en latitudes menores para que las temperaturas de suelo sean más altas. Este tipo de semilla presenta un tegumento enriquecido por fenoles, lo que la protege del ataque de patógenos de suelo. A pesar de esta ventaja, es necesario considerar otros aspectos como la comercialización, ya que el cultivar tipo Desi no es aceptado por el consumidor en nuestro país.

Requerimientos edáficos e hídricos

El garbanzo prefiere suelos sueltos, arenosos, de buena infiltración, neutros a ligeramente alcalinos, donde la humedad no constituya un problema para posibles podredumbres (damping off, fusariosis) de la semilla y la raíz. Los requerimientos hídricos son superiores a 300 mm en todo el ciclo, dependiendo del cultivar, el largo del ciclo y las condiciones climáticas locales como temperatura y evapotranspiración.



Los rendimientos obtenidos a nivel mundial, en promedio, son de 880 kg/ha y en Córdoba (Argentina) 1400 kg/ha (promedio de 6 años), ambos en condiciones de secano. Mientras que bajo regadío se acercan a los 1500 kg/ha (24) y a los 2800 kg/ha (promedio 3 años) respectivamente (6). El período crítico del cultivo está comprendido entre floración y comienzo de crecimiento de la semilla, pudiendo disminuir el rendimiento en un 65% respecto a condiciones de riego continuo (27). Con riegos durante el período crítico, el rendimiento obtenido sería de un 80% del potencial. La mejor opción es aplicar el riego al comienzo de la floración y luego otro cuando el contenido de agua del suelo alcanza el 50% del agua útil (15, 17, 27). Las estrategias que utiliza la planta para contrarrestar el stress hídrico son la generación de un sistema radical profundo, ajuste osmótico, altos potenciales osmóticos en la hoja, floración y madurez temprana, alta biomasa y redistribución de asimilados de tallos y hojas hacia la vaina durante el período de formación de vainas (15).

Bajo condiciones de secano en nuestro país, durante la época en que se siembra generalmente este cultivo, la realización de un barbecho previo es necesario para poder acumular agua en el perfil, ya que las lluvias son escasas durante el período de desarrollo del cultivo, es decir en invierno. Las experiencias en un seguimiento de seis años de cultivo bajo secano, los rendimientos estuvieron entre 600-2200 kg/ha (Carreras, com. pers.).

El manejo tradicional del cultivo con riego consiste en inundar los lotes, para luego de 20 a 30 días sembrar. La falta de sistematización de los terrenos irregulares, limitan la posibilidad de riegos post-siembra, debido a la acumulación de agua libre en depresiones, favoreciendo el desarrollo de enfermedades fúngicas, especialmente las promotoras del dumping off (18).

Tolerancia a la salinidad

La salinidad del suelo afecta el rendimiento del cultivo, disminuyendo la absorción de nitrógeno por reducción de la actividad biológica edáfica y la fijación simbiótica. El garbanzo es

especialmente sensible a salinidad durante la fase reproductiva (8). Quizá por esto, Van Hoorn et al. (30) encontraron que los rendimientos en garbanzo disminuyeron un 40% con conductividades eléctricas (CE) de 2,4 dS/m, 50% con CE de 3 dS/m y 70% con CE de 3,8 dS/m, aunque esta legumbre es considerada como medianamente tolerante a salinidad.

La salinidad, como en todos los vegetales, reduce el diferencial de potencial osmótico necesario para tomar agua. Este potencial depende de la concentración salina en el agua del suelo, por lo que, si mantenemos buenos niveles de humedad las concentraciones disminuyen, además de que permite en los suelos de buena infiltración, el lavado de las sales. Estas consideraciones deben ser tenidas en cuenta en condiciones de secano, ya que el cultivo se realiza en épocas invernales, donde las lluvias son escasas, encontrando bajos contenidos hídricos.

Existen cultivares más resistentes que otros. Se ha observado en ensayos (no publicados) que los genotipos Desi presentan mayor tolerancia que los genotipos Kabuli, generando mayor superficie de absorción radicular. La salinidad produce una disminución en la velocidad de emergencia de la planta (14), aumentando la probabilidad de ataque por patógenos y utilizando mayor cantidad de reservas de la semilla. Se recomienda en sistemas bajo riego que la semilla sea colocada al costado del surco con el fin de que la mayor concentración de sales en el medio del surco no afecte su crecimiento (13).

Asimismo, Tejera et al. (28) encontraron que aquellos cultivares que acumulaban mayor cantidad de sodio en las raíces y menor en las hojas, eran los más resistentes a salinidad. Este tipo de estrategia fisiológica reduce los daños a nivel de procesos fotosintéticos por acumulación de sodio y cloruros. Este mecanismo fisiológico tendría origen genético, por lo que podría constituir una característica a tener en cuenta frente al mejoramiento genético de esta especie destinada a suelos salinos.



Desarrollo radicular

El cultivo de garbanzo requiere suelos profundos para una buena expresión de su potencial productivo, esto quiere decir que suelos compactados con bajos niveles de porosidad disminuyen su crecimiento. Potencialmente, las raíces de la planta pueden llegar hasta los 2 m de profundidad, lo que implica que explora un buen volumen de suelo. Esto es importante ya que, si bien la absorción de agua y nutrientes va decreciendo a medida que profundizamos, el aporte de horizontes subsuperficiales sigue siendo de mucha importancia.

Las leguminosas, en general, son más susceptibles a la compactación de suelo que las gramíneas, debido a su sistema radicular alorrizo, el cual consta de un pivot principal y raíces laterales (17). Si el pivot principal no puede desarrollarse, el número de raíces laterales va a ser menor, disminuyendo la superficie absorbente. Esto afecta la absorción de agua y nutrientes, sobre todo aquellos poco móviles como fósforo y potasio, generando plantas más pequeñas y menor número de puntos de inserción de vainas. Un pobre sistema radical también influye en la nodulación, necesaria para la obtención de nitrógeno.

Se considera que un 40% de la absorción de agua se hace en el primer cuarto radicular, 30% en el segundo, 20% en el tercero y 10% en el cuarto. Si está presente una capa densa a los 20 cm (efecto muy común en siembra directa y efecto de piso de arado) la planta pierde alrededor del 80% de capacidad de absorción, con la consecuente pérdida de nutrientes solubles arrastrados por el agua. También se ve afectada la disponibilidad de oxígeno, influyendo en la expresión de la planta y la nodulación (17). El stress hídrico produce en garbanzo un mayor crecimiento de las raíces en profundidad. Bajo condiciones de irrigación, cerca de un 80% de la absorción del agua del suelo ocurre a 0,23 m. Bajo condiciones de secano, alrededor del 66% de la absorción ocurre a esta profundidad, mientras que el resto explora el perfil hasta los 2 m (5).

En presencia de suelos alcalinos, como los del noroeste de Córdoba, que pueden inmovilizar fósforo y calcio, las raíces de garbanzo exudan ácidos orgánicos (ej. cítrico, málico) reduciendo el

pH en el volumen próximo de la rizósfera, a fin de poder obtener dichos nutrientes (9). El desarrollo de un buen volumen de raíces es fundamental para un mejor aprovechamiento del fósforo, nutriente poco móvil que se mueve por difusión a tasas muy bajas.

Labranzas y manejo de rastrojos

Los sistemas de labranza mínima (siembra directa) permiten al suelo ganar en estabilidad de agregados, mejorar los contenidos de humedad del perfil y evitar procesos de erosión. Se ha demostrado que se obtienen altos rendimientos en garbanzo bajo estas condiciones (4, 12), obteniéndose mayor cantidad de biomasa cosechada. Le siguen sistemas con labranza reducida (ej. cincel), que permiten mantener la cobertura de rastrojo en un 80% y mejorar las condiciones de infiltración de agua. La incorporación de la siembra directa ha sido un salto tecnológico muy importante para el cultivo de garbanzo, reflejado en el aumento de superficie y en sus rendimientos, que pasaron de 500 a 2000 Kg/ha (7). El inicio de la siembra directa en el Noreste de Córdoba se efectuó en secano, utilizando el agua acumulada en el perfil. A esto se sumó una siembra con mayor densidad de plantas y menor distancia entre surcos, para reducir la evaporación y mejorar la eficiencia de uso del agua a nivel de lote, con la aplicación de cura semillas, inoculantes, control de malezas con herbicidas y se observó baja presencia de enfermedades fúngicas (Carreras, com. pers.).

El efecto del barbecho es mejor mientras más árida sea la región de cultivo y mayor sea tanto su duración como la capacidad de retención de agua en el perfil. Por ejemplo, para suelos haplustoles énticos en el centro-oeste de La Pampa, Quiroga et al. (22) obtuvieron valores de 96 mm de agua acumulada en el perfil para barbechos cortos (10 días), 112 mm para barbecho medios (40 días), y de 149 mm para barbechos largos (70 días). Asimismo, el agua almacenada bajo sistema de siembra directa superó en 45 mm a la cantidad almacenada bajo labranza convencional.



Los sistemas de siembra directa tienen la desventaja de la acumulación progresiva de rastrojo en superficie, que genera un mulch grueso que impide, después de 10 años de laboreo con siembra directa, una adecuada práctica de siembra. Algunos recomiendan una remoción del suelo cada 7 a 10 años, dependiendo de las condiciones ecológicas y de manejo (23). La cantidad de rastrojo acumulado depende también del tipo de cultivo utilizado en la rotación; no es lo mismo el volumen aportado por un cultivo de maíz que por uno de girasol.

La labranza convencional produce el desmenuzado de los agregados, generando una óptima cama de siembra, favorable para la germinación (ya se vio que el período de crecimiento de la plántula en este estadío es crítico para obtener un buen stand de plantas). Esta labranza produce la total incorporación del rastrojo de superficie, aumentando los niveles de mineralización (críticos en época invernal), pero genera más erosión (importante en zonas de montaña), planchado del suelo y aumenta la evaporación del agua.

Cualquiera sea el tipo de laboreo es conveniente hacer una buena combinación de prácticas culturales por medio de la elección de la fecha de siembra, la temperatura del suelo, la calidad de la semilla, elección de un curasemillas. Es importante considerar el área en que se realiza el cultivo; no es lo mismo sembrar en zonas secas que en zonas húmedas.

Rotaciones

El garbanzo probó ser buen cultivo antecesor de maíz y soja bajo siembra directa en zonas semiáridas y subhúmedas (2).

Las rotaciones con gramíneas permiten morigerar el efecto de densificación por su sistema radicular homorrizo, mejorando la estructura del suelo y la relación carbono/nitrógeno debido a la acumulación de restos de raíces. Una mayor relación carbono/nitrógeno de la materia orgánica presenta menor susceptibilidad a la mineralización, mejorando las características

físicas del suelo y permitiendo una mejor infiltración del agua. Las gramíneas, en un sistema de rotación con garbanzo, permiten obtener un adecuado mulch superficial que mejora la retención de agua.

En rotaciones garbanzo/trigo, el aporte de nitrógeno dado por el garbanzo al rendimiento final del trigo es positivo (15). La fijación de nitrógeno por el garbanzo permite aumentos de rendimiento en más de un 50% respecto a aquellos sistemas donde se realiza monocultivo de trigo o rotaciones con otras gramíneas. Asimismo, el rastrojo aportado por el garbanzo deja una buena cantidad de nitrógeno potencialmente mineralizable, susceptible a ser usado por el cultivo siguiente en el plan de rotaciones.

Si tenemos en cuenta índices de cosecha de 35 a 60% (26), el aporte de nitrógeno del rastrojo no es despreciable, dejando entre 48 y 78 kg/ha de nitrógeno potencialmente mineralizable. Estos valores se suman al nitrógeno sobrante por fijación biológica.

Los máximos rendimientos en trigo se obtienen cuando este cultivo se encuentra en un esquema de rotación con garbanzo y además se aplican fertilizantes nitrogenados. Sin embargo esta aplicación de nitrógeno sólo aumenta los rendimientos del trigo en un 10% respecto al no fertilizado bajo el mismo sistema de rotación. Igual incremento se obtiene en monocultivo de trigo con fertilización respecto a monocultivo sin fertilización (3). Comparando el monocultivo de trigo con fertilización respecto a trigo bajo rotación trigo-garbanzo sin fertilización, los rendimientos del trigo son similares en ambos casos, por lo que puede apreciarse las ventajas de la rotación.

Ensayos de rotaciones garbanzo – sorgo con uso de bioinoculantes han dado resultados interesantes. La aplicación de estiércol junto a *Azospirillum* en sorgo, *Rhizobium* en garbanzo y especies de *Glomus* y *Bacilus* para ambos cultivos, produjeron un mejor aprovechamiento de los nutrientes (N y P), aumentando la biomasa total de los cultivos (25). Sumado a esto, las raíces del sorgo producen un efecto favorable sobre las características físicas del suelo.

Es muy importante considerar que, si se siembra garbanzo bajo secano posterior a cultivos estivales, el contenido hídrico del suelo es crítico para lograr un adecuado desarrollo del cultivo. Esto es especialmente negativo en sucesiones sorgo – garbanzo por la gran desecación del suelo provocado por esta gramínea en los últimos momentos del ciclo de cultivo, por lo que se sugiere que el cultivo antecesor a garbanzo sea de ciclo corto.

El garbanzo en sistemas agroforestales

De acuerdo a un estudio realizado por Puri et al. (20) en una combinación *Prosopis* – *Cicer*, este último resultó beneficiado cuando fue sembrado entre 3 y 5 m de distancia respecto al fuste (aunque bajo la canopia del árbol). Esto puede deberse a que bajo la canopia arbórea, se obtienen mayores niveles de humedad, disminuyendo la evaporación, favoreciendo el bombeo de nutrientes y el aporte de residuos vegetales al suelo. Hasta los 3 m, sin embargo, la sombra tiende a ser más densa y la planta tiende a desarrollarse con dificultad (Figura 3.2).

Respecto a la necesidad de luz, hay discrepancia en cuanto al efecto del fotoperiodo. El cultivo de garbanzo sería prácticamente neutro al fotoperiodo, por lo que la luz no constituiría un factor crítico en el desarrollo del mismo (ver Toledo, Capítulo 5: Ecofisiología del garbanzo, en este mismo libro). Sin embargo, hay evidencias de disminución de rendimiento bajo influencia de días nublados en siembras realizadas en la zona de Villa María (Córdoba). En este caso, el efecto de la ocurrencia de 20 días seguidos con nubes hizo que las flores no desarrollaran vainas en el Cultivar Chañaritos S-156 (Carreras, com. pers.). Es así que el garbanzo puede o no tener efecto de fotoperiodo dependiendo del material evaluado.



Figura 3.2: Plantas de garbanzo en estado R4 (vainas completamente desarrolladas) achaparradas por efecto de sombreo de Prosopis chilensis (ubicados entre 1 y 3 m de distancia del fuste); La Torre, Provincia de La Rioja. © M. Karlin.

Manejo de nutrientes

Materia orgánica y nitrógeno

El carbono en el suelo presenta comportamientos similares a los del nitrógeno, observándose una acumulación de ambos elementos en superficie, sobre todo si el sistema está manejado por medio de siembra directa (3). Para que ocurra una adecuada mineralización del rastrojo es necesario que el mismo esté incorporado a la masa del suelo, y que la temperatura y humedad favorezcan este proceso. En verano las condiciones ambientales tienden a acelerar las tasas de mineralización, favoreciendo la liberación de nutrientes disponibles para el ciclo de cultivo del garbanzo.



Si el problema que se presenta a la siembra es la falta de agua, sobre todo en sistemas de secano, la incorporación y mayor mineralización de los residuos vegetales elimina el rastrojo superficial, aumentando las tasas de evaporación y la erosión incidente.

Durante la germinación, el nitrógeno es aportado por las proteínas y aminoácidos de los cotiledones. Posteriormente, el nitrógeno se toma del suelo en los primeros estadíos hasta la formación de nódulos. Una vez formados los nódulos, el aporte de nitrógeno a la planta se hace fundamentalmente por fijación biológica. La proporción de nitrógeno total obtenido por la planta por esta vía varía entre 60 y 80%.

Este nutriente es el principal componente de la estructura de la planta, a través de la transformación que realiza a proteínas. Para la formación de grano la planta gasta mucha energía para transformar el nitrógeno en proteínas de alto valor biológico (13).

Altos contenidos de nitrógeno en el suelo al momento de la nodulación pueden ser perjudiciales ya que el gasto energético para obtener nitrógeno a través de fijación biológica es mayor que el realizado por la absorción directa del suelo (1). Sin embargo, algunos autores (15) indican que el nitrógeno residual aplicado al cultivo antecesor en la cadena de rotación (y que queda remanente para el garbanzo), no afectaría la posterior nodulación. Por esta razón, es conveniente dejar un remanente de nitrógeno, procedente de la fertilización del cultivo antecesor. Previo a realizar la inoculación de las semillas, es recomendable realizar un análisis de contenido de nitratos en el suelo. La inoculación es sumamente importante sobre todo en zonas áridas, donde los niveles de nitrógeno total son muy bajos como para permitir un aprovechamiento regular durante el ciclo ontogénico de la planta.

Los requerimientos de nitrógeno en el ciclo del cultivo son entre 120 kg/ha (26) y 150 kg/ha (2), dependiendo del cultivar, rendimiento, temperaturas durante el desarrollo, agua, fertilidad general del suelo. Se debe tener en cuenta el aporte de la mineralización de los rastrojos en las fases finales de la planta (llenado de granos) ya que la fijación biológica va perdiendo funcionalidad.

Fósforo

El fósforo es fundamental ya que la planta lo usa como fuente de energía para los procesos metabólicos en forma de ATP. Este nutriente es poco móvil, por lo que es la raíz la encargada de buscarlo en el suelo, absorbiéndolo por difusión. Su fuente es fundamentalmente inorgánica, siendo el aporte orgánico menor, aunque no menos importante.

Al ser el garbanzo cultivado principalmente en zonas áridas y semiáridas, se puede presentar el problema, en suelos con pH de alrededor de 8, de que los fosfatos se liguen al calcio proveniente de los carbonatos, generando fosfatos de calcio más insolubles. Lo mismo ocurre en suelos de pH más ácido (5,5) donde los fosfatos se ligan al aluminio, fenómeno que ocurre al noreste de nuestro país. A pesar de que la planta posee mecanismos que facilitan la disponibilidad de fósforo por la liberación de ácidos orgánicos, es conveniente que el pH del suelo se mantenga entre 6 y 7, donde la solubilidad de los fosfatos es mayor. Para esto se hacen prácticas de enyesado (en suelos alcalinos) o de encalado (en suelos ácidos), pero son técnicas de muy alto costo. Para que la operación no sea tan costosa, es conveniente realizar estercolado del suelo cuando la explotación es intensiva, con el propósito de que los ácidos de la materia orgánica disminuyan en forma natural el pH, mejorando asimismo la fertilidad del suelo. Si se fertilizara con fósforo un suelo alcalino (rico en carbonato de calcio) se corre el riesgo de que el fósforo sea inmovilizado. Las prácticas de corrección de pH deben ser evaluadas en función a los costos-beneficios.

Los requerimientos promedios de fósforo para el cultivo son de 15 kg/ha (26) a 18 kg/ha (10), es decir entre 6 y 7,2 ppm a extraer en 20 cm de suelo con una densidad de 1,2 Tn/m^3. Estos valores constituyen datos de referencia para decidir sobre la fertilización fosforada, debiéndose realizar análisis de suelo a fin de determinar la dosis a aplicar:

$$Dosis\ a\ aplicar = (Pmeta - Pdisp)\ .\ De$$

siendo *Pmeta* la cantidad de fósforo (ppm) requeridos por el cultivo, *Pdisp* el fósforo disponible en el suelo (ppm) y *De* la dosis equivalente, es decir, los kg/ha requeridos para aumentar en 1 ppm

el P Bray (fósforo extraído mediante solución ácida de fluoruro de amonio) (21).

Se ha observado que la cepa *Mesorhizobium mediterraneum* Jarvis (PECA21) promueve el crecimiento del garbanzo con y sin la adición de fosfatos en el suelo. Los resultados obtenidos por Peix et al. (19) muestran que la eficiencia de movilización de fósforo gracias a esta cepa es mayor, obteniéndose incrementos de 100% de fósforo en planta. Asimismo, se incrementa la materia seca, nitrógeno, potasio, calcio y magnesio, concluyendo que el aporte de esta cepa no se basa únicamente en la adición de nitrógeno, sino que aumentan otros nutrientes. Es posible que, al haber un mejor aprovechamiento del fósforo por la planta, esta tenga un mayor desarrollo radicular que permita explorar y explotar mejor los nutrientes del suelo.

Potasio

El potasio es el componente necesario para el mantenimiento hídrico de la planta ya que regula los potenciales osmóticos, permitiendo comportarse mejor en situaciones de stress hídrico. Es además co-factor de numerosas enzimas utilizadas en el metabolismo. Su absorción se realiza por medio de difusión principalmente, aunque parte lo hace por flujo masal. Los suelos de Argentina son particularmente ricos en este nutriente, pero los contenidos van disminuyendo a medida que se aleja de la región pampeana, hacia zonas de suelos arenosos o la cuña boscosa.

Es necesario realizar análisis de suelo en áreas donde se sospeche la presencia tanto de bajas como altas cantidades de este nutriente. Los requerimientos promedio de potasio en garbanzo son de 60 kg/ha, es decir 25 ppm.

La presencia de NaCl en suelo podría afectar la absorción de potasio por competencia con el sodio. En cultivares resistentes a salinidad, un aumento de NaCl se traduce en incrementos en la relación K/Na en hojas y un aumento de sodio en las raíces (25).

Azufre

En cuanto al azufre, no existen estudios al respecto en garbanzo (ni en la mayoría de los cultivos extensivos). Su comportamiento es similar al nitrógeno, es decir proviene de la mineralización de la materia orgánica, trasladándose en el suelo por flujo masal. Se ha observado en ensayos en soja (*Glycine max* L.) que pequeñas dosis de sulfatos mejoran en forma conjunta con otros nutrientes los rendimientos. Es de esperar un comportamiento similar en garbanzo.

Los requerimientos de azufre registrados en argiudoles (localidad de María Juana, Provincia de Santa Fe) para garbanzo son de 8 kg/tn de grano cosechado bajo condiciones de siembra directa (2).

Aquellos nutrientes (nitrógeno y azufre) que son absorbidos por flujo masal están en relación directa con el contenido hídrico del suelo y los potenciales osmóticos de la planta. Mientras mayores sean las diferencias de los potenciales osmóticos entre suelo y planta, con mayor intensidad serán absorbidos estos nutrientes.

Los nutrientes (fósforo, potasio) que son absorbidos por difusión (diferencia de concentración entre la matriz del suelo y la superficie de la raíz), dependen en buena medida de la capacidad de la raíz de elongarse y de cubrir espacios en el suelo. Es por esto que la fertilización debe hacerse en forma localizada, como se hace con los "arrancadores", colocando los fertilizantes fosforados al costado de la semilla. Para que la elongación ocurra, es necesaria la acción del agua y el nitrógeno, por ello los mayores rendimientos se obtienen cuando se hacen tratamientos con fertilizantes compuestos de varios nutrientes.

Se ha observado en entisoles calcáreos de Turquía (29) que aplicaciones de azufre a suelos bien aireados, junto a fósforo, disminuyeron el pH alcalino del suelo, favoreciendo la absorción del fósforo acompañante en el fertilizante. Esto mejoró la altura de planta, la altura de inserción de vainas (favoreciendo la posterior cosecha), la cantidad de vainas por planta, el número de semillas por vaina, el rendimiento por planta, la cantidad de potasio y fósforo en grano. La aplicación sola de azufre incrementó la cantidad de nitrógeno en hoja y de calcio y magnesio en grano. Estas

interacciones podrían ocurrir también en entisoles del oeste de nuestro país.

Bibliografía

1. Abril, A.; Ryan, A. y J. Carreras. 1997. Inoculación de garbanzo con *Rhizobium sp*. Nativos de la Provincia de Córdoba - Argentina. Revista Argentina de Microbiología 29: 24-31.
2. Albrecht, J.; Meroi, G.; Fontanetto, H.; Sillón, M. y P. Ruffino. 2010. Ensayos de cultivos alternativos campaña 2010/2011. AFA María Juana, Santa Fé, Argentina. 8 p.
3. Aslam, M.; Mahmood, I. A.; Peoples, M. B.; Schwenke, G. D. y D. F. Herridge. 2003. Contribution of chickpea nitrogen fixation to increased wheat production and soil organic fertility in rain-fed cropping. Biology and fertility of soils 38 (1): 59-64.
4. Barzegar, A. R.; Asoodarb, M. A.; Khadishc, A.; Hashemid, A. M. y S. J. Herbertd. 2003. Soil physical characteristics and chickpea yield responses to tillage treatments. Soil and Tillage Research 71 (1): 49-57.
5. Benjamin, J. G. y D. C. Nielsen. 2006. Water deficit effects on root distribution of soybean, field pea and chickpea. Field Crops Research 97 (2-3): 248-253.
6. Britos, L. 2011. Rendimientos de garbanzo en secano y con riego en Córdoba. Jornada Grupo Crea. Jesús María, Córdoba, Argentina.
7. Carreras, J.; Allende, M. J.; Orecchia, E.; Rosso, M. y J. Saluzzo. 2006. Siembra directa de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Norte de Córdoba: efectos de la densidad de siembra en el rendimiento. XXIX Congreso de Horticultura. Catamarca, Argentina. Pp.: 26.
8. Colmer, T. D. y V. Vadez. 2014. Salt tolerance in chickpea: Towards an understanding of sensitivity to salinity and prospects

for breeding for improved resistance. Legume Perspectives 3: 18-19.

9. Dakora, F. D. y D. A. Phillips. 2002. Root exudates as mediators of mineral acquisition in low-nutrient environments. Plant and Soil 245 (1): 35-47.
10. Fontanetto, H. 2011. Aspectos sobre la fertilización y nutrición del garbanzo. En: BASF. Informe sobre el cultivo de garbanzo. INTA. FCA-UNL. 18 p.
11. Gaur, P. M.; Tripathi, S.; Gowda, C. L. L.; Ranga Rao, G. V.; Sharma, H. C.; Pande, S. y M. Sharma. 2010. Chickpea Seed Production Manual. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India. 28 p.
12. Hemmat, A. e I. Eskandarib. 2004. Tillage system effects upon productivity of a dryland winter wheat–chickpea rotation in the northwest region of Iran. Soil and Tillage Research 78 (1): 69-81.
13. Karlin, M.; Felicetti, J.; Coirini, R. y J. Carreras. 2003. La acción de los suelos de Tuclame en el cultivo de garbanzo. Cartilla técnica. FCA-UNC. 28 p.
14. Katerji, N.; van Hoorn, J. W.; Hamdyc, A.; Mastrorillid, M.; Oweise, T. y R. S. Malhotrae. 2001. Response to soil salinity of two chickpea varieties differing in drought tolerance. Agricultural Water Management 50 (2): 83-96.
15. López-Bellido, L.; López-Bellido, R. J.; Castillo, J. E. y F. J. López-Bellido. 2004. Chickpea response to tillage and soil residual nitrogen in a continuous rotation with wheat. I. Biomass and seed yield. Field Crops Research 88 (2-3): 191-200.
16. Panigatti, J. L. 2010. Argentina 200 años, 200 suelos. Ed. INTA Buenos Aires, Argentina. 345 p.
17. Pardo, A.; Amato, M. y F. Quaglietta Chiarandàb. 2000. Relationships between soil structure, root distribution and water uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Plant growth and water distribution. European Journal of Agronomy 13 (1): 39-45.

18. Pastrana, C.; Fhilde, V. y S. García Medina. 1990. Respuesta del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la disponibilidad hídrica. Informe Técnico Equipo Legumbre Secas-INTA, Salta, Argentina. Inédito. 7 p.

19. Peix, A.; Rivas-Boyero, A. A.; Mateos, P. F.; Rodriguez-Barrueco, C.; Martínez-Molina, E. y E. Velazquez. 2001. Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber conditions. Soil Biology and Biochemistry 33 (1): 103-110.

20. Puri, S.; Kumar, A. y S. Singh. 1994. Productivity of Cicer arietinum (chickpea) under a *Prosopis cineraria* agroforestry system in the arid regions of India. Journal of Arid Environments 27: 85-98.

21. Quintero, C. E. 2002. Dosificación del fósforo según tipos de suelos. Informaciones Agronómicas 16: 8-10.

22. Quiroga, A. R.; Funaro, D. O.; Fernández, R. y E. J. Noellemeyer. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. Ciencia del Suelo 23 (1): 79-86.

23. Rollán, A.; Karlin, M. y O. Bachmeier. 2004. Siembra directa y densificación superficial en molisoles del centro norte de Córdoba. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y II Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos, Paraná, Argentina. 6 p.

24. Sadri, B. y T. Banai. 1996. Chickpea in Iran. En: Saxena, N. P.; Saxena, M. C.; Johansen, C.; Virmani, S. M. y H. Harris. (Eds.). Adaptation of chickpea in the west Asia and north Africa region. ICARDA, Aleppo, Siria. Pp.: 23-34.

25. Sainia, V. K.; Bhandarib, S. C. y J. C. Tarafdar. 2004. Comparison of crop yield, soil microbial C, N and P, N-fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops. Field Crops Research 89 (1): 39-47.

26. Saxena, M. C. 1987. Agronomy of chickpea. En: Saxena, M. C. The chickpea. CAB International. Pp.: 221-225.

27. Soltani, A.; Khooieb, F. R.; Ghassemi-Golezanib, K. y M. Moghaddamb. 2001. A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in a semiarid environment. Agricultural Water Management 49 (3): 225-237.

28. Tejera, N. A.; Soussi, M. y C. Lluch. 2006. Physiological and nutritional indicators of tolerance to salinity in chickpea plants growing under symbiotic conditions. Environmental and Experimental Botany 58 (1): 17-24.

29. Togay, N.; Togay, Y.; Cimrin, K. M. y M. Turan. 2008. Effects of rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus applications on yield, yield components and nutrient uptakes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). African Journal of Biotechnology 7 (6): 776-782.

30. Van Hoorn, J. W.; Katerji, N.; Hamdy, A. y M. Mastrorilli. 2001. Effect of salinity on yield and nitrogen uptake of four grain legumes and on biological nitrogen contribution from the soil. Agricultural Water Management 51 (2): 87-98.

CAPÍTULO 4

EL CULTIVO DE GARBANZO Y LOS FACTORES DEL AMBIENTE

José A. Saluzzo

Producción de garbanzo, importancia de la temperatura y el agua

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) se distribuye tradicionalmente en las regiones templadas, subtropicales y tropicales del hemisferio norte, principalmente entre los 20° y 40° Lat. N. Un área de menor de producción se sitúa entre los 10° y 20° Lat. N en las regiones elevadas de la India y Etiopía (1, 3, 6).

Esta especie presenta básicamente dos tipos de plantas, **Desi** que se multiplican entre los 20° y 30° Lat. N y **Kabuli** que se producen por encima de los 30° Lat. N. Las principales diferencias entre ellos radican en la arquitectura de planta y respuesta a los factores del ambiente. La ubicación geográfica influye sobre la duración del día (fotoperiodo), temperatura y precipitaciones. Dichos factores determinarán las épocas de siembra en los diferentes ambientes productivos (8). En la Tabla 4.1 se presentan los momentos de siembra a nivel mundial y la duración del fotoperiodo (1).

En base a la distribución de las precipitaciones anuales, se distinguen dos tipos de ambientes productivos:

La Región Central y Este de Asia, Norte de África, Sur y Norte de América y algunas áreas de Australia, con áreas que van de los 200

(predominantemente en invierno) hasta aproximadamente 700 mm anuales, con una distribución proporcional entre el invierno y verano.

Región Sur de Asia, Este del África, partes de Australia y Norte y Sur de América. Este grupo presenta zonas áridas con precipitaciones estivales inferiores a los 400 mm, y la región mexicana con valores entre los 100 y 300 mm anuales.

Tabla 4.1: Latitud, momento de siembra y fotoperiodo al momento de siembra de algunos centros de producción de garbanzo (adaptado de van der Maesen -8-).

País	**Latitud**	**Ciudad**	**Latitud**	**Momento de siembra**	**Fotoperiodo al momento de siembra**
España	35-43° N	Madrid	40°25′	mar	11:17-12:40 h
Turquía	37-42° N	Ankara	39°55′	mar	11:18-12:39 h
Tunez	29-35° N	Beja	36°43′	ene-abr	9:41-13:41 h
Iran	30-37° N	Teheran	35°41′	ene-mar	9:47-12:33 h
Pakistan	25-38° N	D.I. Khan	31°51′	med. set-med. oct	12:24-11:28 h
India	15-37° N	Nueva Delhi	28°70′	oct-nov	11:54-10:37 h
		Nagpur	21°10′	med. set-nov	12:50-11:00 h
Mexico	15-30° N	Monterrey	25°40′	oct-nov	11:55-10:36 h
Etiopia	5-15° N	Dire Dawa	9°02′	set-nov	12:18-12:02 h
				abr	12:14-12:27 h
Argentina	20-33° S	Córdoba	31°22′	abr-may	10:56-10:07 h

Estrategias de siembra

El objetivo para la definición del momento de siembra, es ubicar el cultivo dentro del sistema productivo local y en condiciones favorables para el crecimiento y desarrollo.

Puede ocurrir, y tomando como ejemplo a dos condiciones ambientales de regiones productivas, que la siembra se tenga que definir según la disponibilidad de humedad edáfica inicial (3, 6), dos posibles estrategias para el momento de siembra: a) que haya precipitaciones durante la mayor parte del ciclo, con períodos prolongados de temperaturas bajas invernales (Figura 4.1). Esta situación se asemeja a lo que ocurre en la Pampa Húmeda Argentina,

y que permitirá una ventana de siembra más prolongada; b) que las precipitaciones sean escasas o nulas en el invierno, y que todo el desarrollo del cultivo dependa del agua inicial en el momento de siembra, y con reducidos períodos de temperaturas bajas invernales. (Figura 4.2). Esta situación es descriptiva de lo que ocurre en la Pampa Seca Argentina, con una limitada ventana de siembra, por el escaso aporte de lluvias invernales.

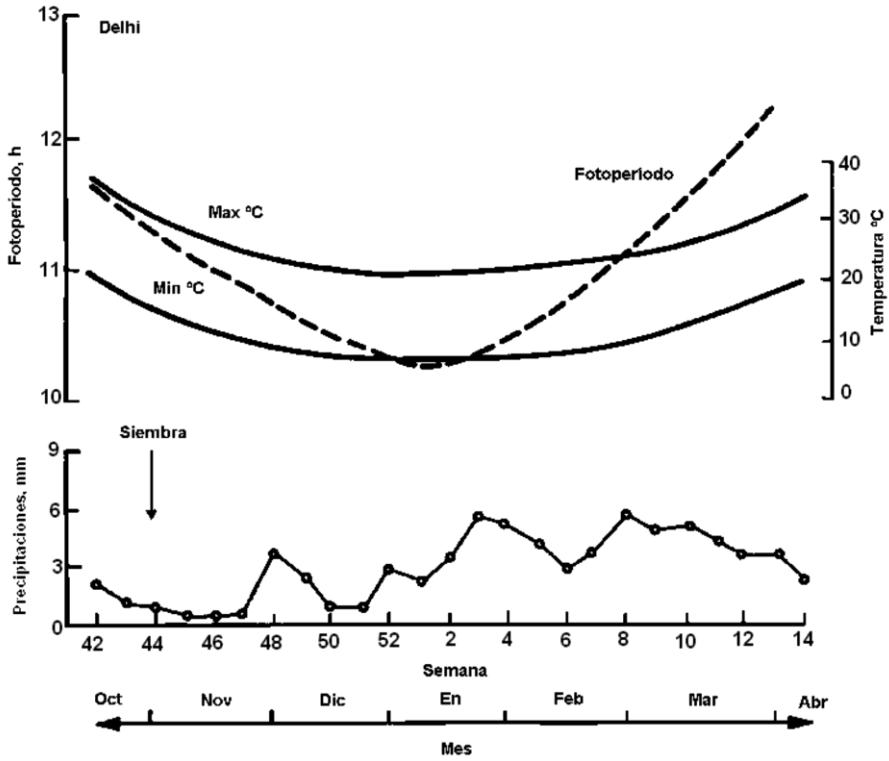


Figura 4.1: Condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo de garbanzo en Delhi, India (extraído de Khanna-Chopra y Sinha -3-).

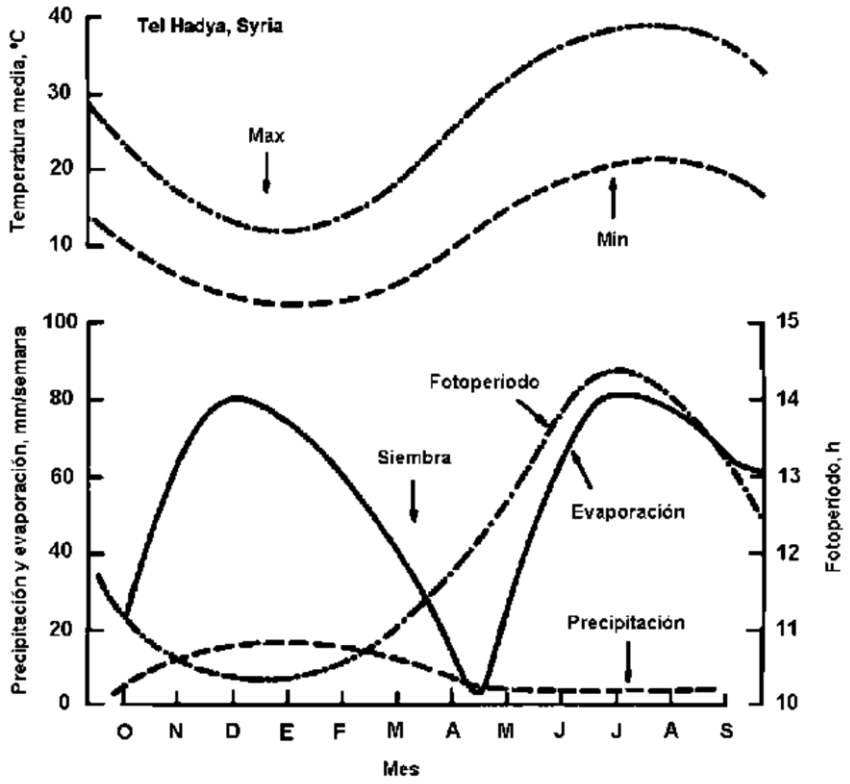


Figura 4.2: Condiciones climáticas durante el ciclo de cultivo de garbanzo en Tel Hadya, Siria (extraído de Khanna-Chopra y Sinha -3-).

A continuación, la Tabla 4.2 resume las diferentes estrategias de manejo, según el ambiente y sus características.



Tabla 4.2: Estrategias de siembra del garbanzo en distintos lugares del mundo (adaptado de Berger y Turner -1-).

	Región	Precipitación y temperatura	Manejo del cultivo	País o Región
Siembra de otoño, Cultivo en estación lluviosa madurando a fines de primavera o al inicio del verano	Invierno cálido y baja presión de *Ascochyta*. Precipitaciones dentro de la estación para minimizar sequía al final del ciclo.	**Precipitación anual baja e invernal.** Temperaturas de verano altas.	Riego suplementario para disminuir efecto de la sequía.	Irán, Israel, Egipto, Siria, Marruecos, Algeria, California, Australia.
Siembra de primavera, Cultivo en estación post lluvias madurando en el verano.	Minimiza efectos por heladas, enfriamiento y enfermedades. Se usa la humedad edáfica almacenada.	Regiones cálidas tienen siembras más tempranas que otras con menores temperaturas invernales. Chile tiene cultivo estival por bajas temperaturas.	Siembra invernal intensifica efectos de *Ascochyta* y heladas, reduce efecto de la sequía.	España, Irak, Turquía, NO del Pacífico, Chile.
Siembra de otoño, Cultivo en estación post lluvias.	Regiones productoras más importantes. Se usa la humedad edáfica almacenada y suelos con buena capacidad de retención de humedad.	**Precipitaciones concentradas principalmente en verano.**	Uso de riego pre-siembra y ocasionalmente suplementario para reducir efecto de sequía. Efecto de *Fusarium.*	México, Sudan, N y S de India, Bangladesh, Myanmar, NE de Australia, Argentina.
Siembra de primavera, Cultivo en estación lluviosa	Áreas frías, con exposición del cultivo a *Ascochyta* y a bajas temperaturas a final del ciclo.	**Precipitaciones concentradas principalmente en verano.** Primavera húmeda y fría.	Siembra temprana para prolongar ciclo.	N de E.U.A., Canadá, Australia zona con precipitaciones estivales.

Zonas de producción en Argentina

Características generales del cultivo

En Argentina se utiliza el tipo comercial Kabuli cuya siembra se realiza desde los 20° a los 33° de Lat. S, en la zona semiárida o árida (2) (Lámina 4.1). La ventana de siembra comienza en abril y se prolonga hasta julio, dependiendo de los tipos varietales utilizados entre los que se puede mencionar a Mexicano, Blanco Lechoso Español, Saúco, Chañaritos S-156, Norteño, Kiara UNC-FCA y Felipe UNC-FCA. A excepción de los dos primeros, que son de ciclo intermedio o corto, los otros materiales son de ciclo largo, y desarrollan una adecuada estructura vegetativa durante el período invernal, iniciando la floración entre la última quincena de agosto y la primera de septiembre.

El cultivo se adapta muy bien en condiciones de secano, con humedad acumulada de las lluvias estivales previas a la siembra. El requerimiento hídrico es de alrededor de los 300 mm. Con esta disponibilidad de agua, mas unos 20 mm en agosto en plena floración, el cultivar Chañaritos S-156 ha logrado rendimientos promedios de 2000 kg/ha durante las campañas agrícolas 2005-2006 La siembra tradicional con un espaciamiento de 0,70 m prácticamente se dejo de lado, siendo reemplazada por la siembra directa con espaciamiento a 0,52 m (2). La recolección de los granos se realiza con cosechadoras de soja, adecuando la velocidad y la abertura del cilindro y del cóncavo. Por ser un cultivo indeterminado, es decir ramas y flores en los ápices, se suelen utilizar desecantes químicos para lograr un producto uniforme al momento de la cosecha.

Localización de las zonas de producción potencial del cultivo

Los registros de la Tabla 4.3 fueron utilizados para establecer las áreas potenciales para la producción en el país, tomando como referencia las tradicionales zonas garbanceras nacionales, con un rango de temperaturas para el desarrollo de 10 a 35°C, con valores promedio de precipitaciones anuales entre 500 y 700 mm. Por debajo de 300 mm corresponde a zonas andinas con riego complementario,



y por encima de los 900 mm se registran algunas nuevas localidades productoras. El ciclo abarca las siembras otoñales (abril-julio) con cosechas primaverales (noviembre-diciembre).

Tabla 4.3: Datos de ciclo, temperatura y precipitaciones cardinales para definir zonas de producción potencial del cultivo de garbanzo en el país.

Temperatura (T)		**Precipitaciones** (PP)		**Período de crecimiento** (días)	
Absoluta letal	- 9 °C	Mín.	300 mm	Mínimo	150
Mín.	10 °C	Mín. óptima	400 mm	Máximo	210
Mín. óptima	15 °C	Máx. óptima	700 mm		
Máx. óptima	30 °C	Máx.	900 mm		
Máx. (detiene desarrollo)	35 °C				

La zona de producción potencial ocupa la franja central de Argentina, clara transición entre la región andina y el litoral argentino (Lámina 4.1). A su vez, los bordes de esta franja, señalan un cambio gradual de las condiciones térmicas (eje norte-sur) y pluviométricas (este-oeste), disminuyendo las probabilidades de éxito de cultivo hacia el este por exceso de humedad y hacia el oeste por la combinación de bajas precipitaciones (bajo secano) y altas temperaturas; hacia el norte por exceso y al sur por déficit de temperaturas.

Para localidades ubicadas en similares latitudes, se observan variaciones en las precipitaciones y temperaturas en relación a la altitud. Tal es el caso de las localidades salteñas de Cerrillos (1310 msnm) y Tolloche (285 msnm) con niveles de precipitaciones similares. La temperatura media invernal de 11,2°C en Cerrillos pasa a 15,9°C en Tolloche, con un ligero incremento de las precipitaciones (11 mm a 14 mm). En este caso, los cambios de altura tienen mayor efecto sobre la temperatura que en las precipitaciones invernales. Ocurre también que hay localidades con diferentes niveles de precipitación media anual y con menor diferencia de altitud entre ambas, donde la temperatura mantiene un valor similar y los registros pluviométricos invernales son distintos. En esta situación se encuentran las localidades cordobesas de Cruz del Eje (515 mm

anuales, 467 msnm) y Porteña (895 mm anuales, 103 msnm). En ambas localidades la temperatura se mantiene en aproximadamente 12°C y las precipitaciones aumentan de 24 mm (Cruz del Eje) a 68 mm (Porteña) durante el período trimestral de invierno.

En localidades ubicadas a distinta latitud, se observa una tendencia moderada del incremento de las precipitaciones y de disminución de la temperatura asociados al aumento de la latitud durante el invierno. Por ejemplo, las precipitaciones del trimestre más frío de Cerrillos (24°54'00"S, 1217 msnm, Salta), comparadas con las de Conlara (32°88'33"S, 895 msnm, San Luis), pasan de 11 mm a 33 mm y la temperatura de 11,2 a 8,8°C, registrando ambas localidades precipitaciones anuales entre 600 y 700 mm. Si se coteja las condiciones de Cerrillos con las de Cruz del Eje, (30°46'60"S, 466 msnm) las precipitaciones del invierno pasan de 11 mm a 24 mm con valores similares de temperatura (11,1 y 12,1°C, respectivamente) aunque las medias pluviométricas anuales son menores en la localidad cordobesa (681 mm vs. 515 mm, respectivamente).

Un comentario aparte merece la zona de la localidad bonaerense de Dolores cuyo registro anual de lluvias es de 575 mm. Esta zona, sin tradición en el cultivo de garbanzo, reúne las condiciones térmicas y pluviométricas adecuadas para la producción, pero con registros de lluvias muy altos (114 mm) asociados a temperaturas bajas (8,3 °C) durante el invierno. Estas condiciones pueden ser predisponentes para la presencia de enfermedades tales como *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labr. En la localidad cercana de Balcarce, la temperatura invernal es similar (8,1°C) pero el período es más húmedo (155 mm), incluso la precipitación anual media es de 827 mm. En esta última localidad la planta podría tener inconvenientes no sólo durante la etapa vegetativa sino también durante la reproductiva.

A fin de tener un panorama más ordenado de la variabilidad climática encontrada entre las localidades con el cultivo, se realizó un análisis por componentes principales y otro de conglomerados por el método del orden jerárquico (5). Los datos climáticos se tomaron de la base de datos mundiales disponibles en DIVA-GIS[1] (4).

[1] Sistema de información geográfica para el análisis de distribución de especies.



El análisis por componentes principales demostró que las características climáticas fueron diferentes entre las localidades y estas se agruparon de distinta forma, siendo explicado prácticamente el 90% de la variabilidad de los datos climáticos con dos componentes (Tabla 4.4). La primer componente principal (CP 1) resalta la importancia de las precipitaciones y su distribución durante el período anual. Por lo tanto, en la medida que aumenta la proporción y la variabilidad de las lluvias estivales, disminuye la cantidad de precipitaciones invernales. Además, la altitud está correlacionada positivamente con la proporción de lluvias estivales y la variación anual de las precipitaciones. Por su parte, la segunda componente principal (CP 2), que explica poco menos de la tercera parte de la variabilidad total, destaca la importancia de las temperaturas invernales y estivales. Ambas están asociadas positivamente, y la temperatura media estival tiene una correlación negativa con la altitud. Dentro de estos resultados, la precipitación anual no tuvo un papel relevante si bien esta fue la variable empleada para definir las zonas con potencial productivo de garbanzo.

Tabla 4.4: Factores para el análisis de componentes principales de las principales características climáticas de localidades argentinas.

Variables	**CP1**	**CP2**
Altitud	0,38	-0,42
% lluvias en invierno	-0,46	-0,11
% lluvias en verano	0,49	-0,08
Lluvia anual	-0,29	0,22
T° media invierno	0,28	0,56
T° media verano	0,10	0,66
CV lluvia anual	0,49	-0,02
Variancia explicada (%)	58,7	28,6

El análisis previo fue complementado con la agrupación de las localidades con condiciones ambientales similares, en base a las variables climáticas descriptas previamente. Si bien la totalidad de las localidades involucradas se caracterizan por presentar las menores

temperaturas y precipitaciones en los meses invernales, es posible agruparlas en cinco tipos de ambientes climáticos (Figura 4.3).

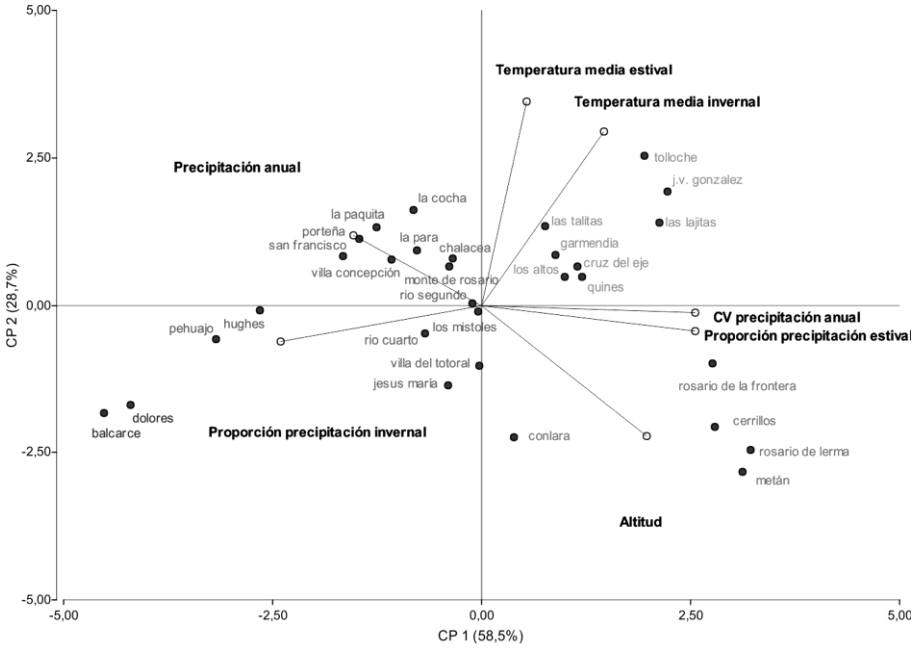


Figura 4.3: Gráfico bivariado de los resultados de 29 localidades argentinas con antecedentes del cultivo de garbanzo en relación a las características climáticas (ver Tabla 4.4) a partir de las dos primeras componentes principales (CP 1 y 2) del análisis de variabilidad (7).

El análisis permite establecer tendencias de estos factores climáticos junto a la altitud.

1. Ambiente cálido y seco en invierno (1° cuadrante). Localidades ubicadas por debajo de los 1000 msnm, con temperatura media invernal igual o superior a los 12°C y baja proporción de lluvias invernales (de 9 a 33 mm). Comprende las localidades de: Tolloche, Joaquín V. González y Las Lajitas (Salta), Garmendia (Tucumán), Las Talitas (Santiago del Estero), Los Altos (Catamarca), Cruz del Eje (Córdoba) y Quines (San Luis).



2. Ambiente fresco y seco en invierno (4° cuadrante). Localidades ubicadas por encima de los 1000 msnm y temperatura media invernal igual o menor a los 12°C. Presenta alta variabilidad de las precipitaciones anuales y baja proporción de las lluvias en los meses invernales (de 8 a 31 mm). Comprende las localidades de: Rosario de Lerma, Metan, Cerrillos y Rosario de la Frontera (Salta), y Conlara (San Luis).

3. Ambiente "mediterráneo" (2° y 3° cuadrante). Localidades ubicadas en su mayoría en la zona centro del país, razón del nombre. Se caracteriza por presentar precipitaciones anuales superiores a los 700 mm y proporción de lluvias invernales intermedia (de 32 a 74 mm). La temperatura media invernal cubre el rango de 10 a 14°C. Se ubican las localidades de: Paquita, La Porteña, La Para, Chalacea, San Francisco, Monte de Rosario, Villa Concepción, Río Segundo, Los Mistoles, Río Cuarto y Jesús María (Córdoba) y La Cocha (Tucumán).

4. Ambiente fresco y húmedo en invierno (3° cuadrante). Localidades con precipitaciones invernales superiores a los 100 mm y temperaturas medias invernales inferiores a los 10°C. Este comprende las localidades de Balcarce, Dolores y Pehuajó (Buenos Aires) y Hughes (Santa Fe). No obstante es posible establecer diferencias entre estas localidades dada la mayor variabilidad de la precipitación anual en las localidades de Pehuajó y Hughes.

Resta por dilucidar, entre otros temas, si los cambios de estos factores ambientales modifican significativamente la respuesta del cultivo. En principio la respuesta es afirmativa ya que existen evidencias de que un mismo genotipo modifica su respuesta en las distintas zonas de producción tradicional de garbanzo. En base a lo expuesto en los puntos anteriores, es posible suponer que los ambientes más fríos y húmedos requerirán no solo estrategias de siembra distintas a las zonas relativamente más cálidas y secas, sino también el empleo de genotipos apropiados a esas condiciones. Un estudio ecofisiológico del cultivo permitirá establecer la intensidad de las interacciones de la planta con los factores ambientales (incluyendo el suelo) en cada una de esas zonas como así también en las de producción potencial del cultivo.

Bibliografía

1. Berger, J. D. y N. C. Turner. 2007. The ecology of chickpea. En: Yadav, S. S.; Redden, R. J.; Chen, W. y B. Sharma (Eds.). Chickpea Breeding and Management. CAB International, Wallingford, UK. Pp.: 47-71.
2. Carreras, J.; Allende, M.; Orecchia, E.; Rosso, M. y J. Saluzzo. 2006. Siembra directa de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Norte de Córdoba: efectos de la densidad de siembra en el rendimiento. XXIX Congreso Argentino de Horticultura, Catamarca, Argentina. Pp.: 26-27.
3. Khanna-Chopra, R. y S. K. Sinha. 1987. Chickpea: physiological aspects of growth and yield. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh, (Eds.). The chickpea. CAB International, Wallingford, UK. Pp.: 163-190.
4. Hijmans, R. J.; Guarino, L.; Bussink, C.; Mathur, P.; Cruz, M.; Barrantes, I. y E. Rojas. 2004. DIVA-GIS versión 4. Sistema de información geográfica para el análisis de distribución de especies. Manual. 83 p.
5. InfoStat (Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; Gonzalez, L.; Tablada, M. y C. W. Robledo). 2005. Estadística y Diseño. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
6. Saxena, M. C. 1987. Agronomy of chickpea. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh (Eds.). The chickpea. CAB International, Wallingford, UK. Pp.: 207-232.
7. Saluzzo, J. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. III Jornada Nacional de Garbanzo. INTA. Pp.: 1-9.
8. van der Maesen, L. J. G. 1972. Cicer L., a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum L.*), its ecology and distribution. Mendeligen Landbouwhoge school Wageningen, Holanda. 341 p.

CAPÍTULO 5

ECOFISIOLOGIA DE GARBANZO

Rubén E. Toledo

Introducción

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una leguminosa que se desarrolla en los trópicos y en las regiones mediterráneas del mundo. En Argentina particularmente se puede producir desde los 20° a los 33° de Latitud Sur, con mejor adaptación en las zonas semiáridas o áridas, donde la siembra se inicia desde abril hasta julio dependiendo de los tipos varietales utilizados (15). El productor agropecuario argentino, incorporó el garbanzo en sus sistemas por varios motivos, entre ellos, por ser una leguminosa fijadora de nitrógeno, por su bajo consumo de agua y por ser un producto requerido en el mercado internacional (11). La superficie sembrada en Argentina de los denominados cultivos alternativos invernales, en la campaña 2014/2015, fue de 1.852.740 hectáreas (ha), de las cuales se destinaron a garbanzo 30.590 ha que representan el 1,7% del total de dicha superficie (20) (Figura 5.1a y b).

En la campaña 2012-2013 se sembró en la Provincia de Córdoba la máxima superficie de los últimos años (38.000 ha), en la siguiente se redujo prácticamente a la mitad (15.000 ha), y en la campaña 2014-15 disminuyó a 10.542 ha (5); esto debido a problemas de sanidad por *Ascochyta sp.*, merma en el precio internacional del grano, y falta de calidad del mismo por lluvias a cosecha. La mayor superficie sembrada fue en los departamentos del centro-noreste de la provincia, principalmente Totoral y Colón, donde surgió como cultivo invernal alternativo al trigo, y que junto con otras especies fue

redescubierto por los productores que lo adoptaron como cultivo alternativo e incrementaron la superficie sembrada.

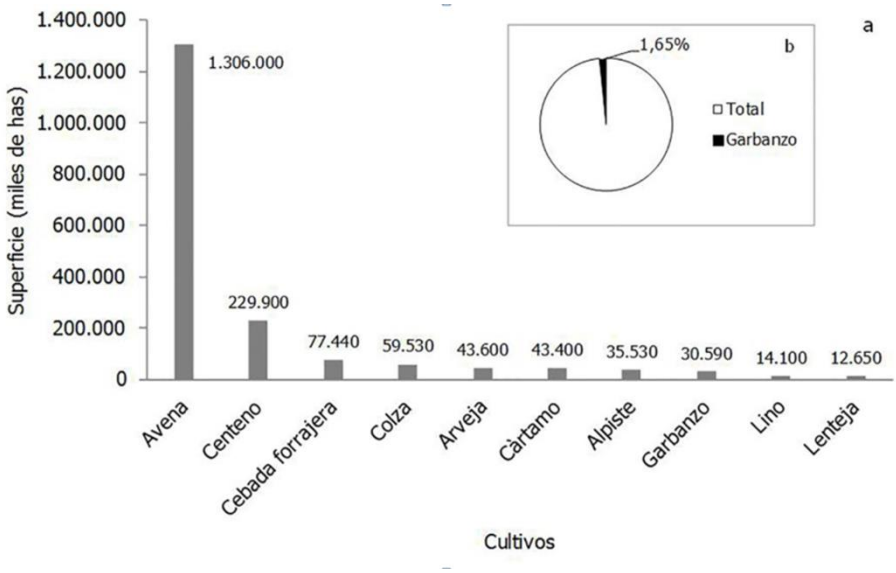


Figura 5.1: a) Superficie sembrada en Argentina de cultivos invernales alternativos (campaña 2014/15); b) participación del garbanzo en la superficie total.

El productor argentino dispone de una oferta limitada de cultivares de tipo Kabuli. Con más de 20 años de inscripto se posiciona Chañaritos S-156 y con más de 15 años Norteño, cuya característica principal es su calibre mayor, en comparación con el anterior. En el 2013 se inscribieron nuevos cultivares Kiara UNC-INTA, Felipe UNC-INTA y para la región del noroeste argentino los cultivares TUC 403 y TUC 464 de la Estación Experimental Obispo Colombres. Por lo tanto, el conocimiento del material disponible y del ambiente de producción, son herramientas que permiten comprender la influencia tanto en el crecimiento como en el desarrollo del cultivo.

Diversos factores influyen en la respuesta productiva del cultivo: a) manejados por el productor (fecha de siembra, elección de la variedad, densidad de siembra, control de malezas, plagas y

enfermedades, etc.), y que definen la estructura final de la planta; b) los que exigen un cierto manejo y conocimiento tecnológico (riego, fertilización, etc.), con el objetivo de mejorar el ambiente productivo; y c) aquellos que no pueden ser manipulados por el hombre, y que son propios del sitio de producción (duración del día, radiación, temperatura, etc.).

El objetivo de este capítulo es presentar aspectos de la ecofisiología del cultivo, que permitan un mejor aprovechamiento de los recursos ambientales, y redunden en una mayor respuesta productiva y calidad de grano.

Desarrollo

Se entiende por desarrollo a los cambios graduales, en estructura y funcionamiento de las distintas partes de la planta (Figura 5.2), que se producen a lo largo del ciclo biológico del cultivo. En base a estos cambios se puede realizar una evaluación y seguimiento de los estadios fenológicos externos. No existe una clave específica publicada para describir las etapas del cultivo. Para facilitar el seguimiento fenológico, retomando aspectos mencionados en el capítulo de morfología de la planta, en la Tabla 5.1 se detalla una clave modificada (16) dividida en tres etapas: germinación (G), vegetativa (V), y reproductiva (R).

Para definir los diferentes estados se debe contar el número de nudos visibles en el tallo principal donde se encuentra cada hoja desarrollada.

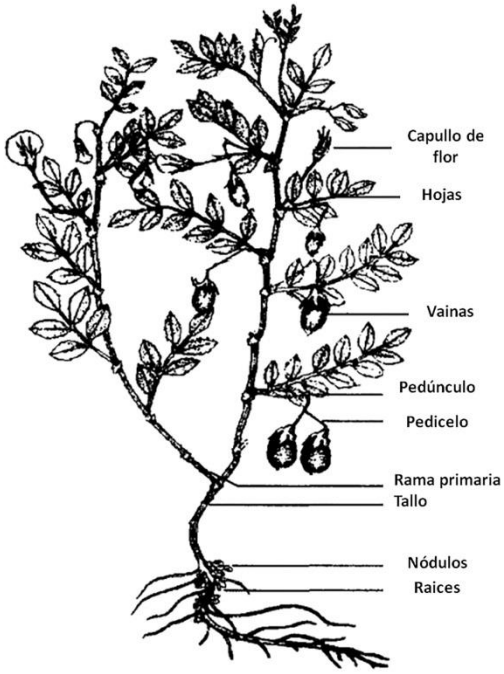


Figura 5.2: Típica estructura de una planta de garbanzo (17).

Como todo cultivo anual, y como se observa en la Figura 5.3, el ciclo está dividido en cinco estados de desarrollo. El tiempo que transcurre entre cada estado se lo denomina fase, y en cada una de las mismas se desarrollan procesos, los cuales se mencionan en la Figura 5.3.

Los estudios fenológicos en garbanzo son limitados, y revelan que la duración del cultivo, y especialmente el tiempo a floración está fuertemente condicionada por el genotipo, por la temperatura, por el fotoperiodo, y por la disponibilidad de agua durante el ciclo, influyendo en gran medida en el crecimiento y el rendimiento del cultivo (7).



Tabla 5.1: Escala fenológica (24).

Etapas	Estado	Descripción
Germinación	00	Semilla seca
	01	Comienzo de la imbibición
	03	Fin de la imbibición
	05	Emergencia de radícula y plúmula
	07	El hipocótilo traspasa el tegumento
Vegetativa	V0	1° nudo -visible debajo del suelo- donde se insertan las hojas cotiledonares opuestas
	VE	2° nudo -visible debajo del suelo- donde se insertan hojas modificadas (catáfilas) desarrolladas -emergencia de plántulas sobre el suelo-
	V1	1° nudo -visible sobre el suelo- donde se insertan hojas modificadas (catáfilas) desarrolladas
	V2	2° nudo -visible sobre el suelo- donde se inserta la 1° hoja estipulada
	Vn	"n" nudos -visibles sobre el suelo- donde se insertan "n" hojas multifoliadas desarrolladas
Reproductiva	R1	Se inicia la floración y se observa una flor abierta en cualquier parte de la planta
	R2	La mayoría de las flores están abiertas
	R3	Inicio de formación de vainas
	R4	Las vainas han alcanzado su tamaño máximo, y se las visualiza aplanadas
	R5	Se inicia la formación de semilla, que comienza a ocupar el lugar que le corresponde dentro de la cavidad de la vaina
	R6	Todas las semillas ocupan la cavidad de la vaina, que se redondea
	R7	Las hojas comienzan a virar de color y el 50% de las vainas se vuelven de color amarillo
	R8	El 90 % de las vainas de la planta son de color amarillo-marrón

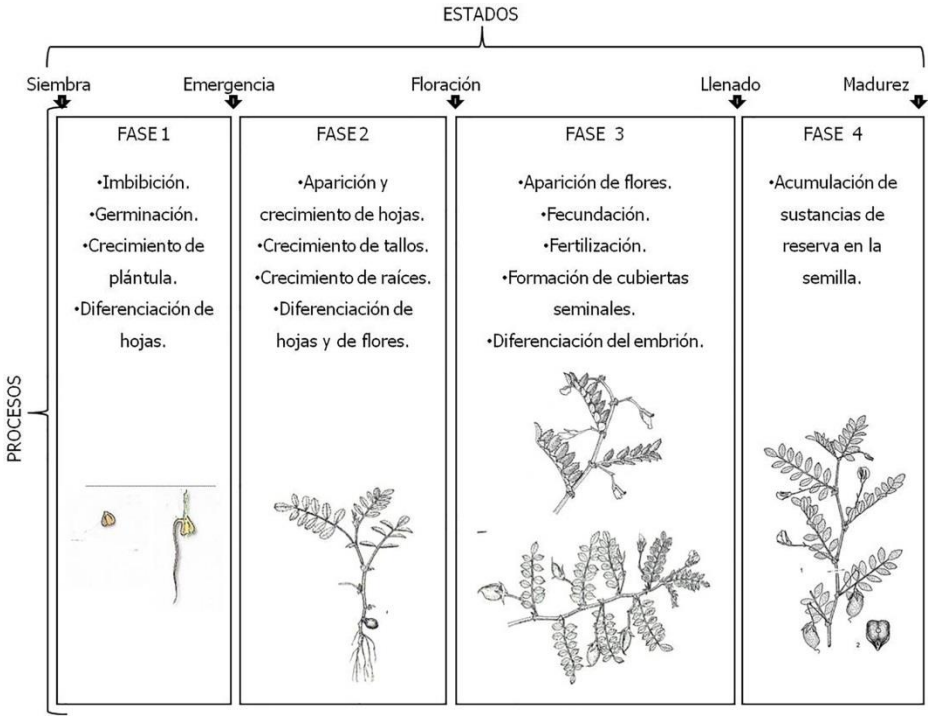


Figura 5.3: Fases y estados de desarrollo. Debajo de cada fase se mencionan algunos ejemplos de procesos de desarrollo, con imágenes representativas. Modificado de Kantolic et al. (8).

Factores que influyen en el desarrollo

Temperatura

El cultivo es sensible a este factor, cuya influencia es sobre la duración de una fase, y que es determinante en la duración de cada uno de los distintos estados fenológicos del cultivo. El desarrollo se acelera cuando las plantas son expuestas a temperaturas más elevadas, alterando la duración por el efecto de la temperatura sobre la tasa de desarrollo (velocidad con la que transcurren los diferentes eventos de desarrollo). Por lo tanto, a mayor temperatura las fases

se cumplen más rápido, debido a que la tasa va variando, de un mínimo (valor cero) a un máximo (valor uno).

En la Figura 5.4a se observa que no hay una relación lineal entre temperatura y la duración de las distintas fases, las que pueden estimarse indirectamente como la inversa del tiempo de su duración (1/número de días), es decir a mayor temperatura menor permanencia de la fase.

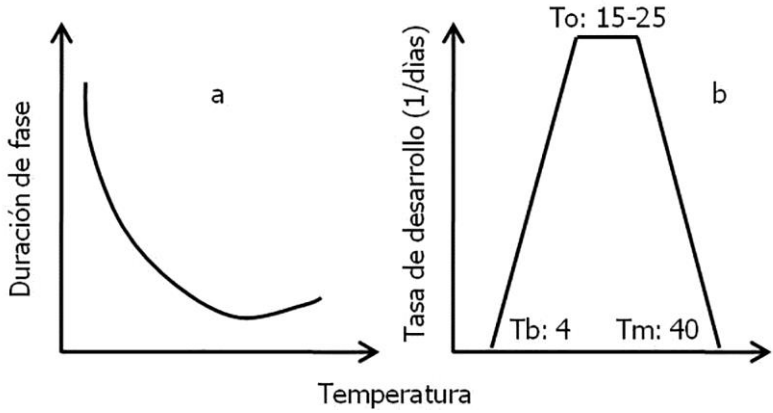


Figura 5.4: a) Efecto de la temperatura sobre la duración de fase. b) Variación de la tasa de desarrollo en función de una temperatura base (tb), temperatura óptima (to) y temperatura máxima (tm)

Como todo cultivo, el garbanzo tiene temperaturas cardinales, conociéndose como tales a las temperaturas mínimas, máximas, y óptimas que caracterizan la respuesta de la planta. Se menciona una temperatura base de 4°C (23, 27, 6), por debajo de dicho valor la tasa es 0 y no hay desarrollo; a medida que aumenta por encima de 4°C la tasa se incrementa hasta un valor máximo de 1. Esto lo logra con un rango de temperaturas óptimas de 15-25°C (7). La tasa es igual a cero con temperaturas máximas de 40°C; es decir, tanto por debajo de 4°C como por encima de una temperatura crítica de 40ºC, no hay desarrollo (Figura 5.4b). La mínima duración de una etapa ontogénica, en función de la temperatura, ocurre cuando la planta se

expone a temperaturas óptimas, ya que como se mencionó anteriormente, es la temperatura en la cual la tasa de desarrollo presenta su valor máximo (26).

Una combinación de temperaturas diurnas de 18-25°C y nocturnas de 5-10°C parece ser adecuada para el desarrollo normal de la planta (12). Es importante remarcar que una vez alcanzado el estado de plántula, si bien es sensible al frío, algunos cultivares pueden tolerar temperaturas tan bajas como -9,5°C (21) y hasta -13°C (7).

Fotoperiodo

El garbanzo muestra una moderada sensibilidad a este factor. Se trata de una planta clasificada de día largos, es decir a medida que aumentan las horas de luz el tiempo a floración se reduce (Figura 5.5a), ya que la velocidad de desarrollo es mayor (Figura 5.5b).

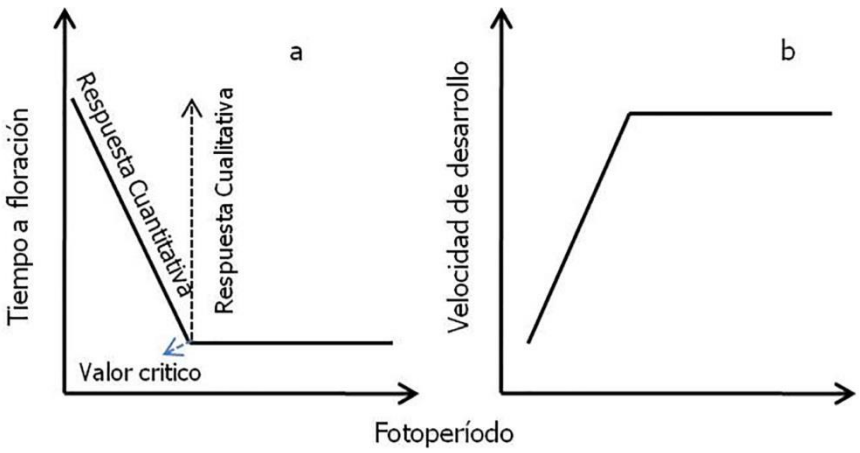


Figura 5.5: Efecto del fotoperiodo sobre a) el tiempo a floración y b) Sobre la velocidad de desarrollo.

En los cultivos, de acuerdo a como se afecte la tasa de desarrollo, y por lo tanto la duración de las etapas, se distinguen dos

tipos de respuestas foto-periódicas: a) cuantitativas: la más estudiada en garbanzo, asume cambios graduales mayores o menores de acuerdo a la sensibilidad foto- periódica (dada por la pendiente de la regresión entre el tiempo y el fotoperiodo) (Figura 5.5a); b) cualitativas: donde es necesario superar un umbral crítico, para pasar a una determinada etapa de desarrollo.

Es necesario conocer el efecto de la temperatura y del fotoperiodo sobre el desarrollo, sobre todo cuando se investiga la factibilidad de cultivar garbanzo en un determinado lugar, y teniendo en cuenta las restricciones ambientales locales que influirán negativamente sobre la producción de materia seca (biomasa) y grano (rendimiento).

La fecha de siembra es determinante en la respuesta del cultivo. Al adelantar o atrasar la siembra el cultivo se verá expuesto a diferentes temperaturas, fotoperiodo, disponibilidad hídrica, entre otros factores, que son determinantes para la mayor o menor eficiencia de intercepción de la radiación solar.

En la Tabla 5.2 se detallan los registros de precipitaciones durante cuatro campañas. Los ensayos, cuyos resultados se muestran en este Capítulo, se realizaron en secano (Lámina 5.1), y antes de la siembra se hizo un riego de presiembra para asegurar la emergencia, con un promedio de 100 mm de agua útil hasta los 2 metros de profundidad.

Tabla 5.2: Precipitaciones registradas en la estación meteorológica (campañas 2011/12 al 2014/15). Campo Escuela, FCA-UNC. (31°19' LS, 64°13' LW).

	Meses							
Campaña	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	Acumulado
2011	8	36	25	8	15	86	112	290
2012	10	1	2	20	69	126	69	297
2013	33	2	2	1	3	45	184	271
2014	25	8	1	2	20	83	102	240
Media	19	12	7	8	27	85	117	274

En la Tabla 5.3 y en la Figura 5.6, se observan los datos fenológicos según dos fechas de siembra (2 y 27 de mayo) con diferencias estadísticas para el momento de emergencia sobre el suelo, con 10 y 19 días respectivamente. La etapa vegetativa (desde que emerge sobre el suelo hasta que florece) tuvo una longitud de 92 días en la siembra temprana y 78 días en la siembra tardía. La etapa reproductiva tuvo una respuesta y una duración similar para ambas épocas de siembra. Por lo tanto, para siembras tempranas de mayo la madurez completa ocurre a fines de octubre (170 días), y en siembras tardías la madurez se logra a fines de noviembre (179 días). Salvo en las etapas de final de desarrollo de vainas (R4) y final de madurez (R8), se observaron diferencias estadísticas significativas en la duración de los diferentes estados de desarrollo (24).

Tabla 5.3: Duración promedio de las etapas de desarrollo, considerando el conjunto de datos de Chañaritos S-156 y Norteño, sembrados en 2 fechas promedios (Fecha 1: 2/05 – Fecha 2: 27/05) (campañas 2011/12 al 2014/15). Campo Escuela, FCA-UNC. (31°19´ LS, 64°13´ LW) (24).

	Etapas de desarrollo							
Fecha de siembra	VE	R1	R3	R4	R5	R6	R7	R8
02-may	12-may b	13-ago a	06-sep a	15-sep a	27-sep a	07-oct b	18-oct b	31-oct a
27-may	15-jun a	01-sep b	20-sep b	29-sep a	09-oct b	22-oct a	09-nov a	22-nov a

Medias con letras iguales no son significativamente diferentes (p>0,05).

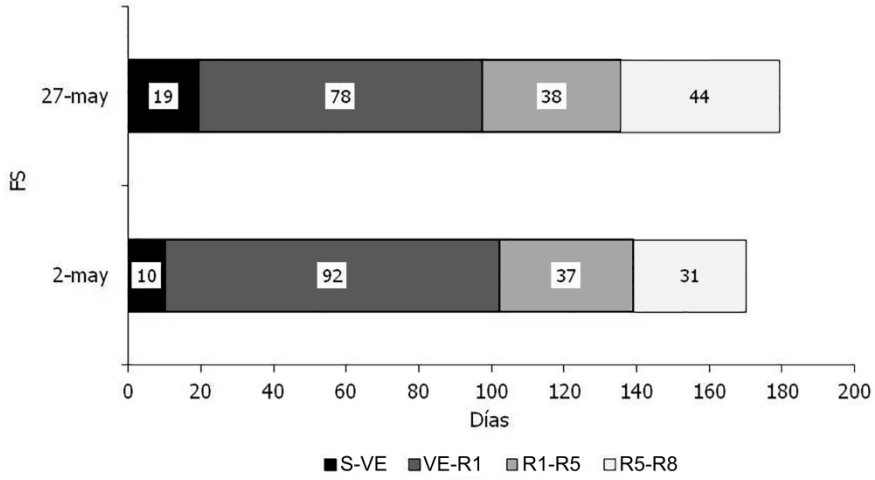


Figura 5.6: Duración de etapas fenológicas considerando el conjunto de datos de Chañaritos S-156 y Norteño, sembrados en 2 fechas promedios (2/05 - 27/05) (campañas 2011/12 al 2014/15) Campo Escuela, FCA-UNC. (31°19′ LS, 64°13′ LW) (24); FS: fechas de siembra; S-VE: siembra – vegetativo; VE-R1: primer nudo - inicio de floración; R1-R5: inicio de floración - inicio de formación de semilla; R5-R8: inicio de formación de semilla - 90% de vainas color amarillo/marrón claro.

Crecimiento

Al aumento de tamaño de los diferentes órganos que componen la estructura de una planta se lo denomina crecimiento, y para que esto ocurra es necesaria la fotosíntesis. Es decir el "combustible" del crecimiento es la fracción de radiación fotosintéticamente activa interceptada y se correlaciona positivamente con el índice de área foliar (IAF). Este índice hace referencia a la relación entre unidades de superficie de hoja verde, y unidad de superficie del suelo. Como se observa en la Figura 5.7, el crecimiento tiene un patrón de acumulación de materia seca representado a través de una curva sigmoidea. A una primera etapa de crecimiento lento, con un mínimo

desarrollo del área foliar hasta la salida del invierno, le sigue una etapa de crecimiento lineal, que coincide con el inicio de floración, y continúa hasta el comienzo del desarrollo de los granos, atenuándose posteriormente y declinando hacia la madurez.

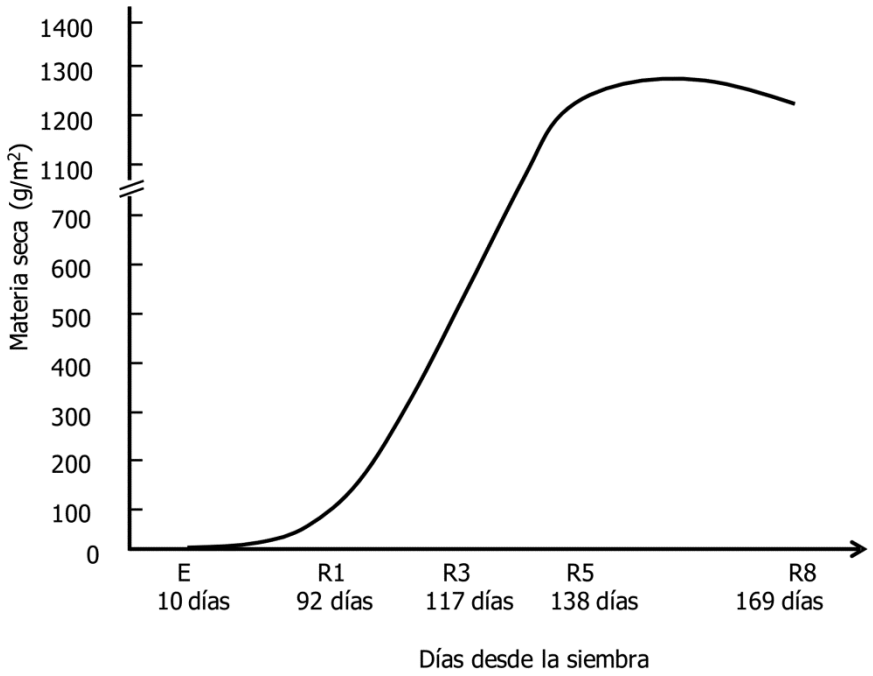


Figura 5.7: Acumulación de materia seca (g/m^2), modificado de Saluzzo (15). Los valores de ciclo corresponden a Norteño sembrado el 02/05. (campañas 2011/12 al 2014/15) Campo Escuela, FCA-UNC (31°19'LS, 64°13'LW) (24).

La planta de garbanzo, tiene hábito de crecimiento indeterminado, con un tallo principal del cual se originan ramas primarias que a su vez producen ramas secundarias. Si las condiciones ambientales lo favorecen, pueden originarse ramas terciarias y hasta cuaternarias, pero estas dos últimas no tienen importancia productiva (3). Las plantas pueden tener diferentes tipos de porte (Figura 5.8a, b y c): erecto (el ángulo de las ramas

primarias con respecto al suelo es de 90°), semierecto (el ángulo es de 45°), y rastrero (el ángulo es de 0°); los dos primeros son los preferidos para la cosecha mecánica. En ambientes con un régimen de precipitaciones bajo, o con alta evapotranspiración, los semierectos son los más recomendables (18). Hay que tener en cuenta, que a medida que avanza el ciclo las ramas primarias basales van doblándose debido a la debilidad propia de la rama, su longitud y el peso que se incrementa en el momento del llenado de los granos. Esto es un inconveniente, sobre todo en los genotipos de porte más rastrero, porque se aproximan las vainas al suelo dificultando su recolección.

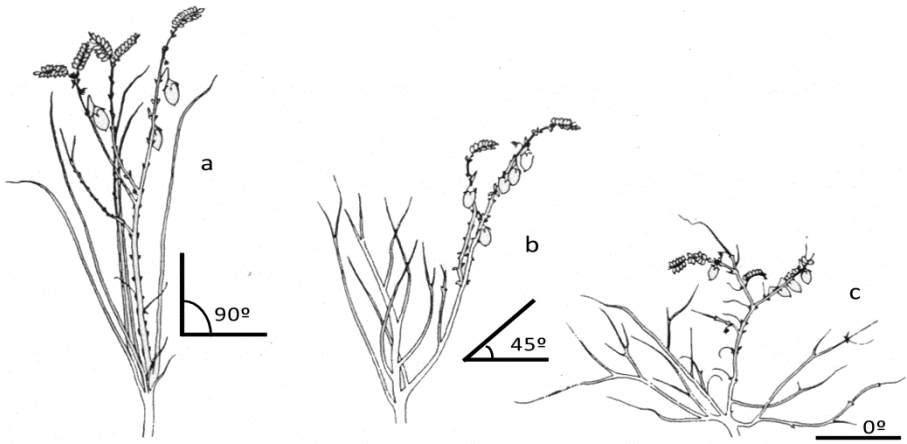


Figura 5.8: Tipos de crecimiento a) erecto, b) semierecto y c) rastrero. Modificado del Departamento de Agricultura y Cooperación, Ministerio de Agricultura de la India (4).

Todo crecimiento comienza en la germinación. Este es un proceso que no solo depende del agua disponible sino también del oxígeno, de la temperatura de suelo, de la calidad de la semilla y de la profundidad de siembra entre otros factores. Cuando el agua difunde a través de la semilla y llega al embrión, este se "hincha". A continuación, comienza a alargarse el hipocótilo y empuja la plúmula

que producirá un brote que determina la emergencia de la plántula. La germinación es de tipo hipogea, los cotiledones no alcanzan la superficie del suelo, y la fotosíntesis recién comienza cuando se desarrollan las hojas verdaderas.

Las primeras flores que produce la planta se las denomina "pseudoflores" por su imperfección. Son pequeños botones florales que se marchitan sin abrir, y generalmente no producen una flor verdadera o fruto. La apertura de la primera flor verdadera (estado R1) comienza en el tallo principal y luego continúa hacia las ramas. Dado el tipo de crecimiento indeterminado, aparecen flores superponiéndose con crecimiento vegetativo. La presencia de cada nueva flor genera el alargamiento de una porción del tallo y el desarrollo de una nueva hoja. El proceso de polinización se realiza cuando las flores aún se encuentran cerradas, obteniéndose prácticamente un 100% de autofecundación (3).

La flor es la estructura más sensible a cualquier situación de estrés, ya sea falta de agua, temperaturas extremas, ocurrencia de heladas, etc. La mayoría de las leguminosas producen un gran número de flores, pero es bajo el porcentaje de vainas logradas. Singh (19) obtuvo un 27,6% de vainas para los de tipo Kabuli en toda la planta concentrándose el 32,9% en el tallo principal. En cualquier caso, el porcentaje de abscisión en garbanzo es muy alto con valores promedio entre 65 y 75%, y superiores en los cultivares "rastreros" (10). Hay autores que establecen un rango de 20 a 50% de flores que forman vainas (18).

En un ensayo donde se contabilizaron semanalmente el número de flores, desde la etapa de plena floración hasta el llenado de granos, se determinó un promedio de 91 flores (percentil 50; Figura 5.9). El 90% de los registros superaron las 45 flores (percentil 10) y solo el 10% estuvo por encima de las 163 flores (percentil 90). El promedio de flores que luego formaron vainas fue de 53% (24).

El momento de inicio de la floración es determinante para la producción futura del cultivo. Si ocurre en forma anticipada, ya sea por mejoramiento genético y/o alterando la fecha de siembra, favorece una mayor formación de vainas en el tallo principal (13), cuyo cuaje (asociado al inicio de la floración) al ocurrir

anticipadamente, puede considerarse como una estrategia de manejo para evitar los efectos de estrés hídrico en aquellos ambientes donde al final de la estación se tienen limitaciones de agua (9).

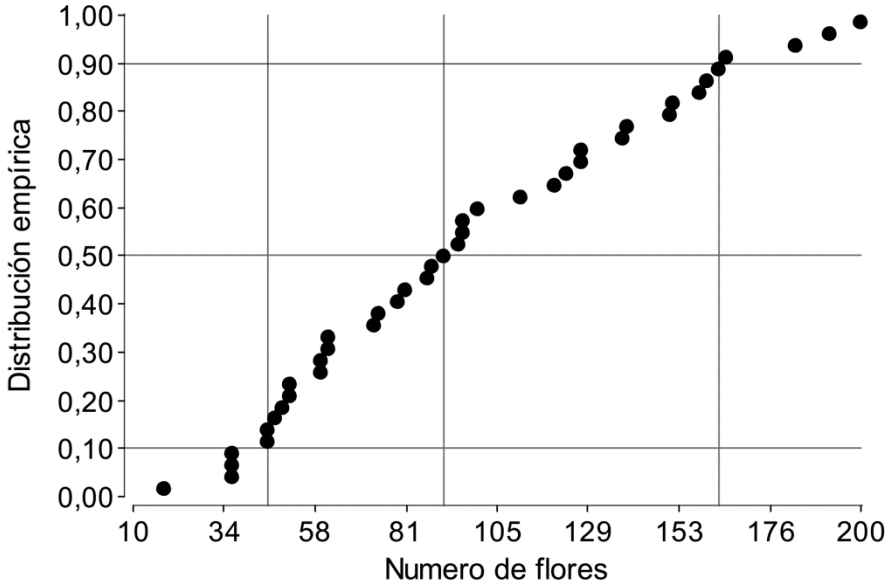


Figura 5.9: Distribución empírica de número de flores contadas en la etapa de floración, considerando el conjunto de datos de Chañaritos S-156, y Norteño sembrados en 2 fechas promedios (2/05 - 27/05) y un espaciamiento entre surcos de 0,52 m (campañas 2011/12 al 2014/15) Campo Escuela, FCA-UNC (31°19'LS, 64°13'LW) (24).

Rendimiento

La herramienta fundamental para conocer todo sistema productivo es la correcta caracterización del ambiente. Esto permitirá establecer el manejo más adecuado del cultivo, facilitando la expresión de rendimientos cercanos al potencial.

Dentro de los factores abióticos que influyen sobre la respuesta productiva se pueden mencionar:

- Agua: Régimen de precipitaciones, la disponibilidad de agua útil a la siembra. Otros factores son la ocurrencia de sequía o estrés hídrico, la presencia de napas freáticas, etc.
- Edáficos: Características y limitantes químicas y físicas, series y tipos de suelo, capacidad de uso, capacidad de almacenamiento, presencia de sales, etc.
- Temperaturas extremas.
- Radiación.

Como factores bióticos se puede mencionar a insectos, enfermedades, malezas de pre siembra, de pre emergencia y/o post-emergencia, etc.

En los diversos ambientes de producción, se obtienen diferentes tipos de rendimientos regulados por factores que influyen de una u otra forma en el comportamiento productivo del cultivo (Figura 5.10).

- Rendimiento actual o real: obtenido mediante medidas de protección del cultivo, a través de un adecuado manejo de los insectos, enfermedades y malezas (factores reductores).
- Rendimiento factible o lograble: se obtiene una vez que se toman las medidas de protección necesarias. La disponibilidad de agua (riego), y el adecuado diagnóstico y manejo de los nutrientes y la fertilización (factores limitantes), permiten reducir la brecha entre el rendimiento actual y factible.
- Rendimiento potencial: va a depender de la radiación, temperatura, genotipo, etc. (factores definidores o determinantes). El potencial productivo se logra cuando se maximizan los recursos disponibles y se reducen o minimizan, con diferentes herramientas de manejo, las limitaciones de agua y/o nutrientes, la incidencia de insectos, enfermedades, etc.

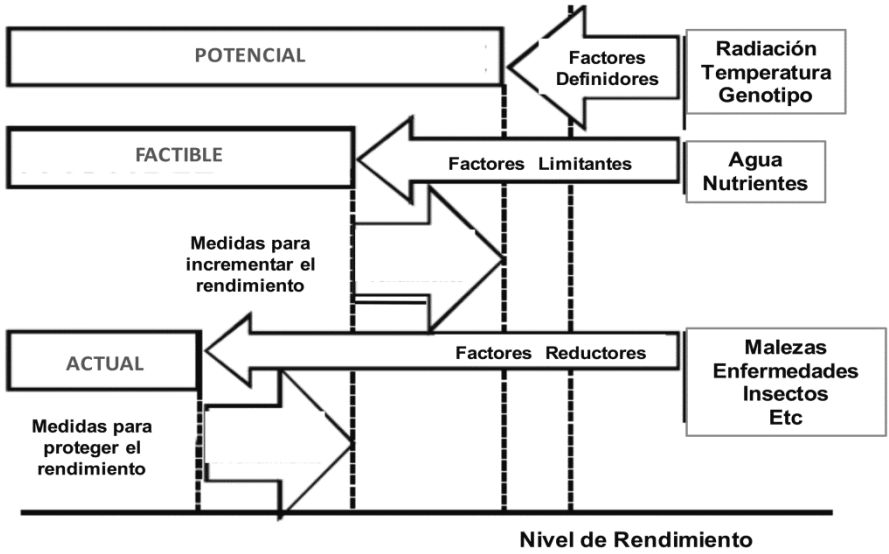


Figura 5.10: Esquema de rendimiento potencial, factible y actual en función a factores reductores, limitantes y definidores. Modificado de Soldini (22).

A continuación, se observa un modelo simple que hace referencia a la relación entre generación del rendimiento, y la captura y uso de recursos por parte del cultivo:

$$\text{Rendimiento} = \underbrace{Rinc \times ei \times eur}_{\text{Biomasa}} \times IC \rightarrow \text{Rendimiento} = \text{Biomasa} \times \text{IC}$$

Rinc: es la radiación incidente o disponible, *ei*: es la eficiencia de intercepción de la radiación fotosintéticamente activa y está condicionada por el IAF; *eur*: es la eficiencia de uso de radiación y representa la capacidad de la planta de producir biomasa por cada unidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada. Ambas eficiencias, principalmente la primera, está ligada fundamentalmente a la disponibilidad de agua. Hasta este punto de la fórmula se define el crecimiento, para obtener el rendimiento se debe incorporar el índice de cosecha (*IC*) que refleja la relación entre los kg de granos obtenidos y los kg de materia seca producida.

El rendimiento es un atributo complejo y las variables que influyen son: el número de vainas, el número de granos por unidad de superficie y el peso de 100 granos. Para comprender como se forma el rendimiento, se puede utilizar una ecuación numérica:

Rendimiento= N° de granos m^2 x Peso de 100 granos,

donde el N° de granos/m^2 = N° vainas/planta x N° granos/vaina x N° plantas/m^2.

Los componentes pueden compensarse entre ellos y el aumento en cualquiera provocará un incremento en el rendimiento.

Sin embargo, el componente que mejor explica las variaciones en la producción es el número de granos (Figura 5.11a). Con respecto a los otros componentes, existe una influencia positiva del número de vainas (Figura 5.11b), y prácticamente nula del peso de 100 granos (Figura 5.11c). Si bien el número de granos es el componente más asociado al rendimiento, a medida que la planta progresa hacia nuevas etapas reproductivas, ante situaciones de estrés, la capacidad de compensación disminuye y las pérdidas potenciales de rendimiento se incrementan.

La fecha de siembra es determinante en la expresión del rendimiento y calidad del grano. El cultivo debe sembrarse en una época donde la ocurrencia del período crítico -momento donde comienza a definirse el número de granos- coincida con condiciones ambientales favorables. Para ajustar este momento el productor cuenta con dos elementos claves: el ciclo del genotipo y la época de siembra (1). En esta instancia, el cultivo deberá alcanzar el IAF crítico, que es cuando la estructura de la planta permite la captación del 95% de la radiación incidente.

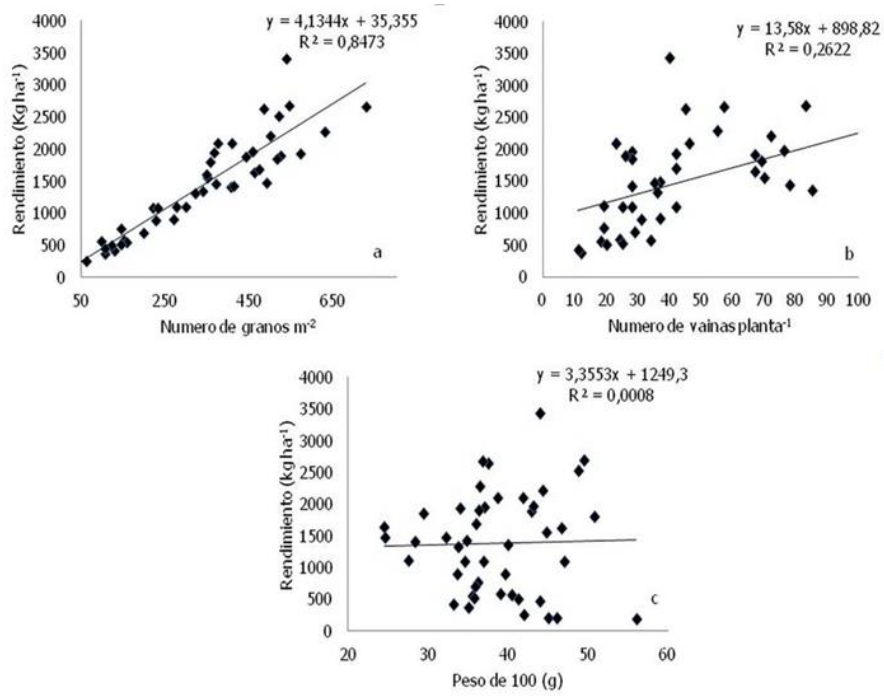


Figura 5.11: Relaciones entre el rendimiento y a) el número de granos/m^2, b) el n° de vainas/planta y c) el peso de 100 granos, considerando el conjunto de datos de Chañaritos S-156 y Norteño, sembrados en 2 fechas promedios (2/05 - 27/05) (campañas 2011/12 al 2013/15) Campo Escuela, FCA-UNC (31°19'LS, 64°13'LW) (24).

La disponibilidad de humedad en el suelo es uno de los principales factores limitantes del crecimiento, desarrollo y rendimiento. También las temperaturas extremas altas o calor durante la estación de crecimiento, reducen severamente la productividad y pueden acentuar el efecto del estrés hídrico en las etapas fenológicas más sensibles del cultivo (2).

En la Figura 5.12 se observa un ejemplo de distribución de rendimientos obtenidos en la zona central de Córdoba (24).

El promedio alcanzado fue de 1101 kg/ha para Chañaritos S-156, y de 1620 kg/ha para Norteño (percentil 50). El ambiente

permitió un rendimiento superior a 480 kg/ha prácticamente sin diferencias numéricas entre los dos genotipos en el 90% de los registros (percentil 10).

Bajo condiciones ambientales favorables, Chañaritos S-156 obtuvo rendimientos superiores a los 1900 kg/ha, y Norteño alcanzó los 2600 kg/ha (percentil 90).

En la Figura 5.13, que representa la distribución del peso de 100 granos, se observa que Chañaritos S-156 obtuvo un valor de 35,5 g; el 90% de los registros superaron los 24,6 g y solo el 10 % estuvo por encima de los 39,9 g.

Con respecto a Norteño el promedio fue de 42,9 g, con valores superiores a 35,0 g y 49,5 g para el percentil 10 y 90 respectivamente.

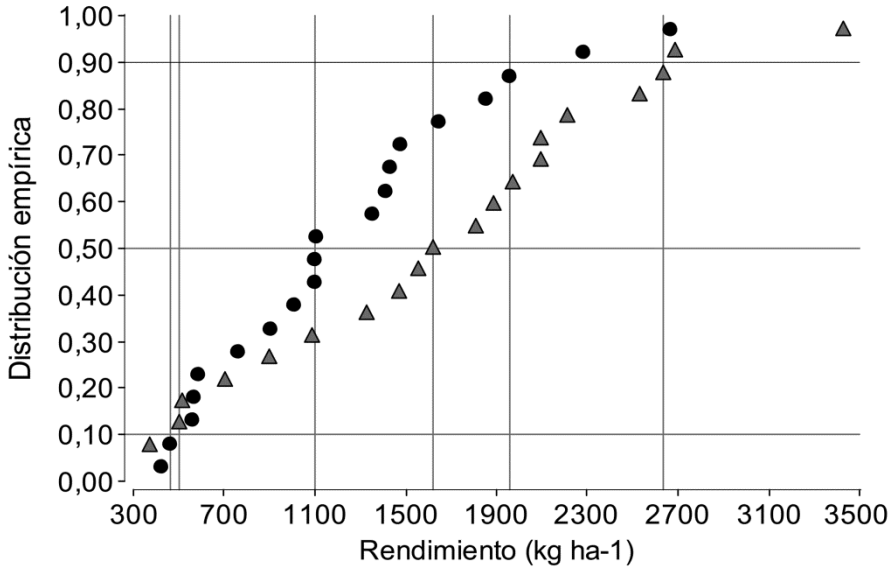


Figura 5.12: Curvas de frecuencias acumuladas de rendimiento, considerando el conjunto de datos de Chañaritos S-156 (círculo) y Norteño (triángulo), sembrados en 2 fechas promedios (2/05 – 27/05) (campañas 2011/12 al 2014/15) Campo Escuela, FCA-UNC. (31°19'LS, 64°13'LW) (24).

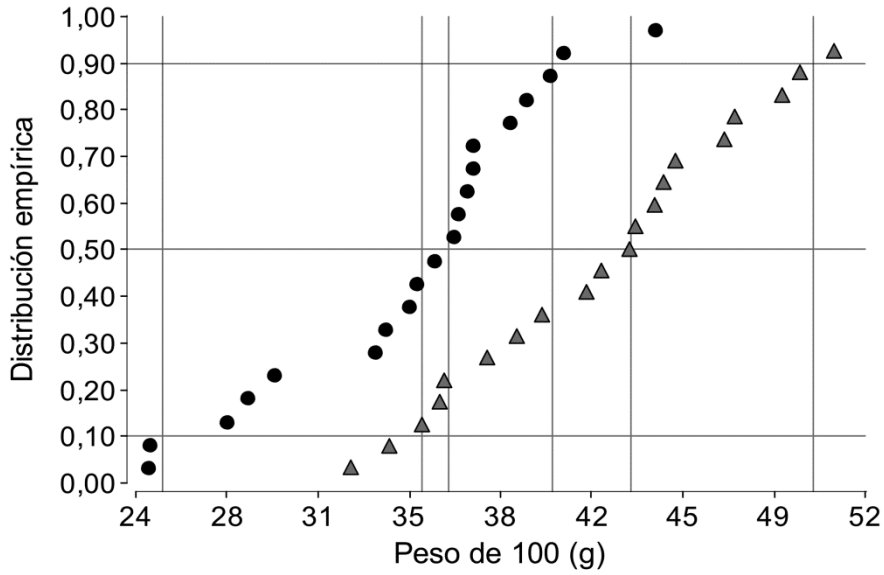


Figura 5.13: Curvas de frecuencias acumuladas del peso de 100 granos, considerando el conjunto de datos de Chañaritos S-156 (círculo) y Norteño (triángulo), sembrados en 2 fechas promedios (2/05 – 27/05) (campañas 2011/12 al 2014/15) Campo Escuela, FCA-UNC (31°19' LS, 64°13 'LW) (24).

El garbanzo no tiene una tipificación comercial oficial, la comercialización ha adoptado patrones similares al comercio internacional

Parámetros que se tienen en cuenta para el grano:

- Forma y rugosidad: Si es de forma más o menos redondeada y si el tegumento es liso o rugoso (25).
- Tamaño y uniformidad: son los parámetros más importantes en la selección de material genético para producir garbanzo de exportación. Son deseables tamaños grandes -tipo Kabuli- con un calibre mínimo de 8 mm, requeridos en las transacciones comerciales internacionales. Esto supone un peso de 34-35 gramos/100 granos (82 a 85 granos por onza -28,75 g-). El

tamaño es de heredabilidad alta, aunque puede ser afectado por el ambiente, la fecha de siembra, las enfermedades, etc. (25).

- Aspecto visual: sobre todo en lo referente al color del tegumento, y la ausencia de manchas y deformaciones (14).

En la Figura 5.14 se observan los resultados de la experiencia realizada para determinar los calibres promedio de los cultivares Chañaritos S-156 y Norteño. Para el primero se obtuvo un valor de 7,42 mm, y para el segundo de 8,26 mm. El 90% de las veces se observaron valores mayores a 7,00 mm y 7,87 mm para Chañaritos S-156 y Norteño respectivamente (percentil 10); y solo el 10% de las veces se lograron calibres que superaron los 7,94 mm en Chañaritos S-156 y 8,67 mm en Norteño (percentil 90) (24).

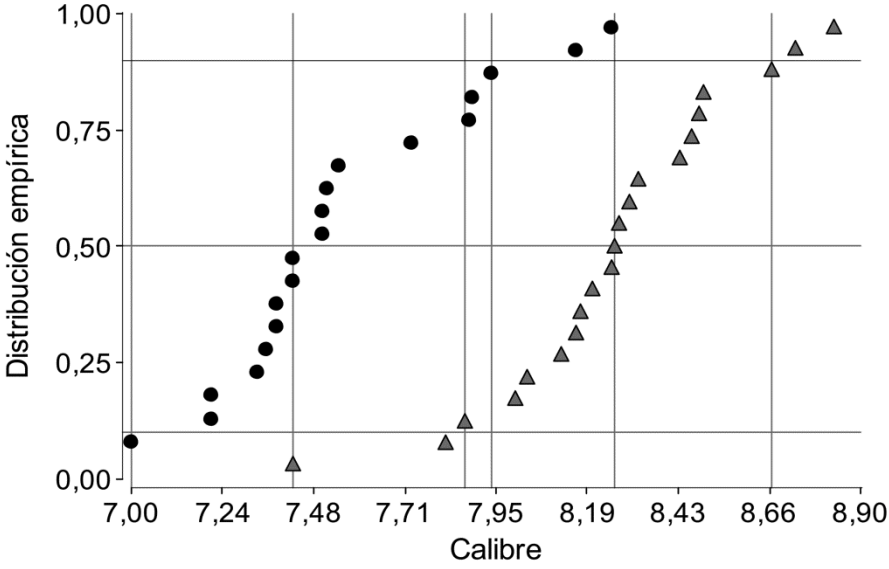


Figura 5.14: Curvas de frecuencias acumuladas del calibre, considerando el conjunto de datos de Chañaritos S-156 (círculo) y Norteño (triángulo), sembrados en 2 fechas promedios (2/05 - 27/05) (campañas 2011/12 al 2014/15) Campo Escuela, FCA-UNC (31°19' LS, 64°13' LW) (24).



Aportes relevantes de la investigación al conocimiento del manejo del garbanzo en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, de la UNC

- La segunda quincena de abril y la primera de mayo fueron las fechas donde se obtuvieron los mejores resultados en la zona central de Córdoba. Este adelantamiento, comparado con zonas más húmedas, responde a la escasez de lluvias otoñales en ambientes de secano.
- La madurez completa del cultivo sembrado en estas fechas se logra entre la segunda quincena de octubre y la segunda de noviembre.
- La densidad más adecuada se encuentra entre *12-15 pl/m lineal* de surco, con espaciamiento entre hileras a 0,52 m. Puede utilizarse la distancia de 0,35 m, con buenos resultados productivos, esto depende del genotipo evaluado.
- A partir de septiembre comienza el período más crítico del cultivo porque se comienza a definir el número de granos, componente numérico de una alta correlación con el rendimiento.
- El garbanzo es un cultivo con probada adaptación para la zona central del país. La superficie sembrada se redujo básicamente por dificultades propias del manejo, las que pueden revertirse considerando las aptitudes que presentan los cultivares.

Bibliografía

1. Andrade, F. y A. Cirilo. 2000. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. En: Andrade, F. y V. Sadras (Eds.). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires, Argentina. Pp.: 135-150.
2. Barrios Gomez, E.; Lopez Castañeda C. y J. Kohashi Shibata. 2011. Relaciones hídricas y temperaturas altas en frijol del tipo "flor de mayo". http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242011000100007&script=sci_arttext. Ingreso: 03/2015.

3. Cubero, J. 1987. Morphology of chickpea. En: Saxena, M. C. y K.B. Singh (Eds.). Chickpea. CAB Pub., UK. Pp.: 35–67.

4. Departamento de Agricultura y Cooperación, Ministerio de Agricultura de la India. 2004. Guía Nacional de Líneas para la realización de pruebas para la distinción, la homogeneidad y la estabilidad del garbanzo. http://agricoop.nic.in/SeedTestguide/Chickpea.htm. Ingreso: 10/2014.

5. Departamento de Información Agropecuario de la Bolsa de Cereales de Córdoba. 2014. Informe especial nº 66. Garbanzo: Inicio de campaña 2014/2015 y Final 2013/2014. http://www.bccba.com.ar/bcc/images/semillas/informeespecialN66Garbanzo.pdf. Ingreso: 10/2014.

6. Ganjeali, A.; Parsa M. y S. Amiri deh Amadi. 2011. Determination of cardinal temperatures and thermal time requirement during germination and emergence of chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.). Iranian Journal of Pulses Research 2 (2): 97-108.

7. Gordillo, E. 1991. Fases de desarrollo: Aspectos fisiologicos. En: Gordillo, M. (Ed.). El garbanzo. Una alternativa para el secano. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp.: 33-39.

8. Kantolic, A.; de la Fuente, E. y E. Ploschuk. 2006. Generación del rendimiento y su calidad en los cultivos industriales: Bases ecofisiológicas y decisiones de manejo. En: de la Fuente, E.; Gil, A.; Gimenez, P.; Kantolik, A.; Lopez Pereira, M.; Ploschuk, E.; Sarlino, D.; Vilariño, P.; Wassner, D. y L. Windauer (Eds.). Cultivos Industriales. Universidad de Buenos Aires, Argentina. Pp.: 29-58.

9. Kumar, J. y S. Abbo. 2001. Genetics of flowering time in chickpea and its bearing on productivity in semiarid environments. Advances in Agronomy 72: 107-138.

10. Martínez Diaz, G.; Morales Gómez, J. y L. Duron Noriega. 2004. Capitulo 2: Fisiología y desarrollo. En: Morales Gomez, J.; Duron Noriega, L.; Martinez Diaz, G.; Nuñez Moreno, J. y A. Fu Castillo. El cultivo de garbanzo blanco en Sonora. Sonora, México. Pp.: 25-64.

11. Martínez, M.; Carreras, J.; Silva, M.; Marioli Nobile, C.; Aguilar, R.; Turco, M.; Badini, R.; Grosso, R.; Allende, M.; Badini R.; Imga M. y G. Sphan. 2012, Garbanzo Argentino de calidad en origen. http://inta.gob.ar/documentos/garbanzo-argentino-de-calidad-en-origen/. Ingreso: 05/2014.

12. Muehlbauer, F.; Short, R.; Kaiser W.; Bezicek, D.; Morrison, K. and D. Swan. 1982. Descriptions and culture of chickpeas. Washington State Univ. Extension Service Bulletin EB1112.

13. Or, E.; Hovay, R. y S. Abbo. 1999. A mayor gene for flowering time in chickpea. Crop Science 39: 315-322.

14. Rovati, A.; Prado C.; Escobar E.; Espeche C. y O. Vizgarra. 2014. Efecto de la fecha de siembra sobre el calibre y peso de grano en el cultivo de garbanzo. El cultivo de garbanzo en el Noroeste Argentino. Publicación Especial EEOC N°48. Pp.: 29-37.

15. Saluzzo, J. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. III Jornada Nacional de Garbanzo. INTA. Pp.: 1-9.

16. Schwartz, H. y M. Langham. 2010. Growth stages of chickpea. Legume ipmPIPE. Diagnostic Pocket Series. http://www.ncipmc.org/resources/legume_diagnostic_cards/Legume%20Diagnostic%20Cards%204.pdf. Ingreso: 06/2014.

17. Singh, F. y B. Diwakar. 1995. Chickpea botany and production practices. Skill Development Series n° 16. http://oar.icrisat.org/2425/1/Chickpea-Botany-Production-Practices.pdf. Ingreso: 03/2015.

18. Singh, K. y M. Saxena. 1999. The chickpea plant. En: Coste, R. (Ed.). The tropical agriculturalist: Chickpea. Londres, UK. Pp.: 8-13.

19. Singh, S. 1984. Source - sink interaction in relation to seed development *Cicer arietinum* L. Ph.D. Thesis. University of Delhi, India.

20. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. Ministerio de Agricultura, Ganaderia y Pesca. 2014. Estimaciones agrícolas de septiembre. http://dev.siia.gov.ar/_informes/Estimaciones_Agricolas/Mensual/140918_Informe%20Mensual%20Estimaciones%20-%20Sep-2014.pdf. Ingreso: 05/2014.
21. Smithson, J.; Thompson, J. y R. Summerfield. 1985. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). En: Summerfield, R. y E. Roberts (Eds.). Grain legume crops. Cullims, Londres, UK. Pp.: 312-390.
22. Soldini, D. 2008. Algunas bases para el manejo del cultivo de soja. Informe de Actualización Técnica n°10. EEA INTA Marcos Juarez. Pp.: 13-17.
23. Soltani, A.; Robertson, M.; Torabi, B.; Yousefi-Daz, M. y R. Sarparast. 2006. Modelling seedling emergence in chickpea as influenced by temperature and sowing depth. Agricultural and Forest Meteorology 138: 156-167.
24. Toledo, R. 2015. Comportamiento productivo de garbanzo en la zona centro de Córdoba, Argentina. Inédito.
25. Valdunciel Perez, J. S/F. Métodos de valoración de calidad de garbanzo. http://wwwsp.inia.es/Investigacion/OtrasUni/DTEVPF/Unidades/CentrosEnsayo/EstacionEnsayos/Documents/Valoraci%C3%B3n%20Garbanzos.pdf. Ingreso: 02/2015.
26. van der Maesen, L. J. G. 1972. *Cicer* L., a monograph of the genus, with special reference to the chickpea (*Cicer arietinum* L.), its ecology and distribution. Mendeligen Landbouwhoge school Wageningen, Holanda. 341 p.
27. Verghis, T.; McKenzie, B. y G. Hill. 1999. Phenological development of chickpeas (*Cicer arietinum*) in Canterbury, New Zealand. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 27 (3): 249-256.

CAPÍTULO 6

LAS BACTERIAS FIJADORAS DE NITRÓGENO

Sandra B. Kopp y Alejandro Perticari

Introducción

Teniendo en cuenta la evolución y la filogenia de *Rhizobium,* la fijación biológica del nitrógeno es un proceso muy antiguo que probablemente se originó en el Eón Arqueano del Paleozoico, bajo las condiciones anoxigénicas de la atmósfera primitiva, y es exclusivo de procariotas. Sólo ocurre en Euryarchaeota y en 6 de los más de 50 *phyla* de Bacteria. Las Euryarchaeota son una división y también un reino del dominio Archaea, el cual es uno de los dos grupos principales de arqueas y originalmente fue separado de Crenarchaeota, basándose en las secuencias del ARNr. Son procariotas simples y abarcan un conjunto amplio y diverso de microorganismos.

Algunos de estos linajes coevolucionaron conjuntamente con las plantas angiospermas, estableciendo las bases moleculares de una relación de la simbiosis mutualista, o sea entre la bacteria y la leguminosa (19). La asociación *Rhizobium*-leguminosa es uno de los mejores ejemplos de una auténtica simbiosis, pues las plantas que crecen en suelos carentes de nitrógeno (o con niveles muy reducidos), se ven beneficiadas por la fijación biológica realizada por las bacterias, en donde las plantas les brindan un ambiente que las protege y nutre dentro del nódulo y alrededor del mismo, en la rizósfera (Figura 6.1).

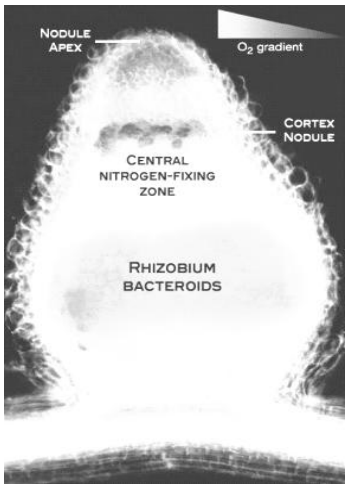


Figura 6.1: Ubicación de las bacterias y de la zona fijadora de nitrógeno dentro del nódulo radical y gradiente de O_2 en la rizósfera. Fuente: http://www.rizolab.com/RizolabEng/Engfaqpgpr.html.

En el caso de los rizobios, el nitrógeno atmosférico es fijado dentro de estructuras especializadas llamadas nódulos, que se desarrollan en la raíz o raramente en el tallo de las leguminosas (Figura 6.2). Su organogénesis se inicia con los factores de nodulación codificados en el genoma de la bacteria, en plásmidos grandes o islas de simbiosis (18). Los genes de la nodulación son mucho más recientes que los de la fijación de nitrógeno, ya que su origen se asocia con la aparición de su hospedero, la leguminosa.

La filogenia del gen ribosomal agrupa a los rizobios dentro de la división Proteobacteria en:

1. alfa-proteobacteria con siete géneros: *Bradyrhizobium*, *Mesorhizobium*, *Rhizobium*, *Sinorhizobium*, *Azorhizobium*, *Methylobacterium* y *Devosia*; estos géneros presentan 29 especies (19);
2. beta-proteobacteria con dos géneros: *Burkholderia* y *Wautersia* (18);



3. gamma y delta-proteobacterias en los cuales se incluyen los géneros patógenos.

Las alfa-proteobacterias abarcan la mayoría de los géneros fotótrofos, pero también varios géneros intracelulares que metabolizan compuestos de un solo carbono (C1), como los simbiontes de plantas que son fijadores de nitrógeno (37) del género *Nitrobacter* que convierten el nitrito a nitrato, el cual es fácilmente asimilable por las plantas (Figura 6.3).

Las beta-proteobacterias tienen un papel importante en la fijación de nitrógeno en varios tipos de plantas, oxidando amonio para producir nitrito (36) en el ciclo del nitrógeno (Figura 6.3), como el género *Nitrosomonas*.

El género *Mesorhizobium* incluye especies de gran dispersión geográfica, capaz de nodular una amplia variedad de legumbres, entre ellas el garbanzo. Las secuencias completas del genoma revelaron que mesorizobia abriga islas de simbiosis cromosómicas (18). Este tipo de transferencia de información genética se realiza entre bacterias que no tienen un ancestro en común. Las especies de *Mesorhizobium* son capaces de intercambiar genes de simbiosis por medio de la transferencia lateral de islas de simbiosis cromosómica, incorporando así nuevos *Mesorhizobium* la capacidad de nodular. Los análisis filogenéticos de este género, basados en los genes del núcleo y accesorios, revelan complejas relaciones evolutivas de alta plasticidad genómica, por lo cual este género es un buen modelo para investigar la evolución del genoma de *Rhizobium* y la adaptación a diferentes plantas. Algunos casos de introducción de inoculante para leguminosas con *Mesorhizobium* representan oportunidades excepcionales para el estudio de la evolución del genoma de *Rhizobium* y las relaciones evolutivas entre especies.

El garbanzo no es un huésped promiscuo, aunque es infectado por diferentes especies de *Mesorhizobium*, reconoce solo unos pocos factores *nod* por lo cual la secuenciación de genes *nifH* y *nodC* pueden ser usados para la rápida detección de los mesorizobios de garbanzo (17).

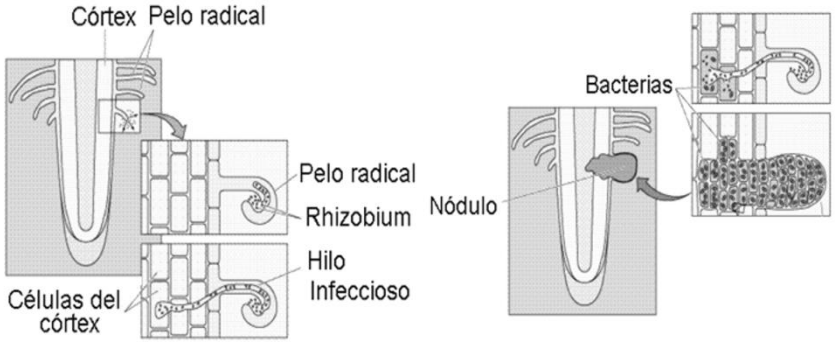


Figura 6.2: Esquema de la formación de un nódulo en la raíz de plantas leguminosas. Fuente: http://www.biologia.edu.ar/bacterias/nutric~2.htm.

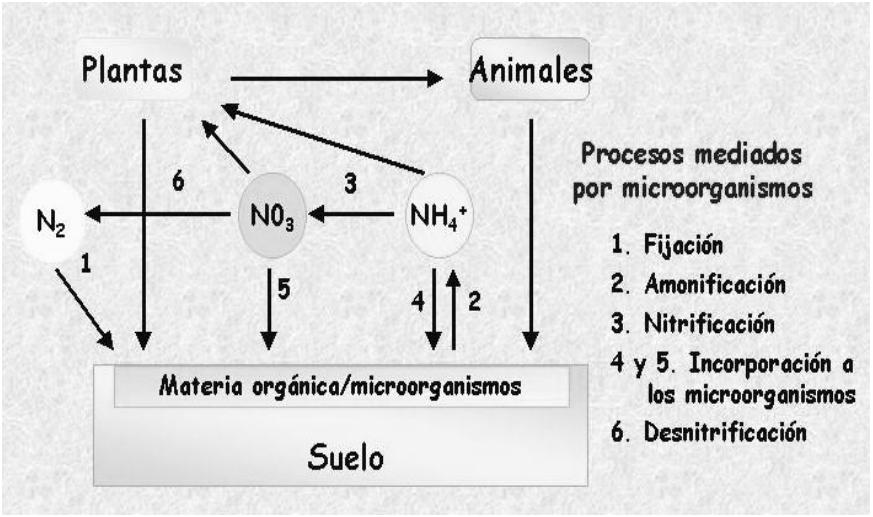


Figura 6.3: Esquema del ciclo del nitrógeno. Fuente: http://www.eez.csic.es/~olivares/ciencia/fijacion/



Otras bacterias benéficas de la rizósfera de garbanzo

La rizósfera es un sitio de intensa y compleja actividad microbiana con una diversa gama de bacterias y un amplio espectro de géneros. Este grupo de microorganismos coloniza la rizósfera y persiste en el tiempo. Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (BPCV) pueden:

1. promover el crecimiento vegetal por su propio metabolismo (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando nitrógeno atmosférico), o
2. afectar directamente el metabolismo vegetal por el incremento de la toma de agua o minerales, lo cual aumenta el desarrollo vegetal, e incrementa la actividad enzimática, o
3. promover el crecimiento vegetal por supresión de patógenos (31).

La variabilidad en el rendimiento de las BPCV se puede deber a diversos factores ambientales que afectan su crecimiento. Los factores ambientales son el clima, las condiciones meteorológicas, las características del suelo, composición y actividad de la flora microbiana autóctona de la rizósfera. Esto es particularmente importante en la promoción de la interacción entre BPCV y plántulas de vivero (10, 14, 22, 24).

Es necesario desarrollar cepas eficientes en condiciones de campo porque la asociación entre BPCV y plantas puede ser inestable. Para formular inoculantes más eficientes se debe explorar la diversidad microbiana del suelo a través de las BPCV, combinando las actividades de promoción del crecimiento vegetal BPCV y la buena adaptación a un ambiente de suelo en particular (21).

Se ha podido observar, que muchas bacterias con actividad promotora del crecimiento vegetal aisladas de la rizósfera de garbanzo son además tolerantes a elevados niveles de metales pesados, por lo cual pueden vivir en suelos contaminados e incrementar el desarrollo vegetal (12).

Teniendo en cuenta lo anterior, hay métodos diseñados para detectar ciertos aislamientos bacterianos rizosféricos pertenecientes a

los géneros *Pseudomonas, Bacillus, Azotobacter y Rhizobium* para sus múltiples actividades promotoras de crecimiento vegetal.

Se estudiaron, en invernadero, los efectos de la inoculación de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y haba (*Vicia faba* L.) con *Azospirillum brasilense* cepa Cd bajo diferentes condiciones de crecimiento (11). La inoculación con *A. brasilense* mejoró significativamente la nodulación de rizobios nativos y el desarrollo de raíz y tallo de ambas leguminosas, en comparación con los controles sin inocular. También se observó que el crecimiento de plantas de garbanzo inoculadas con *A. brasilense* fue menos afectado por el riego con agua salina en comparación con el control no inoculado (11). En experimentos de campo en Palestina, la inoculación de garbanzo con *A. brasilense* a base de inoculantes en turba, también dio lugar a un aumento significativo en la nodulación, crecimiento de raíz y rendimiento de los cultivos en comparación con los controles no inoculados (11). La inoculación con *Azospirillum*, co-inoculado o no con rizobios, afecta en forma positiva a las leguminosas y su efecto viene demostrándose desde hace más de 30 años. La inoculación por *Azospirillum*, produce cambios en la fisiología y morfología de las raíces de las leguminosas, en la producción de fitohormonas y en la nodulación.

Biocontrol

Dentro de la interacción rizosférica hay microorganismos que producen metabolitos secundarios, sustancias químicas y enzimas, cuya liberación al medio destruye fitopatógenos favoreciendo la producción vegetal (BPCV). Dentro de este grupo se encuentra el género *Pseudomonas* que tienen la capacidad de ejercer biocontrol, al producir varios tipos de metabolitos bioactivos, suprimiendo patógenos naturales del suelo, además de promover el crecimiento (10, 36). Algunas cepas del género *Pseudomonas* al promover la producción de compuestos fenólicos en garbanzo le confieren resistencia a patógenos (33).

Kumar et al. (15) concluyeron que la lectina C-25 aislada de *Cicer arietinum* L. posee especificidad y actividad antiproliferativa y

antifúngica, de manera que C-25 puede ser considerado como un compuesto bioactivo efectivo luego de realizarse estudios *in vivo*.

Anand y Reddy (2) observaron alta producción endoquitinaza y exoquitinaza en *Trichoderma* spp*.* como antagonista de *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium ciceri*. Además estos autores encontraron alta correlación entre la producción de enzimas y bioeficacia.

Saxena et al. (30) seleccionaron diferentes especies de *Trichoderma,* con capacidad BPCV, a los fines de reducir la incidencia del daño y aumentar la tolerancia al stress biótico producido por *S. rolfsii* en plantas de garbanzo*.*

Ciertas cepas de *Pseudomonas* inducen resistencia a *S. rolfii* en garbanzo a través de diferentes vías metabólicas, provocando la síntesis de ácido fenólico o salicílico en plántulas alrededor de la 3ra o 4ta semana. Este efecto se incrementa al agregar un filtrado de *S. rolfsii* a las plántulas (33).

Ascochyta rabiei (Pass.) Labrousse (6) es la principal enfermedad que causa los daños más severos en casi todos los países que cultivan garbanzo en el mundo. Una práctica posible es el control biológico usando otros hongos como antagonistas. Hay autores que comprobaron que *Clonostachys rhizophaga* es un micoparásito de *Ascochyta rabiei*. Rajakumar et al. (27) observaron que *Chaetomium globosum* causó un 48,6% de reducción en el diámetro de la colonia y un 70,9% en la reducción de la germinación de picnidiósporas bajo condiciones *in vitro*.

Landa et al. (16) determinaron la importancia de integrar prácticas de control existentes, las cuales son parcialmente efectivas utilizadas en forma individual. En este trabajo se demostró que combinación de prácticas conduce a un manejo apropiado de la marchitez del *Fusarium* en garbanzo e incrementa la producción de semillas en ambientes tipo Mediterráneo.

Biofertilizantes combinados

En la rizósfera, los microorganismos interactúan unos con otros a través de diferentes mecanismos bioquímicos, tanto en interacciones benéficas como perjudiciales (3, 29, 37) y contribuyen a la fertilidad y a la productividad del suelo. Los biofertilizantes son productos que contienen células de diferentes tipos de microorganismos benéficos, algunos son fijadores de nitrógeno, solubilizadores de fósforo o potasio, o están combinados con hongos (34, 37).

En estos últimos años, con el objetivo de maximizar la respuesta de crecimiento de la planta, se puso énfasis sobre el uso de dos o más microorganismos en los biofertilizantes. Es importante, para identificar las mejores cepas de microorganismos beneficiosos verificar su compatibilidad y eficacia, tanto *in vitro* como *in vivo* para emplear este biofertilizante combinado en relación a la situación real agrícola como parte de las prácticas de gestión y producción. Inoculantes formulados con varios tipos de microorganismos fueron probados en Utah (EUA) y en la India demostrando ser eficaces para la producción de garbanzo bajo una agricultura sostenible (3).

Los tetra-inoculantes con *Rhizobium leguminosarum*, *Azotobacter chroococcum*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Trichoderma harzianum* aumentaron la nodulación, peso seco de la biomasa, rendimiento de grano y absorción de los nutrientes, seguido por tri-inoculantes de *R. leguminosarum, A. chroococcum* y *P. aeruginosa* o *R. leguminosarum A. chroococcum* y *T. harzianum*, respecto al control no inoculado (37). Además se observó mayor crecimiento y rendimiento de las plantas debido a la promoción del crecimiento vegetal, como consecuencia de una mejor fijación de nitrógeno atmosférico (*R. leguminosarum, A. chroococcum*), producción de sideróforos, solubilización de minerales como el fósforo, síntesis de fitohormonas y supresión de fitopatógenos (*P. aeruginosa*, *T. harzianum*) (34).

Yáñez et al. (37) analizaron la respuesta del garbanzo a la doble inoculación con *Azotobacter vinelandii y Burkholderia cepacia* y a la vez con un fertilizante nitrogenado (FN) en un 50% de la dosis (o sea 50 g/L) obteniendo como resultado una respuesta positiva del garbanzo tanto en plántula como en floración. Este cultivo alcanzó un

peso seco total (PST) en estadio de plántula y floración de 0,82 g, valor estadísticamente diferente y significativo, comparado con los 0,71 g de PST del control sin inocular y con el FN al 100% (100 g/L). Esto se debe a una acción sinérgica de los dos géneros de bacterias en sus raíces, lo que podría evitar en parte la perdida de fertilidad del suelo y la contaminación ambiental por la aplicación en exceso del FN.

Tipos de suelo y clima que afectan a la eficiencia de la simbiosis

La inoculación en leguminosas con cepas seleccionadas es una práctica común en varios países, pero a veces no resulta eficiente debido a la mala selección de la cepa en relación a la salinidad, sequía, temperatura o nutrientes del suelo, además de una buena conservación y manipulación del inoculante (1, 12, 20, 21, 22, 34).

La salinidad afecta negativamente al garbanzo a nivel de germinación, crecimiento y formación de flores y frutos, llegando incluso a la inhibición total del desarrollo y producción de grano en algunos cultivares (12). También puede causar reducción en la nodulación, tamaño de nódulos y fijación de nitrógeno, ya que afecta la absorción de agua extraíble del suelo e induce el ajuste osmótico en tejidos, siendo mayor dicho efecto en nódulos que en hojas o raíces (7, 12). Sin embargo, cepas de mesorizobios de garbanzo tolerantes a la salinidad son más resistentes a la deficiencia de agua en el suelo (33).

La sequía reduce la actividad de la enzima nitrogenasa, la cual está asociada con la expresión de los genes *nifK* que codifican para la fijación biológica de nitrógeno en las leguminosas. Además, el estrés por sequía promueve la acumulación de aminoácidos, principalmente la asparagina en los nódulos, causando un desbalance redox celular. La acumulación de ácidos orgánicos, especialmente el malato en nódulos, que coincide con la disminución de la respiración de las raíces noduladas, también fue observada bajo condiciones de estrés. Cuando el estrés por sequia ocurre en etapas tempranas, la

reducción de la actividad nitrogenasa involucra al menos la inhibición de la respiración, acumulación de nitrógeno y un desbalance en el status redox celular en nódulos (7, 12, 21, 29).

Como el garbanzo es un cultivo anual de clima seco que se siembra en numerosas regiones del mundo, sobre todo en zonas áridas y semiáridas, para lograr altas producciones del mismo es necesario fertilizar e inocular adecuadamente. Aunque su origen se remonta a países como Afganistán, Pakistán e India, donde se ha ido adaptando a condiciones adversas de clima y suelo, si en las primeras etapas el cultivo de garbanzo tiene déficit hídrico, éste se adapta a través de ajustes fisiológicos, aunque siempre en detrimento de la actividad nitrogenasa (5, 19).

Al ser un cultivo muy susceptible a enfermedades fúngicas, fue llevado a áreas ecológicamente similares a las de origen, donde constituye una interesante alternativa nutricional, sobre todo por su contenido de proteínas. Sin embargo, por medio del mejoramiento genético se ha generado material resistente que puede ser cultivado en regiones más húmedas, donde las enfermedades fúngicas son más frecuentes. La disminución en el peso seco de la biomasa aérea fue paralela a la disminución en el contenido de N en las plantas simbióticas, indicando que una mayor sensibilidad a la salinidad se asoció con pobre simbiosis (8).

Inoculación en garbanzo

La inoculación es la práctica agronómica que incorpora artificialmente microorganismos seleccionados a las semillas o al suelo para que cumplan una función benéfica sobre el crecimiento y/o desarrollo del cultivo.

Esta práctica agrícola se realiza para poder generar simbiosis temprana en el cultivo, promoviendo la nodulación y la fijación de N_2. Esto se realiza previo a la siembra con un formulado microbiano denominado inoculante, que es un producto biotecnológico que permite mantener microorganismos fijadores de nitrógeno (rizobios) vivos y fisiológicamente activos hasta su utilización. Durante el



procedimiento de la inoculación se debe lograr que cada semilla se recubra de una carga de rizobios óptima para una adecuada nodulación.

En suelos sin rotación previa con garbanzo, es frecuente observar un fuerte impacto negativo sobre la producción debido a fallas en la nodulación. Las plantas se presentan de color verde amarillentas y sin nódulos, por la tanto no fijan N_2.

En suelos con historia de cultivo de garbanzo se establecen poblaciones de rizobios introducidas por la repetida práctica de inoculación; al ser el rizobio poco móvil en el suelo su distribución espacial es azarosa como consecuencia es factible que no todas las semillas estén en contacto con estas poblaciones bacterianas presentes en el suelo.

Las cepas seleccionadas, provistas a través del inoculante, crean las mejores condiciones para una mayor expresión del proceso de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) desde las etapas tempranas del cultivo, manteniendo el mayor tiempo posible los aportes de nitrógeno desde esta vía.

Efectos de la inoculación sobre la nodulación en garbanzo

El primer efecto de la inoculación en garbanzo, es la presencia de un nuevo órgano en el sistema radicular de la planta que se denomina nódulo. Éste órgano no es esencial para la supervivencia del vegetal, pero sí es fundamental para los requerimientos de N del cultivo. La presencia de los nódulos está relacionada con la capacidad de fijar N_2.Con la inoculación se detectan beneficios cuantificables en el número y peso seco de nódulos por planta (1), y también se observan cambios en el perfil de nodulación de la planta.

La nodulación en garbanzo puede presentarse como nodulación dispersa en la raíces con nódulos alargados o palmados, con nódulos concentrados en la parte superior de las raíces y con nódulos palmados anastomosados unidos cubriendo toda la extensión o gran parte de la raíz primaria. Los cultivares nuevos Kiara UNC-INTA,

Felipe UNC-INTA y las líneas experimentales presentan diferentes tipos de nódulos (Lámina 6.1).

Aportes de nitrógeno desde la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN)

Se calcula que para producir una tonelada de granos se necesita acumular, en la biomasa aérea, 60-70 kg de N en promedio (10), lo que implica un alto nivel de N en la estructura del cultivo. El índice de cosecha de N (NI) es aproximadamente un 73% del total adquirido y se exporta como grano cerca de 30 kg de N/Tn de grano producido. Las leguminosas como el garbanzo toman el N necesario de dos fuentes naturales, una proveniente de la mineralización de la materia orgánica del suelo y la otra a partir de la simbiosis con rizobios específicos.

Distintos procesos físico-químicos suceden para que la planta de garbanzo discrimine la adquisición del ^{14}N en detrimento del ^{15}N, consecuencia de las diferencias entre las características de los isótopos, siendo este proceso más selectivo dependiendo de la cepa de rizobio utilizada o naturalizada del suelo, y en última instancia de su enzima nitrogenasa.

Básicamente son dos los métodos utilizados para la determinación del porcentaje de la FBN en condiciones de campo con historia previa del cultivo; uno de ellos es la "dilución isotópica de ^{15}N" y el otro la "abundancia natural de ^{15}N". En referencia al método de dilución isotópica, se debe conocer la tasa o enriquecimiento del fertilizante y en consecuencia la cantidad a aplicar.

Esta cantidad debe permitir cambiar la composición isotópica del suelo para ser detectado por el espectrómetro (de masa o de emisión). La aplicación del fertilizante enriquecido se realiza en sitios bien delimitados dentro de las parcelas y generalmente se aplica sobre 1 m^2.

En relación al método de abundancia natural propuesto por Boddey et al. (4), se basa en la relación isotópica del $^{15}N/^{14}N$ de las



estructuras del vegetal, sin el agregado de fertilizante nitrogenado enriquecido al suelo. En ambos métodos de cuantificación de la FBN se utiliza la biomasa seca finamente molida del vegetal fijador de N, el mismo procedimiento se realiza con el vegetal no fijador de N o control negativo. La diferencia entre los métodos radica en que con la abundancia natural del ^{15}N requiere además de un control positivo o factor β, es decir, en el que todo el N de la estructura del vegetal fijador de N provenga de la FBN.

Hasta el presente, utilizando el método de abundancia natural, se estimó un porcentaje de FBN cercano al 30% en las condiciones del sur de Santa Fe, Argentina. Con estos niveles de FBN, dado que el NI es superior al 70%, el cálculo del balance de N resulta negativo (Balance N=N fijado menos N exportado).

Según Gana et al. (9) esta baja respuesta de la FBN está condicionada al manejo, y particularmente a las interacciones genotipo de garbanzo y cepas de rizobios, y a las condiciones ambientales. Ellos observaron menor FBN cuando la temperatura del aire es elevada, y cuando el nivel hídrico para el crecimiento del cultivo es insuficiente. Además se verificaron altos niveles de FBN cuando se irrigó el cultivo y en rotaciones con gramíneas. Otros autores como People et al. (23), describen niveles de FBN superiores al 70% en algunas zonas de Australia y Walley et al. (34) detallan que los cultivares Desi tienen más altos niveles de FBN que Kabuli.

Nutrientes en garbanzo

El garbanzo es uno de los cultivos que menos nutrientes exporta del suelo para alcanzar producciones promedio regionales, y por ende, provocaría menos degradación química del suelo.

Los nutrientes más limitantes de la producción del garbanzo son fósforo (P), calcio (Ca), azufre (S), molibdeno (Mo), boro (B) y zinc (Zn). Respecto a la nutrición nitrogenada, los principales aportes para este cultivo provienen del proceso de fijación biológica del nitrógeno (17, 19, 20) y en menor medida desde el N presente en el suelo.

El N tiene un rol crucial en la producción del cultivo de garbanzo, está determinado que para producir 1 qq de grano de garbanzo se requieren en promedio entre 6 y 8 kg de N.

La producción de garbanzo en nuestro país desde sus inicios fue acompañada por la inoculación, dada la inexistencia en nuestros suelos de las bacterias específicas capaces de establecer simbiosis funcional con garbanzo, como por ejemplo *Mesorhizobium cicerii* o *M. mediterraneum*.

En el listado provisto por SENASA (2014), organismo de registro de este inoculante, se puede verificar que existen más de 10 productos registrados para garbanzo con alta diversidad de formulados ya sean líquidos (8) o sólidos (2 en turba), con la incorporación o no de factores de nodulación o bioinductores.

Las cepas de rizobios utilizadas y provistas por la Colección IMYZA del INTA son R26, (Australia AIRS, CC 1192/NA936-3) y R30 (ARS USDA, USDA3383), ambas son *Mesorhizobium cicerii*.

Selección de cepas

Las cepas utilizadas para la producción de inoculantes han sido seleccionadas por su capacidad para formar nódulos (infectividad), (Lámina 6.2) y para fijar N (efectividad). Los estudios de selección comienzan en laboratorio, continúan en invernáculo y finalizan en ensayos de campo en las diferentes áreas cultivadas con garbanzo.

Desde el 2013, dentro del marco del Proyecto Nacional de Legumbres (26) del INTA en un trabajo conjunto del IMYZA (Instituto de Microbiología y Zoología Agrícola de Castelar) con la EEA (Estación Experimental Agrícola) de Salta se están realizando numerosos ensayos en diferentes áreas productivas y se seleccionó hasta el presente la cepa R 30 (Lámina 6.1) como la más recomendable para la inoculación de garbanzo. Esta cepa ha tenido respuesta positiva en el NOA respecto a otras cepas evaluadas para nodulación y rendimiento. Sin embargo, los estudios continúan a fin de confirmar la performance de la misma en diferentes ciclos agrícolas.



Manejo o prácticas de cultivo que benefician a la simbiosis

Los principales aportes a la nutrición nitrogenada para este cultivo provienen del proceso de fijación biológica del nitrógeno (20, 29).

Las cepas, usadas para la inoculación, provienen de la diversidad que se encuentra en el suelo de origen de la leguminosa en gran parte de los casos; pero al mismo tiempo, esta biodiversidad puede afectar la formación de nódulos de manera positiva o negativa, debido a las múltiples interacciones que se dan entre organismos del suelo y plantas. El buen conocimiento de la diversidad de los agentes fijadores de nitrógeno en el suelo deberá ser el primer paso para el manejo y la conservación de este importante recurso genético (20).

Un manejo inadecuado de los sistemas agrícolas puede conducir a cambios en las comunidades microbianas, provocando la producción exagerada de metabolitos no disponibles para las plantas, por la alteración del reciclaje del N y P.

Dentro de las prácticas de manejo adecuadas para el cultivo, se incluyen secuencias de rotación con gramíneas como maíz, sorgo o trigo, que aportan volúmenes abundantes de rastrojo y generan suficiente carbono para otorgar sustentabilidad al sistema. Las rotaciones, reducen la necesidad de fertilización con N a otros cultivos de la cadena de rotación, a través de la fijación de nitrógeno atmosférico.

El garbanzo se convierte en una alternativa muy interesante en las rotaciones agrícolas ya que los resultados han demostrado que el maíz de segunda sobre garbanzo rinde 3000 kg/ha más que sobre trigo, mientras que para la soja de segunda el incremento logrado fue de unos 600 kg/ha. Esto se debió a que al momento de la siembra del maíz y de la soja de segunda sobre garbanzo había 60 kg/ha más de N en los primeros 60 cm de suelo y 45 mm más de agua útil hasta 1 m de profundidad.

El manejo integrado de nutrientes es una estrategia aceptada para aumentar la fertilidad del suelo protegiendo el ambiente, y así incrementar la productividad (29).

La mayor contribución de nitrógeno fijado a los ecosistemas terrestres proviene de la asociación *Rhizobium*-leguminosa, la cual se estima alrededor del 50%. Por lo tanto, cualquier práctica de manejo del suelo que contribuya a proteger el ecosistema que forman los microorganismos cercanos a la raíz, es de vital importancia para la agricultura en términos de aumento de la fertilidad del suelo y residuos de cosecha, reduciendo el impacto negativo de los fertilizantes químicos para el ambiente (30).

Bibliografía

1. Abril, A.; Ryan, A. y J. Carreras, J. 1997. Inoculación de garbanzo con *Rhizobium sp.* nativos de la Provincia de Córdoba, Argentina. Revista Argentina de Microbiología 29: 24-31.
2. Anand, S. y J. Reddy. 2009. Biocontrol potential of *Trichoderma sp.* against plant pathogens. International Journal of Agriculture Sciences 1 (2): 30-39.
3. Andrés, J. A.; Rovera, M.; Guiñazú, L. B.; Pastor, N. A. y S. B. Rosas. 2012. Interactions between Legumes and Rhizobia under stress conditions. En: Maheshwari, D. K. (Ed.). Bacteria in Agrobiology: Stress Management. Springer. Berlín, Alemania. Pp.: 77- 94.
4. Boddey, R. M; Peoples, M. B; Palmer, B. y P. J. Dart. 2000. Use of the ^{15}N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. Nutrient Cycling in Agroecosystems 57: 235-270.
5. De la Peña, C. y V. M. Loyola-Vargas. 2014. Biotic interactions in the rhizosphere: a diverse cooperative enterprise for plant productivity. Plant physiology 166 (2): 701-719.
6. Dugan, F. M.; Lupien, S. L. y W. Chen. 2012. *Clonostachys rhizophaga* and other fungi from chickpea debris in the Palouse region of the Pacific Northwest, USA. North American Fungi 7 (6): 1-11.

7. Esfahani, M. N.; Sulieman, S.; Schulze, J.; Yamaguchi-Shinozaki, K.; Shinozaki, K. y P. T. Lam-Son. 2014. Mechanisms of physiological adjustment of N_2 fixation in *Cicer arietinum* L. (chickpea) during early stages of water deficit: single or multi-factor controls. Plant Biotechnology Journal 12: 387-397.

8. Flowerst, T. J.; Gaur, P. M.; Gowda, C. L. L.; Krishnamurty, L.; Samineni, S.; Siddique, K. H. M.; Turner, N. C.; Vadez, V.; Varshney R, K. y T. D. Colmer. 2010. Salt sensitivity in chickpea. Plant, Cell and Environment 33: 490–509.

9. Gana, Y.; Johnston, A. M.; Knight, J. D.; McDonald C. y C. Stevenson. 2010. Nitrogen dynamics of chickpea: Effects of cultivar choice, N fertilization, *Rhizobium* inoculation, and cropping systems. Canadian Journal of Plant Science 90 (5): 655-666.

10. Goel, A. K.; Sindhu, S. S. y K. R. Dadarwal. 2002. Stimulation of nodulation and plant growth of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by *Pseudomonas spp*. antagonistic to fungal pathogens. Biology and Fertility of Soils 36: 391–396.

11. Hamaoui, B.; Jihad, M.; Abbadi, S. B.; Adnan R.; Shlomo, S. y Y. Okon. 2001. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense* on chickpeas (*Cicer arietinum*) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions. Agronomie 21: 553-560.

12. Joseph, B.; R. Patra, R.; Lawrence, R. 2007. Characterization of plant growth promoting rhizobacteria associated with chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Plant Production 1 (2):141-152.

13. Kanchan, J. y S. B. Virender. 2014. Impact of elevated temperatures on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 164 (1): 90-97.

14. Kantar, F.; Hafeez, F. Y.; Shivakumar, B. G.; Sudaram, S. P.; Tejera, N. A.; Aslam, A.; Bano, A. y P. Raja. 2007. Chickpea: *Rhizobium* management and nitrogen fixation. En: Yadav, S.; Redden, R.; Chen, W. y B. Sharma (Eds). Chickpea Breeding and Management 8: 179-192.

15. Kumar, S.; Kapoor, V.; Gill, K.; Singh, K.; Xess, I.; Satya, N. D. y S. Dey. 2014. Antifungal and antiproliferative protein from *Cicer arietinum*: a bioactive compound against emerging pathogens. BioMed Research International 2014: 1-9.

16. Landa, B. B.; Navas-Cortés, J. A.; y R. M. Jiménez-Díaz. 2004. Integrated management of *Fusarium* wilt of chickpea with sowing date, host resistance, and biological control. Phytopathology 9: 946-960.

17. Laranjo, M.; Alexandre, A.; Rivas, R.; Velázquez, E.; Young J.; Peter, W. y S. Oliveira. 2008. Chickpea rhizobia symbiosis genes are highly conserved across multiple *Mesorhizobium* species. FEMS Microbiology Ecology 66: 391-400.

18. Laranjo, M.; Alexandre, A. y S. Oliveira. 2014. Legume growth-promoting rhizobia: An overview on the *Mesorhizobium* genus. Microbiological Research 169 (1): 2-17.

19. Lloret, L. y E. Martínez-Romero. 2005. Evolución y filogenia de *Rhizobium*. Revista Latinoamericana de Microbiología 47 (1-2): 43–60.

20. Moreira, F. 2012. Bacterias formadoras de nódulos en Leguminosas. En: Moreira, F.; Huisin, J. y D. Bignell. (Eds). Manual de biología de suelos tropicales 6: 177-216.

21. Muhammad, I.; Saleem, M. y A. Safdar. 2011. Effect of different phosphorous and sulfur levels on nitrogen fixation and uptake by chikpea (*Cicer arietinum* L.). Agrociencia 46: 1-13.

22. Patra, S.; Sharma, R. N.; Naik M. L. y P. K. Patra. 2011. Study of temperature influence on seed and seedling vigour in medium seeded chickpea for rice based cropping system. Journal of Experimental Sciences 2 (10): 64-68.

23. Peoples, M. B.; Bowman, A. M.; Gault, R. R.; Herridge, D. F.; McCallum, M. H.; McCormick, K. M.; Norton, R. M.; Rochester, I. J.; Scammell, G. J. y G. D. Schwenke. 2001. Factors regulating the contributions of fixed nitrogen by pasture and crop legumes to different farming systems of eastern Australia. Plant and Soil 228: 29-41.

24. Pérez-Montaño, F.; Alías-Villegas, C.; Bellogín, R. A.; del Cerro, P.; Espuny, M. R.; Jiménez-Guerrero, I.; López-Baena, F. J.; Ollero, F. J. y T. Cubo. 2014. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: From microorganism capacities to crop production. Microbiological Research 169: 325–336.

25. Perticari, A. 2013. Fijación biológica de nitrógeno. IV Jornada Nacional de Garbanzo. Salta, Argentina.

26. Proyecto Nacional Legumbres PNHFA11-06075. 2013. Directora: García Medina S. Responsable técnico IMYZA: Perticari, A.

27. Rajakumar, E.; Aggarwal, R. y B. Singh. 2005. Fungal antagonists for the biological control of ascochyta blight of chickpea. Acta Phytopathologica & Entomologica Hungarica 40 (1-2): 35-42.

28. Rivas, R.; Gutiérrez, C.; Abril, A.; Mateos, P. F.; Martínez-Molina, E.; Ventosa, A. y E. Velázquez. 2005. *Paenibacillus rhizosphaerae* sp. *nov.*, isolated from the rhizosphere of *Cicer arietinum*. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 55: 1305–1309.

29. Samir, B. R.; Mustapha, T.; Mohamed, E. A.; de Lajudie, P. y R. Mhamdi. 2009. The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficiency as a source of more efficient inoculants. Soil Biology & Biochemistry 41: 2568–2572.

30. Saxena, A.; Raghuwanshi, R. y H. B. Singh. 2014. Trichoderma species mediated differential tolerance against biotic stress of phytopathogens in *Cicer arietinum* L. Journal of Basic Microbiology 55: 195-206.

31. Saxena, A. K.; Shende, R. y M. Grover. 2006. Interactions among beneficial microorganisms. En: Mukerji, K. G.; Manoharachary, C. y J. Singh (Eds). Microbial activity in the rhizosphere. Soil Biology 7: 121-137.

32. SENASA. 2014. Inscripción de fertilizantes biológicos, químicos y orgánicos en el Registro Nacional de Fertilizantes, enmiendas, sustratos, protectores, acondicionadores y materias primas.

http://www.senasa.gov.ar/contenido.php?to=n&in=524&io=2956. Ingreso: 07/2015.

33. Singh, U. P.; Sarma, B. K. y D. P. Singh. 2003. Effect of plant growth-promoting Rhizobacteria and culture filtrate of *Sclerotium rolfsii* on phenolic and salicylic acid contents in chickpea (*Cicer arietinum*). Current Microbiology 46: 131-140.
34. Verma, J. P. y J. Yadav. 2012. Evaluation of plant growth promoting rhizobacteria and their effect on plant growth and grain yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture production. Proceedings of the International Conference on Agriculture, Science and Engineering. Nigeria 1: 127-131.
35. Walley, F. L.; Kyei-Boahen, S.; Hnatowich, G. y C. Stevenson. 2005. Nitrogen and phosphorus fertility management for Desi and Kabuli chickpea. Canadian Journal of Plant Science 85: 73-79.
36. Weller, D. M. 2007. *Pseudomonas* biocontrol agents of soilborne pathogens: looking back over 30 years. Phyopatology 97: 250-256.
37. Yañez, J. M.; Moreno, J. V.; Vela-Muzquiz, G. R. y L. Benavides. 2014. Respuesta del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) a la inoculación con *Azotobacter vineladii* y *Burkholderia cepacia* a dosis reducida de fertilizante nitrogenado. Scientia Agropecuaria 5 (2014): 115-120.

CAPÍTULO 7

MEJORA GENÉTICA DEL GARBANZO

SECCIÓN 1

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.). FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS. UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA. Periodo 1970-1988

Elvio B. J. Biderbost

El Capítulo 7 consta de cuatro secciones, subdivido a efecto de sistematizar los contenidos, donde cada sección es continuidad de la primera.

Introducción y antecedentes

Allard (1) define al mejoramiento genético vegetal o fitotecnia como el *arte y la ciencia de cambiar genéticamente a las plantas.* En base a esta definición, podemos asumir que comprendería desde la domesticación de las plantas que resultaban útiles para la subsistencia del hombre primitivo, hasta los actuales cultivares

obtenidos mediante procedimientos y técnicas de mejoramiento de variada complejidad.

En Argentina, durante el siglo XX, el garbanzo se cultivaba en zonas con diferentes condiciones de semiaridez de las Provincias de Salta, Córdoba, Jujuy, Tucumán, Santiago del Estero, Catamarca y La Rioja; generalmente bajo riego y durante el periodo comprendido entre los meses de abril a noviembre, según las zonas de cultivo y los materiales utilizados para la siembra: variedades locales Sauco, Mexicano y Criollo.

Entre las principales adversidades de tipo abiótico que afectaban al cultivo se destacaban los daños ocasionados por "heladas" antes de la floración, y "sequias" durante la floración y comienzo de fructificación cuando no había posibilidad de riego. Entre las de tipo biótico, la enfermedad denominada "marchitez-amarillamiento o fusariosis" del garbanzo (de manera abreviada "fusariosis del garbanzo"), que podía comenzar a manifestarse desde etapas tempranas del desarrollo de las plantas.

La variedad local Sauco, por su buen nivel de adaptación, potencial de rendimiento, tolerancia a "heladas" y a la " fusariosis", se sembraba en todas la zonas de producción del país (24, 30, 37, 40); la variedad local Mexicano, a pesar de su mejor calidad comercial de semillas (tamaño, forma y color del tegumento), por su sensibilidad a "heladas" tenía mayor difusión en las zonas de cultivo de las Provincias de Salta, Jujuy y Tucumán; mientras que la variedad local Criollo de gran rusticidad y menor calidad de semillas, se sembraba particularmente en la Provincia de Córdoba y en menor escala en las Provincias de Catamarca, La Rioja y Santiago del Estero (11).

Estas variedades locales presentaban diferencias entre sí para algunas características de importancia agronómica; que a su vez se expresaban con distintos rangos de variabilidad, dificultando su diferenciación y reconocimiento (4)

En la Provincia de Córdoba (Departamento Cruz del Eje), el manejo tradicional contemplaba la siembra con un espaciamiento de 0,70 m entre hileras, lo que facilitaba el control mecánico de malezas hasta el comienzo de la floración, así como el manejo del riego y el



arrancado o cortado de las plantas a la cosecha. A su vez, para tales prácticas culturales, resultaba menos propicia una estructura de planta con hábito de crecimiento de tipo postrado o rastrero (4, 37).

El tiempo transcurrido entre la fecha de siembra y el inicio de floración, también era un aspecto tenido en cuenta por los productores, a los efectos de prevenir daños por "heladas" tempranas antes del inicio de floración; y a su vez, evitar la pudrición de la semilla durante la germinación por bajas temperaturas, y alta humedad del suelo debido al riego de pre-siembra que generalmente se realizaba. Un evento no bien advertido por los agricultores, era la anticipación de la cosecha por la finalización forzada del ciclo de cultivo, particularmente durante el mes de octubre, cuando se daban temperaturas de alrededor de 28 a 30°C por un periodo de 8 a 10 días, con baja humedad atmosférica y poca reserva de agua en el suelo, que adelantaba el fin del ciclo de floración y la senescencia o "entrega" de las plantas, con los consecuentes daños sobre el rendimiento y calidad de la semilla cosechada (3, 12).

Un primer aporte al requerimiento de mayor calidad comercial de la semilla, se encuentra en un trabajo publicado en 1912 por Maldonado Vázquez (30), Director de la Estación Experimental de Soto, Departamento Cruz del Eje de la Provincia de Córdoba. En ese trabajo, el autor hace referencia al manejo del cultivo y al buen comportamiento de la variedad local Sauco en dicha zona. Entre sus recomendaciones propone "*la clasificación por tamaño de la semilla cosechada, por ser de mayor aceptación las más grandes*". A esta práctica el autor le asigna vital importancia ya que consideraba, "*que depende de su prolijidad el éxito de la venta y al mismo tiempo la selección de la semilla para la próxima siembra*". Respecto a esto último, la propuesta era técnicamente válida pero el resultado incierto si los productores, por procurar la mayor rentabilidad del cultivo, no reservaban para la próxima siembra una parte suficiente de lo mejor de la cosecha. En ese caso, podía promoverse una situación no favorable o aún negativa para el "tamaño de semilla", por la buena respuesta del carácter a la selección masal en garbanzo (16).

Posteriormente, con mayor disponibilidad de conocimientos científicos y técnicos sobre el tema, en la EEA INTA-Catamarca se

implementa el Plan Institucional N° 1308, denominado Estudio de Adaptación Regional sobre Garbanzo (40). Este plan, que se ejecuta entre los años 1964/68, consistió en la evaluación y selección de materiales promisorios a partir de introducciones procedentes de España, Rusia, India, Marruecos, EEUU, México, Perú y Chile, y de entradas de las variedades locales Sauco y Criollo; constituyendo el primer antecedente de su tipo en el país.

Desestimando a las entradas de las variedades locales, se priorizan los trabajos de selección a partir del germoplasma introducido que mostraba capacidad de adaptación, buenas aptitudes agronómicas, tolerancia a la "fusariosis" y calidad comercial de la semilla, entre otras características de interés agronómico.

Con este criterio, se seleccionaron las líneas Sumalao 330, 337 y 351 que posteriormente fueron evaluadas y difundidas por su buen comportamiento en la zona garbancera de la Provincia de Salta.

En el informe técnico del plan (40), no se detalla con precisión la metodología y el criterio seguido para la selección individual de las líneas, ni la estructura genética del germoplasma introducido. De las líneas Sumalao difundidas, solo se menciona que la línea 351 se originó de un material proveniente de la Universidad Nacional Agraria La Molina Perú; la línea 337 de un germoplasma tipo Mexicano introducido del INRA-Marruecos; y la línea 330 por selección a partir de un material procedente de los EEUU.

En cuanto a enfermedades, se destaca la importancia de los daños ocasionados por la "fusariosis del garbanzo" en las zonas productoras de los Departamentos de Anta y Metán de la Provincia de Salta, y se menciona en la zona de San José de Orquera, la manifestación de una sintomatología compatible con "la rabia", recomendando que debería ser corroborada tal observación mediante un análisis de laboratorio. Posteriormente, no hubo otra referencia al respecto, lo que parece indicar que no fue confirmada la presencia de la enfermedad o que la misma fue desestimada por una mínima incidencia.

Relacionado a insectos-plagas, se señala daños ocasionados por pulgones negros, "gusanos" y mosca del garbanzo (*Liriomyza*

cicerina Rond.) y que no se realizan en ningún lugar tratamientos con insecticidas para su control.

Para la evaluación de los materiales selectos, tanto a nivel de Ensayos Comparativos de Rendimiento (ECR), como de su cultivo a campo, se hace referencia a la colaboración de la EEA-INTA Salta (Cerrillos) y de la AER-INTA Metán-Salta.

Origen y conformación inicial del Programa de Mejoramiento de Garbanzo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC

En el año 1970, como propuesta de las Cátedras de Genética y de Mejoramiento Vegetal del ex-Instituto de Ciencias Agronómicas, hoy Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC, se inicia el Programa de Mejoramiento del Garbanzo de dicha unidad académica. Los resultados obtenidos entre 1970/72 permitieron acceder al Plan CAFPTA[1] 1111 (37), que fue puesto en marcha en el año 1973, constituyéndose en el eje programático y soporte financiero para la ejecución de las actividades científicas y técnicas previstas, y de la formación de recursos humanos en el tema.

Es de destacar, que posteriormente resultó fundamental el aporte de los proyectos complementarios SECyT-UNC; CONICET y CONICOR, que posibilitaron la necesaria continuidad de los trabajos en el tiempo para arribar a los resultados y logros obtenidos (3, 4, 5, 13, 15, 25).

Considerando al garbanzo como un cultivo de interés regional para la Provincia de Córdoba, y representativo de otra zonas de producción del país, los objetivos y estrategia de trabajo se definieron teniendo en cuenta las características de los materiales de siembra, las limitaciones y adversidades para su cultivo, la precariedad de conocimientos y experiencias previas en nuestro país; así como la

[1] CAFPTA: siglas de la ex-Comisión Administradora del Fondo de Promoción de la Tecnología Agropecuaria (del INTA) y CONICOR: siglas del ex–Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de la Provincia de Córdoba.

orientación de los programas de mejoramiento iniciados pocos años antes en México, Perú y Chile.

En el Plan CAFPTA, conformado de manera interdisciplinaria para una mejor contribución al conocimiento de la especie y mayor eficiencia en el logro de los objetivos, participaron docentes y colaboradores de las cátedras de Genética, Mejoramiento Vegetal, Fitopatología, Manejo de Suelos, Microbiología y Maquinaria Agrícola, en las siguientes Areas de investigación que constituían la estructura del plan: I)- Area Genética y Mejoramiento; II)**-** Area Fitopatología; III)**-** Area Relación agua-suelo-planta: IV)- Area Investigaciones de Apoyo: sub-áreas Eficiencia Reproductiva; Desarrollo Floral y Técnica de Cruzamiento; Mutaciones Espontáneas, y Calidad de Semillas (37).

Para el abordaje de los objetivos propuestos, se consideró una estrategia general de trabajo basada en las siguientes metodologías:

- Introducción de nuevo germoplasma como recurso genético.
- Selección como método de mejoramiento a partir de las variedades locales.
- Hibridación como alternativa para la obtención de materiales recombinantes; y a partir de estos, líneas con características sobresalientes.

Se establecieron vinculaciones en el país con la Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UNTuc, la EEAOC de Tucumán y las EEAs-INTA Catamarca, Salta y Manfredi; y del extranjero con el INRA-Marruecos, ICRISAT-India, Universidad Nacional Agraria La Molina-Perú, INIA La Platina-Chile, e instituciones de México (7).

Resultados y logros

De la ejecución del plan CAFPTA y los proyectos complementarios, entre los años 1970/88, se generó información científica y técnica básica, que sustentó la estrategia de mejoramiento implementada. Los resultados obtenidos, logros fitotécnicos y aportes realizados, se presentan a continuación.



Análisis y evaluación del germoplasma introducido

En virtud de que el Programa de Mejoramiento tenía un enfoque regional y particularmente orientado a la zona de cultivo del Departamento Cruz del Eje, el interés desde un punto de vista técnico estaba centrado en las variedades locales Sauco y Criollo; especialmente en Sauco que era la variedad de mayor difusión en todo el país (24, 30, 37, 40). Por tal motivo, se disponía de entradas de estas variedades locales recolectadas en las zonas de cultivo de las Provincias de Córdoba, Tucumán y Salta; de la variedad local Mexicano, a pesar de la escasa difusión que tenía en el Departamento Cruz del Eje por su sensibilidad a heladas, y de las líneas Sumalao 351, 337 y 330, procedentes de la EEA INTA Catamarca. Luego, entre 1973/74, con el inicio del Plan CAFPTA, se sumó al germoplasma existente, materiales del INRA-Marruecos, ICRISAT-India, Universidad Nacional Agraria La Molina-Perú, INIA La Platina-Chile y de Chapingo- México (37).

Las líneas Sumalao y las introducciones, Breve Blanco, Macarena, California INIA, Andaluz, Castellano, Selección Hidango, Blanco Lechoso Español, líneas en selección avanzada del INIA La Platina-Chile y dos entradas tipo Desi procedentes de Marruecos, fueron multiplicadas y evaluadas por: porte o hábito de crecimiento inicial de las plantas, días al inicio de floración, tolerancia a la "fusariosis" y al frío o "heladas", y producción y calidad comercial de la semilla.

En términos generales, las introducciones evaluadas bajo condiciones de cultivo no mostraron un comportamiento promisorio. Algunas de ellas con características sobresalientes respecto a las variedades locales, fueron preservadas para futuras hibridaciones.

La introducción Blanco Lechoso Español se destacó por su porte o hábito de crecimiento erecto, precocidad a inicio de floración y calidad comercial de la semillas (tamaño grande, forma lobulada muy asurcada y color del tegumento castaño claro a blanco); constituyéndose por estas características en un progenitor alternativo de la variedad local Mexicano en los cruzamientos previstos; y la línea PCH-15 tipo Desi de tegumento negro, por su tolerancia a la "fusariosis" (3, 37).

Para la ejecución de los trabajos experimentales bajo condiciones de campo, se contaba con instalaciones y parcelas protegidas en el área experimental anexa a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC. A su vez, en la zona de cultivo de la Comuna Los Chañaritos, del Departamento Cruz del Eje, se disponía de un área experimental de 2 ha en el campo de un productor que colaboraba con el Programa de Mejoramiento de Garbanzo. La parcela estaba cercada con alambre tejido para evitar el daño por liebres (*Lepus europaeus* Pallas), con posibilidad de riego y acceso al uso de implementos de labranza y depósito de materiales (3, 8).

Caracterización de las variedades locales Sauco, Criollo y Mexicano

Dada la importancia que tenían estas variedades locales para el cultivo de garbanzo en el país y la falta de un patrón de tipificación fenotípica para facilitar su diferenciación y reconocimiento (3, 4), se iniciaron trabajos conducentes a una primera caracterización de estos materiales (11).

Para esto, en el área experimental de la Comuna Los Chañaritos, a partir del año 1974, en suelos infectados naturalmente con los agentes causales de la "fusariosis", se evaluaron en macroparcelas poblaciones de las variedades locales Sauco, Criollo y Mexicano, representativas de las principales regiones de producción del país (Lámina 7.1.1).

El manejo del cultivo fue el tradicional de la zona: preparación del terreno mediante una arada y pasada de rastra; un riego de pre-siembra por surco o por cantero (alrededor de 70 a 80 mm); siembra en la segunda quincena de mayo con un distanciamiento de 0,70 m entre hileras, 8 semillas por m lineal y profundidad de 4 a 6 cm, sin compactado de tierra; control mecánico de malezas entre hileras mediante carpidores; dos a tres riegos complementarios: uno al inicio de floración, otro en plena fructificación y eventualmente un tercero al final de esta para el "llenado" de las vainas; arrancado mecánico de las plantas a cosecha, engavillado si fuera necesario y trilla por parcelas para el caso de ensayos. También se tuvo en cuenta la prevención de daños ocasionados por palomas moteadas o cenicientas y torcazas (*Patagioenas maculosa* Temmink y *Zenaida*

auriculata Des Murs, respectivamente), en el estado de plántula y planta joven; hormigas podadoras prioritariamente hasta comienzo de la fructificación, y por cotorras (*Myiopsitta monachus* Boddaert), en estado de grano lechoso (4).

Para la caracterización de las variedades locales, se consideraron los siguientes caracteres descriptores: peso de 100 semillas en gramos (g) y su coeficiente de variación (CV), determinados en muestras de semillas tomadas al azar; forma de semilla y color del tegumento; habito inicial de crecimiento de las plantas a los 35-40 días de la emergencia; hábito de crecimiento a cosecha; número de días desde la emergencia de plántulas a inicio de floración, determinado cuando el 50% de las plantas alcanzaban dicho estadio; tolerancia /sensibilidad a frío ("heladas"), determinada en plántulas y plantas jóvenes antes del inicio de floración, mediante la evaluación visual de daños y capacidad de recuperación, según registro de temperaturas bajo 0°C, con un 50% de plantas afectadas (Tabla 7.1.1 y Lámina 7.1.2); y tolerancia /susceptibilidad a la "fusariosis, evaluada mediante una escala de 1 a 4, correspondiendo el valor de 4 a máxima expresión de tolerancia (3, 13).

El peso de 100 semillas y el número de días desde la emergencia de las plántulas a inicio de la floración, son caracteres de herencia cuantitativa (36), con valores de heredabilidad del 40 y 76% respectivamente, en este caso determinados en base a las variedades locales Sauco y Mexicano (16, 20).

La tolerancia/sensibilidad al frío ("heladas") en etapas tempranas del desarrollo de las plantas, también es un carácter de herencia cuantitativa (31), habiéndose determinado para el mismo una heredabilidad del 87,9% (32).

A su vez, la tolerancia/susceptibilidad a "fusariosis" fue considerada de manera global como un carácter de herencia poligénica (26). Para su evaluación, además de las macroparcelas sembradas con las variedades locales en el área experimental de la Comuna Los Chañaritos, se contó con un ensayo a campo realizado por la Cátedra de Fitopatología en suelos infectados artificialmente, en el área experimental anexa de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC); en el que se analizó el comportamiento de

líneas de las variedades locales en estudio. Para esto, primero se realizaron aislamientos de plantas sintomáticas de las variedades locales Sauco y Criollo, recolectadas en cultivos comerciales del Departamento Cruz del Eje, en los que se determinó la presencia generalizada de *Fusarium oxysporum* Snyder y Hansen y *F. solani* Snyder y Hansen. Luego de efectuadas las correspondientes pruebas de patogenicidad de estos agentes, el inoculo para el ensayo fue preparado con las colonias obtenidas del cultivo de los aislamientos de ambas especies de *Fusarium*. Como testigo tolerante se utilizó la línea Desi recibida del INRA de Marruecos denominada PCH-15 (37).

El comportamiento de las líneas fue evaluado en base al porcentaje de plantas con síntomas de la enfermedad y muertas, sobre el total de plantas emergidas en cada una de ellas.

Los resultados obtenidos permitieron establecer una escala de tolerancia/susceptibilidad para los materiales, comprendida entre el porcentaje de infección registrado en la línea tolerante PCH-15 (2%) y el máximo valor registrado en la línea más susceptible (53%). En dicha escala, entre valores del 2% al 12% se ubicaron 4 líneas de la variedad local Criollo y 2 de la variedad local Sauco, entre las que se encontraba la línea S-156 (3, 4). En el caso de la variedad local Mexicano, se registraron valores medios a altos para el porcentaje de infección de las plantas.

Con estos resultados y la valoración visual de daños en las macroparcelas, se estimó el valor de tolerancia para las poblaciones de las variedades locales que fue expresado en una escala de 1 a 4, correspondiendo a 4 el valor de tolerancia de la línea testigo PCH-15.

En cuanto a caracteres descriptores de herencia simple o cualitativa se consideraron, el hábito de crecimiento inicial y a cosecha de las plantas, la forma de semilla y color del tegumento (33, 35). Para la evaluación del porte o hábito de crecimiento, se establecieron las siguientes clases fenotípicas: postrado o rastrero, semipostrado o semirastrero, semierecto y erecto (Lámina 7.1.3 y 7.1.4); respecto a este carácter, cabe destacar que su expresión fenotípica resultó influenciada en el cultivo por la densidad de plantas/ha. En cuanto a forma de la semilla, fueron consideradas las siguientes alternativas: lobulada muy asurcada (LMA); lobulada

asurcada (LA); lobulada poco asurcada (LPA); lobulada semilisa (LSL) y globosa (GLO); (29). Los resultados obtenidos se informan en la Tabla 7.1.1

Tabla 7.1.1: Caracterización de las variedades locales Sauco, Criollo y Mexicano de garbanzo (Cicer arietinum L.). *LA: lobulada asurcada; LMA: lobulada muy asurcada; LSL: Lobulado semilisa; LPA: lobulada poco asurcada y GLO: globosa. Fuente: Biderbost (4, 13).*

Variedades locales	Sauco	Criollo	Mexicano
Descriptores			
Peso de 100 semillas (g) y coeficiente de variación CV (%).	40-45 g; CV: 20-25%	30-40 g; CV: 25-30%	50-55 g; CV: 15-20%
Forma de la semilla.	LA a LSL	LPA a GLO	LMA
Color del tegumento.	Castaño	Castaño a Castaño oscuro amarillo	Castaño claro a Blanco
Hábito de crecimiento inicial de plantas.	Semipostrado a Postrado	Postrado a Semipostrado	Erecto
Hábito de crecimiento a cosecha.	Semierecto a Semipostrado	Semipostrado a Semierecto	Erecto a Semierecto
Días desde emergencia a inicio de floración.	65-75	70-85	50-60
Tolerancia al frío ("heladas") antes del inicio de floración.	-7°C	-10°C	Sensible a "heladas"
Tolerancia a la marchitez o fusariosis (escala de 1 a 4 correspondiendo 4 a alta tolerancia).	Tolerancia 2	Tolerancia 2,5	Tolerancia 1

Por otra parte, la evaluación de la expresión fenotípica de los descriptores dentro y entre las progenies (líneas) F1, puso en evidencia diferencias significativas de variabilidad "entre líneas" respecto a la verificada "entre plantas" dentro de las mismas. Con estos resultados, y considerando la estricta autogamia de la especie (6) se pudo inferir que: **a)** las variedades locales Sauco, Criollo y Mexicano constituyen poblaciones heterogéneas homocigotas con variabilidad genética seleccionable para caracteres de interés agronómico; **b)** la diferente expresión fenotípica de los descriptores entre las variedades locales, conlleva a que las mismas puedan ser

reconocidas e identificadas como materiales distintos; **c)** la caracterización realizada evidenció además, diferencias significativas entre la variedad local Mexicano y las variedades locales Sauco y Criollo, y no tan determinantes entre estas dos últimas; **d)** conforme a esto, se infiere que la variedad local Criollo pudo haberse originado a partir de la variedad local Sauco mediante un proceso de diferenciación para algunos caracteres de interés agronómico (4); muy probablemente iniciado durante su cultivo entre la primera y segunda década del siglo XX, en el Departamento Cruz del Eje, donde se comienza con la práctica de la clasificación de la semilla por tamaño para su comercialización (30), y además alcanza su mayor difusión a nivel nacional.

En base a la información obtenida de la caracterización de las variedades locales, y considerando que la variedad local Criollo actualmente no se cultiva ni se conserva en el país (23), se propone reconocer y preservar como ecotipos regionales de interés agronómico a las variedades locales Sauco y Mexicano.

Como una valoración complementaria, realizada por la Cátedra de Microbiología, se observó en raíces de plantas muestreadas al azar en las macroparcelas del área experimental de la Comuna Los Chañaritos, una muy buena expresión de la simbiosis "*Rhizobium sp.*-garbanzo"; particularmente en Sauco y Criollo, con cepas nativas de *Rhizobium sp.*, que mostraron a su vez una gran capacidad infectiva (Lámina 7.1.5).

En cuanto a la "rabia del garbanzo" (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labrousse), enfermedad emergente recientemente determinada en nuestro país (41); Maldonado Vázquez en 1912 (30), sugestivamente, recomienda para el cultivo de garbanzo en el Departamento Cruz del Eje*: "si caen abundantes rocíos por la mañana y antes de salir el sol, se pasará un hilo por el garbanzal, tomado por dos peones de las puntas y abarcando amelgas de 30 metros, de modo que se sacudan las hojas y caigan las finas gotitas para evitar la quemadura por el sol".* Es importante destacar a pesar de estos indicios, la ausencia de una manifestación concreta de la enfermedad en las zonas tradicionales de producción del país durante el siglo XX y primeros

años del siglo XXI; por lo que, frente a la importancia que actualmente adquirió la misma en nuestro medio, cabe preguntarse:

- a pesar de las sucesivas introducciones de germoplasma de garbanzo ¿es posible que el agente causal no haya ingresado a nuestro país y recién lo hizo a fines de la primera década de este siglo?;
- y si no es así, la importancia adquirida ¿puede deberse a la expansión del cultivo a zonas con condiciones climáticas mucho más favorables para la enfermedad, que las de las zonas tradicionales?;
- y a su vez, el cambio de las prácticas de cultivo y de la estructura genética de los materiales sembrados, al pasar de poblaciones heterogéneas homocigotas (variedades locales), a dos cultivares unilineales derivados de dichas poblaciones, ¿pueden ser factores que también hayan contribuido a su mayor incidencia?

La respuesta a estos interrogantes seguramente será un buen aporte para el manejo de la "rabia del garbanzo", que en la actualidad constituye el más importante estrés biótico que afecta al cultivo de la especie en nuestro país.

La selección masal e individual como métodos de mejoramiento

Según Allard (1) "*Tanto en la evolución como en la mejora de las plantas, las poblaciones van transformándose constantemente hacia formas superiores. En esta transformación continua, la fuerza principal es la selección, por lo que algunos individuos con ciertas características son favorecidos en la reproducción*"; y a su vez señala que: a) la selección sólo puede actuar sobre diferencias heredables y b) no puede crear variabilidad sino que actúa solamente sobre la ya existente.

De acuerdo a estos principios básicos, y referido a especies autógamas como garbanzo, solo es aplicable la selección como

método de mejora genética cuando se la realiza en poblaciones heterogéneas homocigotas, o sea constituidas por un conjunto de líneas puras diferentes.

La línea pura es la unidad de selección en autógamas, que se origina a partir de la descendencia homocigota de una planta autofecunda, lo que conlleva a una población de individuos homocigotas idénticos entre sí. En el caso de la selección individual, sería la descendencia homocigota de plantas élites consideradas como "cabeceras de líneas", que luego se evalúan en sucesivos ciclos de selección en parcelas progenies y en ensayos comparativos de rendimiento (ECR).

En el caso de la selección masal, las semillas de las plantas élites no mantienen su individualidad, sino que se mezclan y se siembran en parcela masal a partir de la cual, se continúa con sucesivos ciclos de selección y siembra en parcela masal, hasta alcanzar el objetivo propuesto o llegar a un límite de respuesta a la selección (1).

Para la elección del método de selección a utilizar es importante tener en cuenta la naturaleza genética del carácter/caracteres a seleccionar: si se trata de caracteres cualitativos y/o cuantitativos de alta heredabilidad, cualquiera de las dos modalidades pueden ser utilizadas, solo dependerá su elección del tipo de material que se pretende obtener y el costo operativo que se pueda afrontar; de lo contrario, cuando se trata de caracteres cuantitativos de baja heredabilidad (20 al 30%), y/o de difícil evaluación fenotípica, lo recomendable es utilizar el método de selección individual, cuyo producto son líneas puras sobresalientes, con las que se pueden estructurar cultivares unilineales o multilineales (compuestos balanceados). En el caso de la selección masal, lo que se obtiene son poblaciones mejoradas, respecto a las poblaciones originales de las cuales se parte. Para situaciones particulares, se pueden combinar pasos operativos de ambos métodos de mejoramiento, o sea ciclos de selección masal alternados con 1 o 2 ciclos de selección en parcelas progenies.

Selección masal

Considerando a las variedades locales, como germoplasma de gran interés por su variabilidad genética para caracteres de importancia agronómica y adaptación a nuestro medio; en un primer trabajo, se inició un proceso de selección masal divergente para tamaño de semillas en la variedad local Sauco, con la finalidad de obtener información acerca de la posibilidad de lograr, mediante selección masal simple por "tamañado" de la semilla para siembra, poblaciones mejoradas a partir de nuestras variedades locales (3, 4, 13).

Para esto, durante dos años consecutivos (1974/75), se sembró en el área experimental de la Comuna Los Chañaritos un ensayo en bloques al azar de cuatro repeticiones, con semillas clasificadas en cuatro categorías de tamaño, mediante un juego de zarandas construido y calibrado en la Cátedra de Maquinaria Agrícola; como testigo se incorporó al ensayo la población Sauco original (11).

Se determinó para cada categoría y la población Sauco original, en base a una muestra de 200 semillas tomadas al azar: el peso individual de cada semillas (g) y coeficiente de variabilidad (%); y la energía y poder germinativo. Los valores promedio de las cuatro categorías y la población Sauco original, para los dos años de siembra (1974/75), referidos a peso de 100 semillas (g) y coeficientes de variabilidad (CV %), se presentan en la Tabla 7.1.2.

Tabla 7.1.2: Categorías de tamaño de semilla establecidas mediante clasificación mecánica en una población de la variedad local Sauco de garbanzo (Cicer arietinum L.*). Fuente: Biderbost et al. (11).*

Categorías de tamaño de semillas	Peso de 100 semillas (g)	CV (%)
1	58,2	10,8
2	45,4	14,6
3	38,1	15,1
4	29,7	14,7
Población Sauco original (PO)	44,5	23,2

La preparación del terreno para la siembra y el manejo del cultivo fue el tradicional de la zona; registrándose por parcela el número de plantas a los 30 días y a la cosecha, como así también el vigor general e incidencia de la "fusariosis".

Paralelamente, se determinó sobre 120 plantas muestreadas al azar en la población Sauco original, las correlaciones fenotípicas padre-progenie respecto al tamaño de semillas y la de este componente con rendimiento por planta.

El análisis estadístico de los resultados del ensayo comparativo de rendimiento de las cuatro categorías de tamaño de semillas y la población Sauco original (PO), permitió establecer lo siguiente:

Año 1974

-*Para tamaño de semillas*: diferencias altamente significativas de la Categoría 1 respecto al resto de las categorías y la PO, y significativas entre la Categoría 4 y la PO.

-*Para uniformidad de semillas* (CV %): diferencias altamente significativas de la Categoría 1 con la Categoría 4 y la PO, y significativas con las Categorías 2 y 3.

Año 1975

-*Para tamaño de semillas*: la Categoría 1 mostró diferencias significativas con la Categoría 2 y la PO, y altamente significativas con las Categorías 3 y 4.

-*Para uniformidad de semillas* (CV %): diferencias significativas de la Categoría 1 con la Categoría 3 y la PO.

Las diferencias estadísticas para tamaño y uniformidad de semillas que mostró la Categoría 1 con el resto de los materiales durante los dos años de ensayos, radica en que cuando se "zarandea" para mayor tamaño de semilla se restringe con considerable facilidad la base germoplásmica de la clase fenotípica



resultante, como consecuencia de la alta correspondencia que seguramente existe, entre la expresión fenotípica del tamaño de las semillas seleccionadas y su condición genotípica, hecho que no se manifiesta con la misma intensidad en las categorías de menor tamaño de semillas (11, 16, 17).

En cuanto a energía y poder germinativo, número de plantas a los 30 días y a la cosecha, tolerancia a la "fusariosis" y rendimiento por ha, no se evidenciaron contrastes significativos entre las distintas categorías de tamaño de semillas y la población Sauco original.

Lo expresado respecto al comportamiento de la Categoría 1 con el resto de los materiales, y la no existencia de diferencias significativas entre las categorías de tamaño de semilla con rendimiento por ha, es corroborado mediante la alta correlación encontrada entre padres y progenies para el carácter tamaño de semilla (r=0,61), y la ausencia de correlación entre tamaño de semillas y rendimiento por hectárea (r=0,15), respectivamente (11).

Por otra parte, la respuesta a un ciclo de selección masal para mayor tamaño de semillas, evaluada estadísticamente durante las campañas 1974 y 1975, se presenta en la Tabla 7.1.3.

Tabla 7.1.3: Respuesta a la Selección masal divergente para mayor tamaño de semillas en una población de la variedad local Sauco de garbanzo (Cicer arietinum L.). *Fuente: Biderbost et al. (11).*

1º Ciclo de selección masal evaluado en 2 años consecutivos	1974		1975	
	Semilla sembrada	Semilla cosechada	Semilla sembrada	Semilla Cosechada
Caracteres / Materiales	Peso de 100 semillas (g) ; CV (%)	Peso de 100 semillas (g); CV (%)	Peso de 100 semillas (g); CV (%)	Peso de 100 semillas (g); CV (%)
Población Sauco original (PO)	44,3 g ; 23,1 %	44,6 g ; 18,6 %	45,7 g ; 23,4 %	35,2 g ; 24,7%
Categoría 1 de tamaño de semillas	58,7 g ; 9,8 %	52,8 g ; 12,2 %	57,8 g ; 11,8 %	40,2 g ; 20,0 %
Respuesta a la selección para tamaño y uniformidad de semilla, respectivamente	----------	18,3 % ; 34 %	----------	14,2 % ; 19 %

Los datos presentados en la Tabla 7.1.3 permiten inferir lo siguiente:

1. En poblaciones de garbanzo con variabilidad genética, la selección masal para mayor tamaño de semilla destinada a la siembra, resulta un método efectivo para la mejora de la calidad comercial de la semilla (mayor tamaño y uniformidad), respecto a la población original de la que se parte.

2. La buena respuesta observada a la selección masal para mayor tamaño de semillas, se debe al valor de heredabilidad expresado por esa condición del carácter, durante el "zarandeado" de la semilla para siembra (16).

3. La menor respuesta a la selección que se observa en el año 1975 respecto a 1974, resulta del daño ocasionado por "heladas" antes e inmediatamente después del inicio de la floración, que perjudicó el normal desarrollo de las plantas impactando particularmente en su etapa reproductiva, y consecuentemente en la calidad comercial de la semilla (tamaño y uniformidad); hecho que evidentemente influyó más en la Categoría 1 que en la población Sauco original.

En cuanto a las categorías para menor tamaño de semillas, se observó un comportamiento diferente al expresado por la Categoría 1. El peso de 100 semillas y CV de la semilla sembrada y cosechada en las campañas 1974/75 de las Categorías 3 y 4, se presentan en la Tabla 7.1.4.

El comportamiento distinto de estas categorías respecto a la Categoría 1, además del margen de error del sistema de clasificación utilizado para el "tamañado" de la semilla, en gran medida se debe a la influencia que tiene sobre la variación fenotípica del tamaño de la semilla producida por cada planta, el número de semillas por vaina, el tiempo que cada vaina dispone para su completo desarrollo y el de la semilla, antes de que las plantas alcancen la madurez de cosecha (17). Hecho que a su vez, puede adelantarse como consecuencia de una senescencia anticipada debido a factores edafo-climáticos adversos hacia el final del ciclo de cultivo (4, 12). En este caso, una proporción variable de la semilla producida por cada planta, puede tener una expresión fenotípica para tamaño de semilla menor a la de

su condición genética, y por lo tanto en el "zarandeado" se ubicará en una categoría de menor tamaño a la que le correspondería por su valor genotípico.

Tabla 7.1.4: Comportamiento de las categorías de menor tamaño de semilla derivadas de la selección masal divergente en una población de la variedad local Sauco de garbanzo (Cicer arietinum L.). Fuente: Biderbost et al. (11).

1º Ciclo de selección masal evaluado en 2 años consecutivos	1974		1975	
	Semilla sembrada	Semilla Cosechada	Semilla sembrada	Semilla Cosechada
Caracteres / Materiales	Peso de 100 semillas (g); CV (%)	Peso de 100 semillas (g); CV (%)	Peso de 100 semillas (g); CV (%)	Peso de 100 semillas (g); CV (%)
Categoría 3 de tamaño de semillas	38,6 g ; 14,2 %	42,0 g ; 16,5 %	37,7 g ; 16,0 %	32,5 g ; 24,0 %
Categoría 4 de tamaño de semillas	31,4 g ; 14,4 %	39,6 g ; 17,7 %	28,1 g ; 15,0 %	29,5 g ; 22,5 %

Esto se evidencia con mayor facilidad en el año 1974 con condiciones climáticas normales para el cultivo, mientras que en el año 1975 se debe considerar, el impacto de "heladas" ocurridas antes e inmediatamente después del inicio de floración de las plantas, que alteró sensiblemente la expresión fenotípica de la semilla cosechada de las Categorías 3 y 4, y obviamente su relación con la semilla sembrada.

Selección individual

Por otra parte, también se consideró a la selección individual como otra alternativa para el mejoramiento genético del garbanzo, a partir de las poblaciones de las variedades locales que se cultivaban en el país (7, 8).

Teniendo en cuenta las limitaciones, requerimientos y adversidades del cultivo, se inició un proceso de selección individual a

partir de la variedad local Sauco; para lo cual se definió como objetivo, la selección de líneas con las siguientes características:

- hábito de crecimiento inicial y a cosecha: semipostrado a semierecto;
- días al inicio de floración: entre 65-70 días;
- forma de semilla: LA a LPA;
- color del tegumento: castaño;
- peso de 100 semillas: > de 45 g;
- uniformidad del tamaño de semilla: CV < 15%;
- tolerancia a frío ("heladas") y a la "fusariosis";
- mayor producción, adaptación y estabilidad del rendimiento (plasticidad).

En el campo experimental del ex Instituto de Ciencias Agronómicas, hoy Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC, en un lote de 5000 m^2 se sembraron poblaciones de la variedad local Sauco, provenientes del Departamento Cruz del Eje y de las zonas de producción de la Provincia de Salta. El manejo del cultivo fue el tradicional de nuestra zona de producción. A partir de un stand de 27.000 plantas se seleccionaron y cosecharon individualmente 1000 plantas élites (3, 4).

Para facilitar la selección a campo de estos materiales, se realizó previamente un análisis de correlaciones fenotípicas simples, considerando los siguientes atributos y características por planta: rendimiento como peso total de semilla producida (g); tamaño de semilla expresado como peso de 100 semillas (g); número total de vainas y semillas; tamaño de vainas (mm^2); número y largo promedio de ramas y ramificaciones primarias y secundarias (cm) (4).

En base a la significancia de los valores de correlación, se consideró como criterio para la selección a campo de plantas élites, la valoración visual durante el cultivo por: número y tamaño de vainas, y el número y longitud de ramas y de ramificaciones primarias y secundarias; que se sincronizó y complementó con la selección por hábito de crecimiento inicial y a cosecha de las plantas, días al inicio

de la floración, ausencia de daños o daños leves por "heladas" y ausencia de síntomas de "fusariosis". Luego de la cosecha y trilla individual de las plantas seleccionadas, se completó la valoración de las mismas con la determinación del peso total de la semillas producida por planta (g), peso de 100 semillas (g), uniformidad (CV %), forma y color del tegumento.

Posteriormente, con el análisis en parcelas progenies de las descendencias de las plantas élites seleccionadas, se inició la etapa de selección de líneas en la que se profundizó la evaluación respecto a los caracteres en selección, y se efectuó una selección preliminar entre las mismas (Lámina 7.1.6) Finalmente, con las mejores 25 líneas se realizaron los ensayos comparativos de rendimiento (ECR) que permitieron determinar como de mejor comportamiento y estabilidad las líneas S-156; S-159 y S-93 (4, 9).

Cabe señalar, que mediante el mismo procedimiento, a partir de la variedad local Criollo, se seleccionaron líneas con alta tolerancia a "heladas" (-10°C), que se caracterizaban por presentar un lento crecimiento inicial, generalmente de hábito postrado, tardío inicio de la floración (85 días desde la emergencia de las plántulas), y menor tamaño de foliolos. A lo mencionado se sumaba bajo peso de 100 semillas (32 g) y forma lobulada semilisa, por lo cual las líneas selectas solo fueron preservadas como recurso genético por su significativa tolerancia a "heladas" (13, 25).

A su vez, se realizaron en los materiales selectos evaluaciones del tiempo de cocción de la semilla, y del contenido de proteína total mediante el método de micro-Kjeldahl (13, 25); determinándose para las líneas selectas S-156, S-159 y S-93 los tiempos de cocción más bajos, alrededor de 50-60 minutos en recipiente abierto (25), y porcentajes de proteína total en semillas entre 23,7 y 26,4% (3).

Evaluaciones posteriores a campo, permitieron establecer entre las tres líneas selectas, un mejor comportamiento de la línea S-156 por su mayor plasticidad, rendimiento y tolerancia a la "fusariosis. En el año 1989, a partir de este material, se informa la obtención de un nuevo cultivar de garbanzo denominado Chañaritos S-156 (21).

Dado que Chañaritos S-156 fue el primer cultivar de garbanzo obtenido y registrado en la República Argentina, se debió determinar previamente para su registro, un listado de caracteres descriptores cuali-cuantitativos que permitieran la identificación y diferenciación de cultivares en esta especie (4, 13, 15, 25).

Con este aporte, su inscripción en el INASE (Instituto Nacional de Semillas), fue realizada por el Criadero Alpa Sumaj de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba en el año 1991; Registro N° 374, siendo sus obtentores los Ing. Agr. Elvio Biderbost y Julia Carreras (22).

En la denominación del cultivar, el término Chañaritos proviene del nombre de la Comuna Los Chañaritos del Departamento Cruz del Eje, donde se encontraba el área experimental en la que se realizó el proceso de selección y evaluación de los materiales; la letra S indica que la línea pura que lo constituye se obtuvo de la variedad local Sauco, y 156 es el número de registro asignado a dicho material. Este criterio de identificación, se utilizó para denominar a todas las líneas en selección avanzada derivadas de dicha variedad local.

Para el procesamiento del material experimental, se dispuso de una trilladora que fue diseñada y construida en el año 1974 por la Cátedra de Maquinaria Agrícola, con el aporte del plan CAFPTA. Este equipamiento, fue el primer prototipo diseñado y construido en el país específicamente para garbanzo (3) (mayor información en el Capítulo 11).

Eficiencia reproductiva

Para un mejor conocimiento de la planta, en cuanto a la producción de flores, vainas y semillas, en el área experimental anexa de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, durante los años 1973 y 1974 se sembraron con fecha 15 de mayo, cinco líneas seleccionadas de las variedades locales Sauco y Criollo en parcelas de 2 sucos de 5 m de largo por línea. El manejo del cultivo fue el común de nuestra zonas de producción, a excepción del número de carpidas que fue



mayor, para tratar de evitar la compactación del suelo ocasionada como consecuencia de las características del trabajo (12).

Al comienzo de floración, se seleccionaron 12 plantas por línea en competencia completa, de buena condición sanitaria y normal desarrollo vegetativo. Diariamente, se registraban todas las flores aparecidas en plenitud de apertura floral (PAF), se colocaba una pequeña tarjeta (1,2 mm x 5 mm) en la que se anotaba la fecha de la observación, y el número de planta y de la línea.

Al final del ciclo de cultivo, y en base al criterio anteriormente mencionado, se seleccionaron 4 plantas por líneas, que fueron cosechadas y trilladas individualmente, registrándose por planta y por línea la fecha de cosecha, y para cada vaina la fecha de floración correspondiente, y el número y peso individual de la semilla producida. Se llevó un registro diario de temperaturas máximas y mínimas, de humedad relativa y de heliofanía real.

El periodo de floración de las líneas, comprendido entre la fecha de la primera y última flor en plenitud de apertura floral, se dividió para su análisis en 5 quincenas. A su vez, dentro de dicho periodo, se estableció el periodo de fructificación considerando la fecha de la primera y última flor en PAF que produjo vainas y semillas; y el periodo mínimo para la producción de semillas, según el tiempo transcurrido entre la fecha de la última flor que produjo vaina y semilla y la fecha de cosecha de las líneas.

Para el computo final no se tuvieron en cuenta las "pseudoflores" ni las flores que no llegaban a la apertura floral; y se estableció como peso mínimo de semillas 0,18 g, considerando que el mismo corresponde al tamaño más pequeño que generalmente se encuentra después de la trilla.

Los resultados obtenidos permitieron establecer lo siguiente:

a. *Respecto al periodo de floración (PF) y de fructificación (PFr), de las líneas evaluadas.*

- El PF de las líneas varió en el año 1973 entre 49 y 64 días, y en 1974 entre 24 y 33 días debido a "heladas" que retrasaron el inicio de

floración, y luego una anticipada finalización de la misma por causas ambientales que se consideran más adelante.

- El PFr de las líneas varió en 1973 entre 41 y 54 días, y en 1974 entre 14 y 20 días, por las mismas razones antes mencionadas.

b. *Respecto al porcentaje de flores que produjeron vainas y semillas. Valores promedio por año considerando las líneas en conjunto.*

- Porcentajes del 41 y 45 % fueron determinados para los periodos de floración correspondientes a los años 1973/74 respectivamente.

- Durante el mes de septiembre (2° y 3° quincena del periodo de floración), se alcanzaron en ambos años los valores promedios más altos: 50 y 48% respectivamente.

-Los valores más bajos correspondieron en 1973 a la 1° y 5° quincena del periodo de floración, 34 y 13%.

-En 1974, en la 2° semana de octubre se observaron seis días consecutivos de temperaturas máximas diarias de 32°C y humedad relativa media de 29%, lo que produjo una finalización anticipada de la floración.

c. *Referido a la producción de semillas. Valores promedio por año considerando las líneas en conjunto.*

- El 96 y 100% de la producción de semillas correspondieron en 1973/74, al periodo comprendido entre el 1 de septiembre y 15 de octubre (2°, 3° y 4° quincena del periodo de floración).

- Dentro del mencionado periodo, correspondió a la 2° y 3° quincena del PF comprendida entre el 1 y 30 de septiembre, el 74,4 y 96,5% de la producción total de semillas en ambos años respectivamente.

- Durante la 1°, 2° y 3° quincena del PF (15 de agosto al 30 de septiembre), se obtuvieron en 1973/74 los valores promedio más



altos para peso individual de semillas: 0,45 y 0,44 g respectivamente, disminuyendo luego los mismos hacia la 4° y 5° quincena de dicho periodo, 0,33 y 0,35 g, respectivamente.

- Hacia el final del ciclo de la planta, el periodo mínimo para la producción de semillas varió de 25 a 28 días en el año 1973, y entre 34 y 54 días en el año 1974, debido a la finalización anticipada de la floración por las razones antes mencionadas.

d. *Estos resultados constituyen una primera contribución al conocimiento de aspectos relacionados con la eficiencia reproductiva de la especie en nuestro país.*

Hibridación para la obtención de genotipos recombinantes

En especies estrictamente autógamas y diploides como el garbanzo (6, 27), la posibilidad de generar variabilidad genética a través de procedimientos convencionales o medianamente complejos, se circunscribe a la hibridación mediante diferentes tipos de cruzamientos, inducción de mutaciones o el aprovechamiento de mutaciones espontaneas, y la inducción de poliploidía.

Con la finalidad de iniciar un esquema de cruzamientos para la obtención de genotipos recombinantes y ante la falta de experiencia y antecedentes en nuestro país, se realizó previamente un trabajo tendiente al estudio del desarrollo floral de la especie, y a la evaluación de la eficiencia de una técnica de cruzamiento, bajo las condiciones climáticas imperantes durante el cultivo del garbanzo en nuestra zona de producción (6). Se utilizaron para esto, líneas de las variedades locales Sauco y Criollo tipo Kabuli, y la línea Desi PCH-15 de flores color rosado violáceo como marcador genético. Como flor coloreada es dominante sobre flor blanca, se utilizó como progenitor masculino a la línea Desi.

Dado que el desarrollo floral se estudió con el propósito de contribuir a una mayor eficiencia de la técnica de cruzamiento, en un

primer paso se analizó el número de óvulos por flor en 12 líneas seleccionadas de las dos variedades locales.

Para el estudio del desarrollo floral, se establecieron los siguientes pasos en la secuencia normal del proceso (Figuras 7.1.1; 7.1.2):

a. Comienzo de botón: cuando a los mismos es posible diferenciarlos a simple vista en el ápice de las ramas (aproximadamente 1 x 1,5 mm).

b. Comienzo de capullo: cuando la punta de la corola se distingue entre los sépalos.

c. Comienzo de apertura floral: cuando el estandarte comienza a alargarse y expandirse dejando entrever la quilla.

d. Plenitud de apertura floral: cuando el estandarte se encuentra totalmente expandido y volcada su parte superior hacia atrás.



Figura 7.1.1: Secuencia del proceso de desarrollo floral en garbanzo (Cicer arietinum L.*); de derecha a izquierda: Comienzo de botón floral (CBF); Comienzo de capullo floral (CCF); Comienzo de apertura floral (CAF) y Plenitud de apertura floral (PAF). Fuente: Biderbost et al. (6).*



Figura 7.1.2: Extremo superior de una rama de garbanzo (Cicer arietinum L.)*. Izquierda: Capullo floral en momento de emasculación. Centro: Ápice vegetativo con botones florales en diferentes momentos de desarrollo. Derecha: Flor en plenitud de apertura floral. Fuente: Biderbost (3).*

El comienzo de marchitez se consideró cuando el estandarte ya falto de turgencia comienza a plegarse hacia adelante, adoptando una posición casi similar a la del comienzo de apertura floral. Las observaciones se realizaron en 3 periodos del ciclo de floración: hacia el comienzo, medio y final respectivamente, y en dos momentos del día: 11 y 18 hs, considerándose al final datos promedios. El poder germinativo del polen se estudió en base a pruebas de germinación en medio líquido durante 1 hora a 20°C. Considerando los resultados de la determinación del número de óvulos por flor y del estudio del desarrollo floral, se estableció lo siguiente:

a. Con respecto al número de óvulos por flor, se observó que de las doce líneas evaluadas una presentó el 72% de flores con 2 óvulos, el 24% con 3 óvulos y el 4% con 4 óvulos; mientras que en las once líneas restantes se observaron porcentajes entre el 87 y 98 % de flores con 2 óvulos y entre el 13 y 2% con 3 óvulos, respectivamente. El análisis estadístico de los datos permitió inferir que este comportamiento tendría un posible origen genético.

b. El desarrollo floral considerado desde el comienzo de botón a comienzo de marchitez, se cumple en tiempos variables según el periodo del ciclo de floración considerado: hacia el principio (14/8 al 6/9): en 20 a 24 días; hacia el medio (7/9 al 25/9): en 16 a 20 días y hacia el final (5/10 al 19/10): en 11 a 15 días.

c. Se observó que el desarrollo floral resultó influenciado por las condiciones ambientales. El incremento de la temperatura a medida que se avanza en la estación, resultó en gran parte responsable de las diferencias encontradas. Se observó además, que en días con temperaturas por debajo de 12°C, alta humedad atmosférica y bajo niveles de heliofanía efectiva, el desarrollo floral se vuelve sumamente lento.

d. Como primera experiencia en nuestro país, el estudio realizado permitió evidenciar la forma en que normalmente ocurre la autofecundación en garbanzo. La dehiscencia de las anteras y la polinización del estigma se produce entre el comienzo de capullo y comienzo de la apertura floral, periodo caracterizado porque el estandarte y las alas plegados sobre la quilla constituyen, en conjunto con esta última, una excelente protección a la columna reproductiva, impidiendo la llegada de polen extraño. Se denominó como columna reproductiva a la estructura tubular constituida por los 10 estambres diadelfos (9)+1, agrupados en 2 ciclos, y el pistilo.

e. El modelo de desarrollo de la columna reproductiva que lleva a la autofecundación de las flores (Figura 7.1.3), se describió de la siguiente manera. En el comienzo de capullo, el estigma generalmente se encuentra a la misma altura o levemente por arriba del ciclo superior de estambres. Posteriormente, hacia el momento de emasculación, que se lo identifica como aquel capullo en el cual la punta de la corola dista unos 2 mm de la punta de los sépalos (Figuras 7.1.3 y 7.1.4), el estigma (ya receptivo) se encuentra ubicado en un nivel marcadamente superior al del primer ciclo de estambres, como consecuencia del crecimiento del ovario y una mayor elongación del estilo respecto al filamento de las anteras. De allí en adelante el crecimiento del estilo es mínimo, no así el filamento de las anteras, razón por la cual al producirse la dehiscencia de las mismas, el estigma se encuentra entre ambos

ciclos de estambres o levemente por debajo del ciclo inferior. Esto, y la forma cónica del extremo superior de la quilla, que hace converger a los estambres hacia adentro, promueve la autofecundación de las flores mediante un mecanismo de cleistogamia (Figura 7.1.3).



Figura 7.1.3: Etapas del desarrollo de la "columna reproductiva" y posición protectora de la quilla en flores de garbanzo (Cicer arietinum L.). *De izquierda a derecha: Comienzo de capullo floral (CCF); Capullo floral en momento de emasculación; y Plenitud de apertura floral (PAF) sin quilla y con la protección de la misma. Fuente: Biderbost et al. (6).*

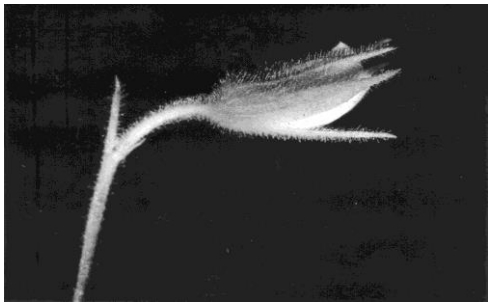


Figura 7.1.4: Capullo floral de garbanzo (Cicer arietinum L.) *en momento de emasculación. Fuente: Biderbost et al. (6).*

f. Respecto a la técnica de cruzamiento implementada, se estableció que el momento más adecuado del día para la realización de los cruzamientos es por la mañana temprano.

Para efectuar la emasculación, con una pinza de punta fina se arranca el sépalo que da a la hendidura longitudinal que deja el estandarte plegado sobre la quilla, luego se separan las alas y se lleva hacia atrás el estandarte. A continuación, por medio de una aguja histológica se hiende longitudinalmente la quilla de abajo hacia arriba, se expone la columna reproductiva y se extraen las anteras; la polinización se realiza inmediatamente pasando sobre el estigma estambres con anteras dehiscentes recolectadas previamente del progenitor masculino. Otra alternativa es tener recolectado el polen en una caja de Petri y luego con la ayuda de un pincel se deposita suavemente sobre la superficie del estigma. Aunque el porcentaje de viabilidad del polen de flores en plenitud de apertura floral fue bueno (70-80%), es preferible tomarlo de capullos florales próximos al comienzo de apertura floral (Figura 7.1.1).

Realizada la polinización, se restituye a su posición normal cáliz y corola, se cubren los capullos polinizados con bolsitas de papel poroso, se etiqueta con la fecha y datos del progenitor masculino y se verifican los resultados a los 5 o 6 día.

g. La época más propicia para la realización de los cruzamientos es el mes de septiembre, periodo medio del ciclo de floración, durante el cual se logra una eficiencia del 30%, coincidiendo esto con el periodo durante el cual se dan naturalmente los valores más altos de "cuaje" de las flores, en nuestro caso del 50% (12).

El proceso de autopolinización que se produce normalmente entre el comienzo de capullo y el comienzo de apertura floral, en el mes de septiembre tiene una duración de 3 a 4 días. En ese mismo lapso de tiempo se ubica el "momento de emasculación", lo que requiere para la realización de los cruzamientos, de una adecuada sincronización de las tareas a ejecutar para lograr la mayor eficiencia en el uso de la técnica.

En paralelo con este trabajo, en la cátedra de Genética se llevó a cabo el recuento del número cromosómico de 25 líneas seleccionadas de las variedades locales de garbanzo y de la línea Desi PCH 15



introducida del INRA Marruecos, a los fines de ser utilizada como marcador genético en los cruzamientos de prueba durante la puesta a punto de la técnica implementada. El motivo de la realización de este trabajo, radica en que al comienzo del Programa de Mejoramiento, según la bibliografía consultada, no se tenía certeza si todos los materiales cultivados tenían un mismo número cromosómico, ya que se citaban números 2n=16 y 2n=14 (27). Para este trabajo, y otro referido a la inducción de poliploidía en garbanzo, se contó con el apoyo de un Proyecto SECyT-UNC (5).

Para el recuento del número cromosómico se fijaron pequeños botones florales en Carnoy (3:1 de etanol: acido acético glacial) conservándose luego en alcohol 70° hasta el momento de realizar el frotis. El método utilizado para la coloración y observación de los cromosomas de los microesporocitos fue el frotis con carmín-propiónico-férrico. Las preparaciones permanentes se hicieron en euparal, y la determinación del número cromosómico mediante dibujos en cámara clara, y microfotografías tomadas con un fotomicroscopio Zeiss.

En las 25 líneas en selección y en la línea PCH-15 se constató un número cromosómico de 2n=16 (27).

Con estos resultados, se implementó un esquema de cruzamientos entre las líneas selectas S-159; S- 93 y S-156 (seleccionadas de la variedad local Sauco) con progenies de plantas élites de la variedad local Mexicano con la finalidad de obtener líneas recombinantes portadoras de las mejores características de ambos materiales.

Las líneas selectas se destacaban por su capacidad de adaptación, plasticidad, producción de semilla, y tolerancia a "heladas" y a la "fusariosis". Las progenies de plantas elites presentaban hábito erecto de crecimiento inicial, y erecto a semierecto a cosecha, precocidad a inicio de floración y calidad comercial de la semilla (tamaño grande, forma muy lobulada y color del tegumento de castaño claro a blanco).

Para la realización de los cruzamientos se dispuso de una jaula de cría con malla metálica para la prevención de daños por granizo,

aves y roedores (Lámina 7.1.7). En dicha jaula, se puede observar daños severos por "heladas" de -7ºC en plantas de la variedad local Mexicano; material que había sido sembrado para ser utilizado como progenitor femenino de los cruzamientos por su mayor tamaño de flores, lo que facilitaba la aplicación de la técnica de hibridación.

En el año 1988 se disponía de semillas F2, F3 y F4 cosechadas de progenies recombinantes del cruzamiento de las líneas Sauco S-159, 156 y 93 con plantas élites de la variedad local Mexicano, que expresaban fenotípicamente, en mayor o menor proporción, la combinación de características sobresalientes de ambas variedades locales (15, 25).

Posteriormente, durante la segunda etapa del Programa, se continuaron los trabajos de crianza, selección y evaluación de las progenies recombinantes, lográndose la obtención de los cultivares Norteño, Felipe y Kiara, a partir de progenies de la línea S-159 x Mexicano.

Por otra parte, los resultados del análisis de las generaciones F4 obtenidas del cruzamiento de líneas Sauco por la línea PCH-15 tipo Desi, tolerante a "fusariosis", corroboraron lo observado en la generación F3, respecto a la no aparición de genotipos recombinantes con características de interés agronómicos (15).

Complementariamente, como otra estrategia para generar variabilidad genética en garbanzo, en la cátedra de Genética se llevó a cabo un trabajo que permitió ajustar un procedimiento para la inducción de poliploidía, mediante el tratamiento de semillas con colchicina en distintos estados de germinación. La expectativa planteada con los resultados obtenidos, era explorar la posibilidad de obtener, a partir de líneas selectas de la variedad local Sauco, líneas autotetraploides de buenas aptitudes agronómicas y de mayor tamaño de semillas, respecto a los materiales diploides disponibles (28).



Análisis y caracterización de mutaciones espontáneas

Las mutaciones espontaneas heredables juegan un rol importante en la evolución biológica de los seres vivos. Por su origen se consideran como eventos al azar, generalmente de efecto neutro o perjudicial, y pocas veces beneficioso para los individuos de una determinada especie. Luego, sobre la variabilidad genética que originan las mutaciones, la selección natural filtra positivamente las que representan una mejor capacidad de adaptación y un mayor éxito reproductivo; y simultáneamente, de forma negativa las que representan efectos perjudiciales.

En el Departamento Cruz del Eje, en un lote cultivado con la variedad local Sauco, de manera fortuita se detectó una planta con flores de color rosado-violáceo que se destacaba a simple vista del resto de las plantas de la variedad local que es de flores blancas, característica del tipo Kabuli.

Respecto al color de los pétalos de las flores, en uno de los primeros modelos propuestos, se citan tres colores básicos: blanco, rosado y azul; determinados por 3 pares de genes independientes: C-B- P, de los cuales C y B son complementarios y P de acción suplementaria para color rosado (2).

La planta mutante, fue preservada y cosechada individualmente, y luego sembrada a partir del año 1974, en parcelas progenies para su estudio y evaluación. Además de flores coloreadas, la planta presentaba un hábito de crecimiento semierecto, tallos de color verde purpureo en su parte basal y en el borde de los foliolos de las hojas; semillas de tamaño grande, de forma lobulada semilisa a globosa y tegumento rugoso, de color marrón rojizo con sectores de distinta intensidad, razón por la cual se la denominó "tegumento overo" (4, 10).

El análisis de la progenie F1 y de las subsiguientes, realizado en el área experimental anexa de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, evidenciaron la condición heterocigota de esta planta mutante para distintos caracteres, con la aparición de nuevos fenotipos, que a partir de las generaciones F5 a F7 posibilitaron la obtención de tres líneas estabilizadas en homocigosis con características propias del

tipo Desi, que se denominaron por el color del tegumento de su semilla: Mutante tegumento overo; Mutante tegumento gris y Mutante tegumento negro (3, 10, 13, 14, 18, 19) (Figura 7.1.5).

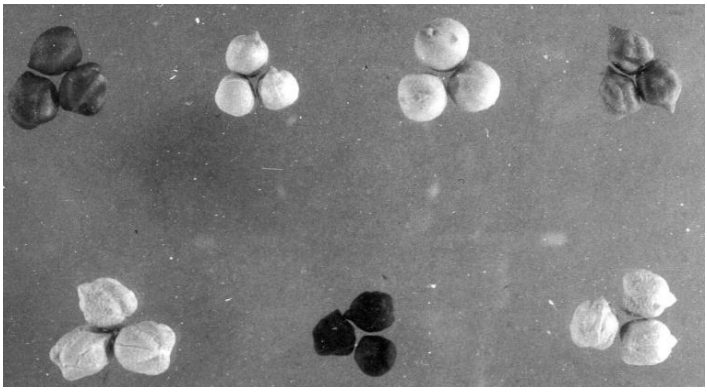


Figura 7.1.5: Semillas de garbanzo (Cicer arietinum L.*). De izquierda a derecha, arriba: mutante tipo Desi tegumento overo, mutante "hoja simple", línea de semilla esférica tipo Gulabi y mutante tipo Desi tegumento gris; abajo: variedad local Sauco, mutante tipo Desi tegumento negro y variedad local Criollo. Fuente: Biderbost (13).*

Considerando la segregación observada en las generaciones F1 a F7 para caracteres referidos al color de las flores y del tegumento de las semillas, y según antecedentes bibliográficos sobre el tema al momento del trabajo, se propuso en base al modelo genético de la herencia del color de la flores y del tegumento de las semillas, y a un sistema de regulación génica de "represión-expresión", una hipótesis para explicar la aparición de fenotipos Desi y una forma quimérica, a partir de mutaciones espontáneas en un genotipo Kabuli (38).

Estos materiales, fueron evaluados posteriormente en ECR en el área experimental de la Comuna Los Chañaritos del Departamento Cruz del Eje (3, 13), y luego por sus buenas características agronómicas en relación a la línea Desi PCH-15, se incorporaron a la colección activa del Programa de Mejoramiento, como líneas promisorias de ese tipo de garbanzo, a pesar que no se consideraban como un germoplasma de interés comercial en ese momento.

Las principales características de las líneas mutantes tipo Desi y de la línea PCH-15 son las siguientes:

- Línea mutante tegumento overo (denominada Chañarito M-2): hábito de crecimiento semierecto, color de flor rosado violáceo claro, forma de semilla lobulada semilisa, tegumento rugoso de color marrón rojizo con sectores de distinta intensidad, peso de 100 semillas 43 g, bordes de los foliolos y parte basal de los tallos de color verde purpureo claro, rendimiento 1000 kg/ha, N° cromosómico 2n=16.
- Línea mutante tegumento gris (denominada Chañarito M-4): hábito de crecimiento erecto, color de flor rosado violáceo claro, forma de semilla angular lobulada poco asurcada, tegumento rugoso de color gris con sectores de distinta intensidad, peso de 100 semillas 23 g, foliolos y tallos verdes, rendimiento 1400 kg/ha, N° cromosómico 2n=16; características particulares: alta eficiencia reproductiva, tolerancia a la "fusariosis" y a frío ("heladas").
- Línea mutante tegumento negro (denominada Chañarito M-6): hábito de crecimiento erecto, color de flor rosado violáceo, forma de semilla angular lobulada poco asurcada, tegumento rugoso de color negro, peso de 100 semillas 24 g, bordes de foliolos y parte basal de los tallos de color verde purpureo, rendimiento 1300 kg/ha, N° cromosómico 2n=16; características particulares: alto rendimiento, y tolerancia a la fusariosis y a frío (heladas).
- Línea introducida PCH-15 tipo Desi: hábito de crecimiento erecto, color de flor rosado violáceo fuerte, forma de semilla angular lobulada poco asurcada, tegumento rugoso de color negro, peso de 100 semillas 22 g, borde de foliolos y parte basal de los tallos de color verde purpureo, rendimiento 1200 kg/ha, N° cromosómico 2n= 16; características particulares: tolerancia a la "fusariosis".

Tal como se menciona, entre las líneas mutantes y la línea PCH-15 se observaron comparativamente diferentes tonos para el color rosado violáceo de las flores. En cuanto a esto, cabe señalar que según el estado del desarrollo floral en que se realiza la observación,

es probable que se pueda presentar cierta dificultad para diferenciar entre tonos de color rosado violáceo fuerte con tonos claros de azul violáceo.

Cabe destacar que la obtención de líneas con fenotipo Desi, a partir de mutaciones espontaneas en la variedad local Sauco tipo Kabuli, constituye un evento de singular importancia desde el punto de vista evolutivo de la especie (23) (Lámina 7.1.8).

En un principio, se propuso que el garbanzo tipo Kabuli se habría originado a partir del tipo Desi, y este de la especie *Cicer reticulatum* Ladiz., su ancestro silvestre, planteando la vía evolutiva: *C. reticulatum*>Desi>Kabuli (34).

Posteriormente, en un trabajo realizado con la finalidad de generar variabilidad genética en *C. reticulatum* mediante mutaciones inducidas, se obtuvieron líneas de fenotipo Kabuli, planteándose la posibilidad de que también los tipos Kabuli podrían haberse originado directamente de dicha especie silvestre (39).

Considerando estos resultados y la obtención de las líneas de fenotipo Desi a partir de mutaciones espontaneas en la variedad local Sauco de tipo Kabuli (23), se propone como alternativa para el origen de ambos tipos de garbanzo la vía evolutiva: *C. reticulatum*>Kabuli>Desi. (Biderbost, 2014; com. pers. en el XXXVII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura).

Por otra parte, también se caracterizó la mutante denominada: "Hojas simples", originada de la variedad local Sauco (14); y una línea con semillas de forma esférica seleccionada de la variedad local Criollo (13).

Las principales características de estos materiales son:

- Mutante "hoja simple" (denominada Chañarito M-1): hábito de crecimiento semierecto; flores de color blanco; forma de semilla lobulada semi-lisa, tegumento liso de color castaño, peso de 100 semillas 28 g (Figura 7.1.5); hojas y tallos verdes; N° cromosómico 2n=16.

En cuanto a la naturaleza genética del carácter, mediante el cruzamiento con una línea Sauco de hoja normal, se estableció que

se trata de una expresión recesiva determinada por un par de genes simples, de penetrancia completa y expresividad variable, dado que todas las plantas portadoras de estos genes recesivos expresan la mutación pero con diferente grado de expresión, según el estado de desarrollo de las mismas. A la emergencia de las plántulas las primeras hojas son "simples", apareciendo posteriormente hojas compuestas pero con menor número de foliolos que las normales y de forma atípica, y hacia el inicio de la floración las hojas vuelven a ser "simples", característica que luego se mantiene hasta el final del ciclo de la planta (Figuras 7.1.6 y 7.1.7).

- Línea de semilla esférica (denominada Chañarito M-3): se trata de un fenotipo inusual por esta característica, respecto a la variedad local Criollo tipo Kabuli de la cual se deriva. Por la morfología de la semilla, esta línea se asemeja al tipo de garbanzo denominado comúnmente como Gulabi (Figura 7.1.5).



Figura 7.1.6: Mutante "hoja simple" en garbanzo (Cicer arietinum L.*). De izquierda a derecha: rama con flores de una planta normal y rama con flores y frutos de una planta mutante. Fuente: Biderbost y Carreras (14).*



Figura 7.1.7: Expresividad variable de hojas de una planta mutante de garbanzo (Cicer arietinum L.) *para el carácter "hoja simple". De izquierda a derecha: hoja simple y hojas con menor número de foliolos que las normales y de forma atípica. Fuente: Biderbost y Carreras (14).*

Bibliografía

1. Allard, W. R. 1975. Principios de la mejora genética de las plantas. Ediciones Omega S.A. 2° Edición. España. 498 p.
2. Ayyar, V. R. y R. Balasubramanian. 1936. Inheritance of certain colour characters in gram (*Cicer arietinum* L). Proceedings of the Indian Academy of Science 4: 1-26.
3. Biderbost, E. 1973 al 78. Coordinador del Area Investigaciones de Apoyo**,** Plan CAFPTA 1111 Mejoramiento del Garbanzo. Coordinador del Plan CAFPTA: Rodríguez, A. Informes Técnicos. Inéditos. N° 1, 26 p.; N° 2, 49 p. e Informe Técnico Final, 44 p.
4. Biderbost, E. 1973 al 78. Investigador Principal del Area Genética y Mejoramiento. Coordinador de la Sub-área Mejoramiento Genético, Plan CAFPTA 1111 Mejoramiento del Garbanzo. Informes Técnicos. Inéditos. N° 1, 26 p.; N° 2, 49 p. e Informe Técnico Final, 44 p.
5. Biderbost, E. 1974 al 79. Investigador Principal y co-Director del Proyecto SECyT- UNC Mejoramiento genético y análisis de aplicación tecnológica alimentaria en cultivos de importancia

regional para el N.O. de Córdoba. I: Mejoramiento del Garbanzo. Código 100.300.502.014. Informe Técnico. Inédito. 10 p.

6. Biderbost, E.; Rodríguez, A.; Deromedis R. y R. Lasso. 1974. Desarrollo floral y técnica de cruzamiento en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 51 (2): 1-9.
7. Biderbost, E. 1975. Objetivos y metodología general del Programa Mejoramiento del Garbanzo, del Instituto de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de Córdoba. Resúmenes de la VI Reunión Nacional de Docentes de Olericultura y I Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Olericultura (SAO). Vaquería, Córdoba.
8. Biderbost, E. 1978. Breve síntesis referida a la investigación en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Instituto de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de Córdoba. Plan CAFPTA y Proyecto SECyT- UNC. Resúmenes de la II Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Olericultura (SAO). Vaquerías, Córdoba, Argentina.
9. Biderbost, E.; Rodríguez, A.; Peiretti, D. y R. Zampieri. 1979. Evaluación de líneas en selección avanzada en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Resúmenes de la III Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Olericultura (SAO). Mendoza, Argentina. Pp.: 37.
10. Biderbost, E. 1979. Hallazgo de mutantes espontáneas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.).- Resúmenes de la III Reunión Nacional de la Sociedad Argentina de Olericultura (SAO). Mendoza, Argentina. Pp.: 36.
11. Biderbost, E.; Peretti, D. y J. Errasti. 1980. Influencia del tamaño y valor cultural de la semilla sobre la producción en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Revista de Ciencias Agropecuarias I: 39-58.
12. Biderbost, E. y J. Villalba del Boca. 1982. Algunos aspectos de la floración, producción de vainas y semillas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.), bajo condiciones de campo. Revista de Ciencias Agropecuarias III: 49-58.

13. Biderbost, E. 1983/85 y 1987. Director de los Proyectos CONICOR: Contribución al mejoramiento del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Subsidios 391/92/85 Res. 33/85 y Nº 808/87 Res. Nº 298/87. Informes Técnicos. Inéditos. 12 p. y 10 p. respectivamente.

14. Biderbost, E. y J. Carreras. 1984. Descripción de mutantes espontáneas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.): hoja simple y menor número de folíolos, flores dobles, estructuralmente anormales y estériles. Horticultura Argentina 3 (5): 23-37.

15. Biderbost, E. 1984 y 1986. Director de los Proyectos CONICET: Contribución al mejoramiento del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Legajo N° 9339 a/82; b/84 y Legajo N° 50241/85. Informes Técnicos. Inéditos. 17 p. y 12 p. respectivamente.

16. Biderbost, E.; Carreras, J.; Peiretti D. A.; Errasti, J. M. y M. C. Nazar. 1984. Respuesta a la selección masal divergente y estimación de la heredabilidad realizada para tamaño de semillas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Resúmenes de la VII Reunión Nacional y I Internacional de la Sociedad Argentina de Olericultura (SAO). San Pedro, Argentina. Pp.: 47.

17. Biderbost, E.; Carreras, J.; Peiretti D. A. y J. M. Errasti. 1984. Aspectos de la fructificación relacionados con la variación en el tamaño de la semilla en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Resúmenes de la VII Reunión Nacional y I Internacional de la Sociedad Argentina de Olericultura (SAO). San Pedro, Argentina. Pp.: 48.

18. Biderbost, E. y J. Carreras. 1985. Descripción de líneas derivadas de formas inusuales espontáneas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Resúmenes del XXV Congreso Brasileiro de Olericultura. Horticultura Brasileira 3 (1): 62.

19. Biderbost, E. y J. Carreras. 1986. Caracterización genética de formas inusuales en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Resúmenes de la IX Reunión Nacional y II Latinoamericana de la Asociación Argentina de Horticultura. ASAHO. La Plata, Argentina. Pp.: 79.

20. Biderbost, E.; Carreras, J.; Errasti, M. y M. Nazar. 1988. Determinación de la heredabilidad para el carácter número de

días al inicio de la floración en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Resúmenes del XI Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura. ASAHO. Mendoza, Argentina. Pp.: 81.

21. Biderbost, E. y J. Carreras. 1989. Chañaritos S-156: nuevo cultivar de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Resúmenes del XII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura. ASAHO, Santa Fe, Argentina. Pp.: 23.
22. Biderbost, E. y J. Carreras. 1991. Chañaritos S-156: nuevo cultivar de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Agriscientia VIII: 15-18.
23. Biderbost, E. 2014. La domesticación del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Su introducción en América y Argentina. Resúmenes del XXXVII Congreso de la Asociación Argentina de Horticultura. ASAHO. Mendoza, Argentina. Pp.: 123-125.
24. Burkart, A. 1952. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. ACME AGENCY, Soc. de Resp. Ltda. Suipacha 81. Buenos Aires, Argentina. 500 p.
25. Carreras, J. 1986. Director del Proyecto CONICOR: Contribución al mejoramiento genético del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Subsidio Nº 606/86- Res. N° 155/86. Informe Técnico. Inédito. 17 p.
26. Cobos, M. J.; Fernández, M.; Rubio, J.; Kharrat, M.; Moreno, M. T.; Gil, J. y T. Millán. 2005. A linkage map of chickpea (*Cicer arietinum* L.) based on populations from Kabuli x Desi crosses: locations of genes for resistence to fusarium wilt race 0. Theoretical and Applied Genetics 110: 1347-1353.
27. Deromedis, R. y B. Ochoa. 1974. Determinación del número cromosómico en líneas seleccionadas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 50 (2): 11-14.
28. Deromedis, R.; Biderbost, E. y D. Peretti. 1974. Inducción de poliploidía en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 51 (1): 1-9.

29. ICARDA LITP. 2007/2008. Legume International Nurseries and Trials. Biodiversity and Integrated Gene Management Program (BIGMP). Alepo, Siria.

30. Maldonado Vázquez, A. 1912. Cultivo del Garbanzo. Su prosperidad en el Departamento Cruz del Eje. Estación Experimental Soto F.C.A. del N. Boletín del Departamento General de Agricultura y Ganadería de la Provincia de Córdoba 1 (4): 244-251.

31. Malhotra, R. S. y K. B. Singh. 1991. Gene action for cold tolerance in chickpea. Theoretical and Applied Genetics 82: 598-601.

32. Malhotra, R. S. y M. C. Saxena. 1993. Screening for cold and heat tolerance in cool-season food legumes. En: Singh, K. B. y M. C. Saxena (Eds.). Breeding for tolerance in cool season food legumes. Wiley, Chichester, UK. Pp.: 227-244.

33. Muehlbauer, F. J. y K. B. Singh. 1987. Genetics of chickpea. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh (Eds.). The Chickpea. CAB International, Wallingford, UK. Pp.: 99-126.

34. Moreno, M. y J. I. Cubero. 1978. Variation in *Cicer arietinum* L. Euphytica 27: 465-485.

35. Pundir, R. P. S.; Rao, N. K. y L. J. G. van der Maesen. 1985. Distribution of qualitative traits in the world germplasm of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Euphytica 34 (3): 687-703.

36. Pundir, R. P. S.; Reddy, K. N. y M. H. Mengesha. 1988. ICRISAT. Chickpea Germplasm Catalog: Evaluation and Analysis. ICRISAT, Hyderabad, India.

37. Rodríguez, A. y E. Biderbost. 1974. Organizadores del Programa de Mejoramiento del Garbanzo, y del Plan CAFPTA 1111.Cátedras de Genética y Mejoramiento Vegetal del ex-Instituto de Ciencias Agronómicas. Universidad Nacional de Córdoba. En: Plan CAFPTA 1111 Mejoramiento del Garbanzo. Informe Técnico N° 1. Inédito. 26 p.

38. Rodríguez, A.; Biderbost, E. y D. Peiretti. 1978. Análisis genético del color de tegumento en garbanzo (*Cicer arietinum* L.).

Instituto de Ciencias Agronómicas de la Universidad Nacional de Córdoba. Inédito. 13 p.

39. Toker, C. 2009. A note on the evolution of kabuli chickpeas as shown by induced mutations in *Cicer reticulatum* Ladiz. Genetic Resources and Crop Evolution 56 (1): 7-12.
40. Viirsoo, E. V. 1964. Estudio de Adaptación sobre garbanzo (*Cicer arietinum* L). Plan 1308. EEA-INTA Catamarca- Argentina. Informe Técnico inédito. 12 p.
41. Viotti, G.; Carmona, M.; Scandiani, M.; Formento, A. N. y A. Luque. 2012. La "rabia" o tizón del garbanzo en Argentina: una enfermedad destructiva. Análisis de Semillas 6 (21): 22-25.

CAPÍTULO 7

MEJORA GENÉTICA DEL GARBANZO

SECCIÓN 2

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.). LABOR INTERINSTITUCIONAL E INTERDICIPLINARIA. Periodo 1988-2015

Julia J. Carreras, María J. Allende, Elizabeth Rojas y Susana B. Bologna

Introducción

En esta Sección se propone describir los objetivos del Programa de Mejora genética, con sus respectivos recursos. En este se involucra a los criterios y los métodos realizados para cada objetivo en particular, todos ellos utilizando las bases genéticas, para desarrollar en el cierre de esta Sección las interacciones entre el ambiente, los genotipos y los caracteres involucrados en la selección de cada genotipo, para obtener cultivares que prosperen adecuadamente en los ambientes de Argentina.

Objetivos de la mejora genética

Estos objetivos son comunes a los diferentes programas de mejora en garbanzo que se realizan en otros lugares, adecuados a las instituciones, a los recursos humanos y económicos disponibles (56). Ellos son:

- Lograr cultivares con rendimientos altos, estables y con granos de calidad.
- Obtener materiales resistentes o tolerantes a las principales enfermedades e insectos asociados al cultivo, a los fines de maximizar los rendimientos.
- Obtener genotipos con resistencia o tolerancia a estrés abiótico: frío, salinidad y sequía.

Programa de mejoramiento genético

Este programa es la continuidad de lo expuesto y descripto por Biderbost en la Sección 1, siguiendo el camino iniciado en la obtención de Chañaritos S-156, donde se dieron los pasos necesarios para la producción de semilla y la transferencia tecnológica de la misma a los diferentes productores de Argentina. A lo largo de los años del Programa se desarrolló el cultivar Norteño, el que se destaca por un alto rendimiento y mayor calibre de grano para cubrir nuevos mercados.

Para el desarrollo y la continuidad del Programa fue necesario articular los recursos humanos, el germoplasma y el medio económico de las diferentes instituciones.

Las instituciones involucradas fueron: Universidades Nacionales de Córdoba, Salta, San Luís y Santa Fe; las Estaciones Experimentales de Cerrillos- Salta, de Manfredi Córdoba, el Instituto de Patología Vegetal, la Agencia de Extensión Rural de Cruz del Eje, del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Las Escuelas Rurales de Tuclame y Obispo Trejo (Córdoba).



En relación a los recursos humanos, se consideró la formación académica de los integrantes en forma permanente, a través del entrenamiento en técnicas y metodologías que permitan resolver los problemas relacionados con la mejora genética. Cabe destacar que el Programa incluyó no solo investigadores formados, sino también estudiantes de grado y posgrado. Por otra parte, resultó de sumo interés la participación de diversos productores de garbanzo que permitieron la realización de los diferentes ensayos en sus establecimientos.

En cuanto al germoplasma, se utilizaron las poblaciones locales (Sauco, Mexicano, Criollo), las que fueron descriptas en sus atributos y usos en la Sección 1 de este Capítulo. También se gestionaron materiales en Centros de Germoplasma internacionales: ICARDA, ICRISAT, IFAPA-UCO y otros, que fueron multiplicados y seleccionados por sus atributos como progenitores.

Los recursos económicos que posibilitaron poner en marcha y llevar a cabo este programa, provinieron de diferentes entes tales como la Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación (CONICET) Consejo de Investigación Científica de Córdoba (CONICOR), Secretaría de Ciencia y Técnica de la Universidad Nacional de Córdoba (SECyT- UNC), proyecto INTA AUDEAS-CONADEV (2013-2016 CIAC 94013) y Ministerio de Industria, Comercio, Minería y Desarrollo Científico Tecnológico de Córdoba (MICMyDCT). A ello se sumaron recursos propios del programa garbanzo y el aporte de grupos de productores interesados en el desarrollo del cultivo.

Criterios para la selección

El cultivo presenta diferentes caracteres cualitativos (color de flor y de semillas, porte, forma de hoja etc.) y cuantitativos (producción, tamaño de semillas, cantidad de vainas por planta, entre otros). Una de las tareas de la mejora genética consiste en la selección del o los caracteres de interés presentes en el genotipo de una población. También el concepto de estructura genética de la población es significativo, dado que permite detectar asociaciones diferentes entre

caracteres y encontrar las combinaciones más relevantes para continuar con la selección. El proceso de mejoramiento procura una máxima ganancia genética por unidad de tiempo, esfuerzo y costo.

El criterio de selección implica elegir un carácter en particular o varios caracteres en forma conjunta.

Cuando se realiza la selección para un único carácter, el rendimiento resulta el más relevante. Este carácter es sumamente complejo cuando se trabaja en poblaciones segregantes, por lo que se evalúa en líneas en homocigosis y mediante ensayos comparativos de rendimientos (ECR). Con este mismo criterio pueden seleccionarse otros caracteres, tales como contenido de proteínas, resistencia a una enfermedad, a insectos, entre otros. Si se conoce o estima la heredabilidad de cada carácter, la selección se torna menos dificultosa, ya que se aplica selección por el fenotipo o por genotipo.

Al momento de trabajar con varios caracteres conjuntos se utiliza selección por índice, tándem y por niveles independientes.

En el criterio *selección por índice* se cuantifica o mide cada carácter y se lo pondera por el valor económico (por ej. heredabilidad u otro valor asignado por el técnico). Para cada individuo se determina un índice, posteriormente se obtiene el índice promedio, y se seleccionan aquellos individuos superiores a la media. Las plantas, o familias que logren valor índice por encima de la media son mantenidas para la próxima generación.

En la *selección por tándem* se trabaja cada carácter uno a uno y en más de una campaña agrícola, en cambio para *niveles independientes* se selecciona varios caracteres de a uno por vez y se realiza durante una campaña agrícola.

La *selección directa* para rendimiento en poblaciones segregantes resulta comúnmente poco eficiente, porque de cada individuo se posee poca cantidad de semilla y este carácter está influenciado por el ambiente. Por lo cual se utilizan caracteres que presentan alta correlación con rendimiento y que son más eficientes para el desarrollo de líneas superiores tales como el número de vainas (por conteo) y el tamaño de semilla (por peso). Así mismo, se ha comprobado que utilizar el número de ramificaciones, de vainas,

largo de ciclo, tamaño de semilla y rendimiento para obtener el índice resultó más efectivo con respecto a usar sólo rendimiento (37).

Para relacionar los conceptos anteriores vamos a plantear cómo se obtuvo el material segregante y su aplicación.

El cruzamiento Kabuli x Kabuli, entre una población Mexicano y la línea pura S-159 (diferentes para varios caracteres) se presenta en la Tabla 7.2.1.

Tabla 7.2.1. Características de las líneas parentales empleadas en el desarrollo de la población segregante.

	Mexicano	**Línea S-159**
Inicio a floración	Precoz (70 días)	Tardía (80 días)
Porte	Erecto	SR-SE
Producción/pta.	12	34
Tamaño de semilla	53	49
Tolerancia a frío	no	si
Tolerancia a *Fusarium sp*.	no	si

Producción en gramos (g) por planta, tamaño de semilla como peso de 100 semillas en g. SR: semirastrero; SE: semierecto (13).

Como resultado de este cruzamiento se obtuvo material segregante que se condujo por crianza masal desde F2 hasta F4 (mencionado en la Sección 1). Se observó correlación alta y significativa entre rendimiento, número de vainas, de semillas, de ramificaciones secundarias, ancho de vaina y altura de planta. El tamaño de semillas se asoció con el ancho de vainas y la fecha de inicio de floración con el tamaño de vainas. A partir de estos resultados se sugirió que para seleccionar para el carácter rendimiento, se considere número de vainas, número de semillas y

ramificaciones secundarias. Para tamaño de semilla se propuso una selección en forma directa en la población F4 (13).

En esta población se utilizó el criterio de *selección por índice*, construido con el número de ramificaciones secundarias, número de semillas, tamaño de semilla y altura de planta; para ser comparado con la *selección directa para rendimiento*. Se concluyó la *selección por índice*, fue más efectiva que la *selección directa para rendimiento* en dicha población y para el ambiente de Cruz del Eje-Córdoba (46).

Ello muestra las dificultades que presenta el carácter rendimiento en poblaciones segregantes. La recombinación genética Kabuli x Kabuli brindó la variabilidad observada en la población segregante para los distintos caracteres y permitió abordar otros temas de mejora.

Utilizando otros materiales provenientes de cruzamientos (Kabuli x Desi y Desi x Kabuli) se encontró que el carácter número de vainas se correlacionó significativamente con producción por planta y número de semillas por planta. Por otra parte, tamaño de semillas se correlacionó significativa y negativamente con número de semillas y de vainas, en ambas poblaciones (12).

Según las características específicas de los progenitores que intervienen en los cruzamientos, las asociaciones entre caracteres resultan diferentes. Esto se aprecia en la conformación de líneas endocriadas recombinantes que se utilizan en los trabajos de mejora para resistencia a biotipos de un patógeno en particular.

Métodos de mejora

Los métodos clásicos o generales son: 1) introducción de germoplasma, 2) selección e 3) hibridación con modificaciones según la especie vegetal de que se trate y los recursos disponibles. En el caso particular del garbanzo se han realizado todos ellos, según la base genética disponible para abordar el o los objetivos de la mejora.

Introducción de germoplasma

La introducción de genotipos es un recurso disponible para los mejoradores, pudiéndose recurrir a los Bancos de Germoplasma Internacionales tales como ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas, en Siria), ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, en India) o las colecciones locales de los diferentes países.

A modo de ejemplos, se presentan tres instancias diferentes. Una referida a introducción realizada para estudiar interacción genotipo ambiente. Otra para líneas diferenciales en pruebas específicas frente a *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *ciceris* (Padwick) W. C. Snyder and H. H. Hansen. Más reciente fue la incorporación de germoplasma Kabuli con cruzamientos múltiples a efectos de seleccionar materiales con resistencia a rabia y/o a *Fusarium*, dos problemas sanitarios relevantes en los diferentes sistemas de producción de garbanzo.

Introducción de cruzamientos Kabuli x Desi y Desi x Kabuli

Los cruzamientos Kabuli x Desi (CA2990 x WR315) y Desi x Kabuli (JG62xILC72) se encuentran integrados por 20 líneas cada uno.

Las 20 líneas recombinantes (RIL: Recombinant Imbred Lines) de cada cruzamiento se originaron a partir del método de descendencia de semilla única (SSD, Single Seed Descent) (33). Fueron obtenidas por el Grupo de Mejora Genética Vegetal de Córdoba - España, constituido por miembros del IFAPA (Instituto de Investigación Agraria y Pesquera de la Junta de Andalucía) y de la UCO (Universidad de Córdoba). Esta introducción fue realizada a partir de un pequeño volumen de semillas, el que posteriormente fue incrementado durante 2 campañas agrícolas. Los caracteres que identifican a cada progenitor (Tabla 7.2.2) y las líneas recombinantes con variabilidad fenotípica para diferentes caracteres se presentan en Laminas 7.2.1, 7.2.2 y 7.2.3.

Tabla 7.2.2. Características de las líneas parentales, empleadas en el desarrollo de las líneas recombinantes (CA2990xWR315 y JG62xILC72).

	CA2990	**WR315**	**JG62**	**ILC72**
Origen	México	India	India	Caúcaso
Tipo	Kabuli	Desi	Desi	Kabuli
Color de flor	Blanca	Rosa	Rosa	Blanca
Porte	Erecto	Semierecto	Semierecto	Erecto
Largo Ciclo	Precoz	Precoz	Precoz	Tardío
Tipo de hoja	Unifoliada	Normal	Normal	Normal
N°vainas/pedúnculo	Simple	Simple	Doble	Simple
Fusariosis	Susceptible	Resistente a todas razas	Resistente (raza 0)	Susceptible
Rabia	Susceptible	Susceptible	Susceptible	Resistente

Estos materiales fueron utilizados para estudiar la interacción genotipo por ambiente, que se tratará *a posteriori*.

Introducción de líneas diferenciales

Líneas diferenciales son genotipos que se caracterizan por una determinada respuesta (resistente, susceptible o moderado) a las inoculaciones artificiales de un patógeno, por ejemplo para el hongo *Fusarium oxysporum* Schl. f. sp. *ciceris*. Fueron introducidas desde IFAPA y UCO (Córdoba-España). Las líneas con su respuesta frente a la acción del hongo se presentan en Tabla 7.2.3. De todas ellas se cuenta con volumen de semillas para la realización de las pruebas correspondientes, y se encuentran disponibles en el Banco de Semillas de Garbanzo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC). Estas pruebas se realizan en condiciones controladas de cámara de cría. En bandejas plásticas que contienen perlita, se sembraron 10 semillas de cada línea identificada. Por bandeja se pueden colocar hasta cuatro líneas de garbanzo. Al estado de plántula, aproximadamente 10 cm, se procede a efectuar la

inoculación con el hongo. Se realiza la lectura según escala de severidad de 0-4, como porcentaje de tejido foliar afectado donde: 0=0%; 1=1-33%; 2=24-66%, 3=67-100%, 4=planta muerta. Las reacciones 0 y 1 son Resistente (R), 2 Moderada (M), 3 y 4 son Susceptibles (S) (27) (Figura 7.2.1).

Tabla 7.2.3. Reacción de las líneas diferenciales a la inoculación con las distintas razas de Fusarium oxysporum f. sp. *ciceri.*

	Razas							
Líneas	0	1/A	1B/C	2	3	4	5	6
JG62	R	S	S	S	S	S	S	S
WR315	R	R	R	R	S	R	R	R
ICCV-2	R	R	R	S	S	S	S	M
P2245	S	S	S	S	S	S	S	S
PV1	S	S		S	S	S	R	R
CPS-1	R	R	R	S	M	M	M	R



Figura 7.2.1. Material de garbanzo resistente a Fusarium (centro bandeja) y susceptible (a ambos lados de la bandeja). © Josefina Rubio.

Introducción de líneas de ICARDA

El garbanzo Kabuli introducido de ICARDA es portador de cruzamientos múltiples, se planteó el objetivo de evaluar su comportamiento agronómico y posteriormente la respuesta a las diferentes enfermedades fúngicas.

A modo de ejemplo, se presenta el ensayo identificado como ICARDA I, Legume International Testing Program (LITP 2010/2011 Latin America), compuesto por 48 líneas en homocigosis, con diferente *pedigree*. La descripción preliminar de cada línea y sus testigos: ILC 464 y Norteño se muestra en Tabla 7.2.4.

Tabla 7.2.4. Ensayo ICARDA I compuesto por nombre y pedigree de la línea, valores promedios de altura de planta, produccion por planta y peso de 100 semillas.

Nombre	**Pedigree**	**Altura de planta (cm)**	**Producción /planta (g)**	**Peso 100 semillas (g)**
FLIP97-706C	X94TH114/ (FLIP91138CXFLIP85-60C) XFLIP91-133C	41	12	49
FLIP98-117C	X95TH 8/FLIP91-24XFLIP90-19	41	12	30
FLIP01-29C	X98TH28/FLIP92-148CXS96233	40	14	51
FLIP03-22C	X99TH 62/FLIP93-2C X FLIP94-115C	30	11	46
FLIP03-27C	X98TH86/[(ILC267XFLIP89-4C)XHB-1]XS95345	38	12	46
FLIP03-100C	X00TH 49/FLIP98-52CXFLIP98-10C	36	9	54
FLIP03-123C	X00TH 51/FLIP98-52CXFLIP98-47C	35	12	47
FLIP03-127C	X00TH 51/FLIP98-52CXFLIP98-47C	31	10	44
FLIP03-130C	X00TH 51/FLIP98-52CXFLIP98-47C	36	11	47
FLIP03-134C	X00TH51/FLIP98-52CXFLIP98-47C	32	10	32
FLIP05-21C	X2000TH 17/FLIP97-25CXS98588	39	8	47
FLIP05-55C	X2001TH 41/(FLIP98-52CXFLIP98-47C)XSEL15063	34	12	41



Nombre	Pedigree	Altura de planta(cm)	Producción /planta (g)	Peso 100 semillas (g)
FLIP05-67C	X2001TH 100/FLIP 97-111CXFLIP97-263C	40	9	51
FLIP05-69C	X2001TH 101/FLIP 97-121CXFLIP97-27C	40	10	49
FLIP05-80C	X2000TH 17/FLIP97-25CXS98588	39	7	47
FLIP05-147C	X2001TH 14/(FLIP97-28CXFLIP98-129C)XS99569	35	10	45
FLIP05-156C	X2001TH 23/(FLIP98-132CXS99093XFLIP98-9C	37	11	48
FLIP05-157C	X2001TH 24/(S98588XS99093)XS99358	35	9	51
FLIP06-52C	X2002TH 54/FLIP98-130C X FLIP98-121C	35	11	45
FLIP06-63C	X2002TH 80/S00706 X FLIP98-38C	40	12	44
FLIP06-64C	X2002TH 80/S00706 X FLIP98-38C	40	13	39
FLIP06-65C	X2002TH 80/S00706 X FLIP98-38C	40	12	48
FLIP06-86C	X2002TH 117/(FLIP98-64CXFLIP98-7CXS15042) X FLIP97-025C	40	12	52
FLIP06-87C	X2002TH 117/(FLIP98-64CXFLIP98-7CXS15042) X FLIP97-025C	46	12	44
FLIP06-88C	X2002TH 117/(FLIP98-64CXFLIP98-7CXS15042) X FLIP97-025C	47	11	44
FLIP06-102C	X2002TH 122/ (S98588XS99093XS99358) X FLIP98-175C	42	12	48
FLIP06-142C	X2002TH 104/S99520 X Sel0 ter 73623	40	14	51
FLIP06-160C	X98TH58/(Malik1XILC7795XFLIP94-92C)XS96233	33	11	34
FLIP07-6C	X03TH-51/ (S00787Xsel01ter73616) X FLIP 98-22C.	36	11	50
FLIP07-12C	X03TH-138/FLIP98-130CXFLIP99-34C	38	15	47
FLIP07-14C	X03TH-144/FLIP 97-116CXFLIP 97-32C	35	10	47
FLIP07-23C	X03TH-152/FLIP97-131CXFLIP97-111C	38	11	52
FLIP07-25C	X03TH-152/FLIP97-131CXFLIP97-111C	30	12	40
FLIP07-35C	X03TH-153/FLIP98-133CXFLIP98-117C	38	12	48

Nombre	**Pedigree**	**Altura de planta(cm)**	**Producción /planta (g)**	**Peso 100 semillas (g)**
FLIP07-160C	X03TH-185/FLIP98128CXLebe.mar.	39	8	44
FLIP07-118C	X02TH 75/S00879 X FLIP97-025C	46	9	48
FLIP08-2C	X01TH41/(FLIP98-52CXFLIP98-47CXSEL 15063	28	7	47
FLIP08-34C	X01TH23/(FLIP98-132CXS99093)XFLIP98-9C	40	12	52
FLIP08-35C	X01TH23/(FLIP98-132CXS99093)XFLIP98-9C	36	9	40
FLIP08-38C	X01TH64/(Lebanes-1Xsel99ter85581)XFLIP98-12C	31	11	53
FLIP08-42C	X01TH67/(Lebanes-1Xsel99ter85485)XFLIP98-10C	31	12	51
FLIP08-53C	X01TH130/FLIP97-21XFLIP98-138	28	9	42
FLIP08-64C	X03TH144/FLIP97-116CXFLIP97-32C	38	20	46
FLIP08-69C	X03TH144/FLIP97-116CXFLIP97-32C	41	11	57
FLIP08-85C	X85 TH143/ILC 629 x FLIP 82-144C	37	13	46
FLIP93-93C	X89TH258/ (FLIP 85-122CXFLIP 82-150C)/FLIP 86-77C	29	11	38
FLIP 85-5C	X81TH199/ILC 202(WH) X ILC3355	38	13	40
ILC 464		**38**	**10**	**43**
NORTEÑO		**34**	**12**	**56**

Referencias: la sigla FLIP hace referencia a líneas mejoradas por ICARDA, ILC entrada de germoplasma de ICARDA, ICC entrada de germoplasma de ICRISAT, ICCV variedades de ICRISAT.

Las líneas evaluadas en ensayos con repeticiones se destacan por una adecuada arquitectura de cultivo y muy buena sanidad en el campo. Además se cuenta con volumen de semilla para realizar las inoculaciones con patógenos y las pruebas moleculares que se presentaran en la Sección 4 de este Capítulo.

Selección individual

El garbanzo tipo Mexicano, producido en el Norte de Argentina, principalmente Salta, es una población heterogénea.

El objetivo fue realizar selección individual en material tipo Mexicano, para lo cual el equipo de Mejora Genética de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (FCA-UNC) y el de Legumbres de INTA (Salta) efectuó la siembra en un lote de producción, en la Estación Experimental de INTA-Cerrillos, Salta. A partir del seguimiento del ciclo del cultivo se cosecharon e individualizaron 200 plantas, priorizando sanidad, porte erecto, buen despeje de vainas, y a la trilla se seleccionaron semillas lobuladas, blancas y de tamaño grande.

En la Tabla 7.2.5 se describe la población original considerando los caracteres de producción/planta, número y tamaño de semillas.

Tabla 7.2.5. Caracteres de la población tipo Mexicano.

Caracteres	**Media ± D.E.**	**C.V.**	**Mín.**	**Máx.**
Producción/planta (g)	10,97 ± 5,94	54,18	3,10	36,20
Número de semillas/planta	20,79 ± 11,10	53,41	5,00	58,00
Tamaño de semilla (peso de 100 semillas en g)	53,97 ± 10,01	18,55	17,90	82,30

De las 200 plantas, en gabinete se seleccionaron 53 plantas individuales, con la condición de poseer 20 semillas cada una, dando lugar a 53 líneas. En la siguiente campaña agrícola, se sembraron 10 semillas de cada línea en Salta y otras 10 en Córdoba.

En la descendencia de cada línea obtenida en ambos ambientes se observaron los siguientes caracteres: arquitectura de planta, sanidad, competencia interna y respuesta a factores adversos, principalmente frío. Como resultado de la selección individual dentro (sanidad, porte, supervivencia de plantas desde siembra a cosecha) y

entre líneas, se seleccionaron 23 líneas y una muestra de la población original (Pob.Ori.) como testigo.

Las líneas escogidas se evaluaron en Ensayos Comparativos de Rendimiento (ECR) en Salta y Córdoba durante cuatro campañas agrícolas. En la Tabla 7.2.6 se muestran los resultados.

Tabla 7.2.6. Producción promedio por planta (g) de las líneas en Córdoba (PC) y en Salta (PS) y peso de 100 semillas (g) (P100C) y (P100S) en cada año agrícola.

Años	**PC**	**PS**	**P100C**	**P100S**
2011	6,26	45,57	59,78	69,59
2012	14,67	14,42	53,38	57,04
2013	16,82	38,89	53,35	54,77
2014	15,20	36,40	54,20	56,00

Como producto de la selección individual para el tipo Mexicano se destacan las líneas Mex.38, Mex.58, Mex.60, Mex.97, las que superaron en producción por planta y peso de 100 semillas a la población original (2, 24) (Lámina 7.2.4).

Hibridación

La finalidad de la hibridación es combinar caracteres deseables de dos o más progenitores.

La selección de progenitores se debe considerar antes de realizar la hibridación, ya que determina el éxito del programa de mejora. Un progenitor debe aportar adaptación local, atributo que resulta complejo y posibilita al genotipo sortear adversidades del medio y proveer rendimiento y calidad aceptables. El otro, debe poseer el carácter que se quiere incorporar y es complementario del primero.

La técnica de cruzamiento en garbanzo es una tarea delicada y su eficiencia varía desde un 10% a un 50% y se halla influenciada

por condiciones ambientales, particularmente humedad y temperaturas (5, 50). Aspectos específicos y los detalles de la técnica se encuentran descriptos en la Sección 1 del presente Capítulo.

Los tipos de cruzamientos pueden ser simples, triples y múltiples. En el simple intervienen dos progenitores y es el más comúnmente utilizado en los programas de mejora. Este se usó para la obtención de los cultivares Norteño, Kiara UNC INTA y Felipe UNC INTA (14, 15, 16). En los cruzamientos triples se utilizan tres padres diferentes, con caracteres específicos. Luego de realizar el cruzamiento simple, a la F1 se la cruza por el otro progenitor. El cultivar JKG-1, proveniente de ([ICCV2 x Suratato] x ICC7344) fue obtenido por este tipo de cruzamiento, donde cada progenitor aporto una resistencia diferente (50).

En los cruzamientos múltiples se involucran varios padres (52). Con ello se amplía la base genética y se busca adaptación a un amplio rango de ambientes y resistencia genética a cada enfermedad. Los genotipos integrantes de ensayos ICARDA I, II y III, descriptos en la introducción de germoplasma, son materiales provenientes de cruzamientos múltiples.

Crianza

La crianza es la conducción del material segregante hasta lograr la homocigosis. Se deja que las plantas se autofecunden por varias generaciones (de 6 a 8) dependiendo de la distancia genética entre progenitores y las diferentes metodologías de crianza. En este Capítulo se abordan dos métodos: sistema de crianza masal - genealogico y descendencia de semilla única. El ambiente donde se cultiva el material segregante, debe ser tal que permita la selección natural o artificial de los más aptos.

Para realizar la crianza de garbanzo se utilizaron dos ambientes: Salta y Córdoba, los que difieren principalmente en amplitud térmica, precipitaciones y altitud (Figura 7.2.2).

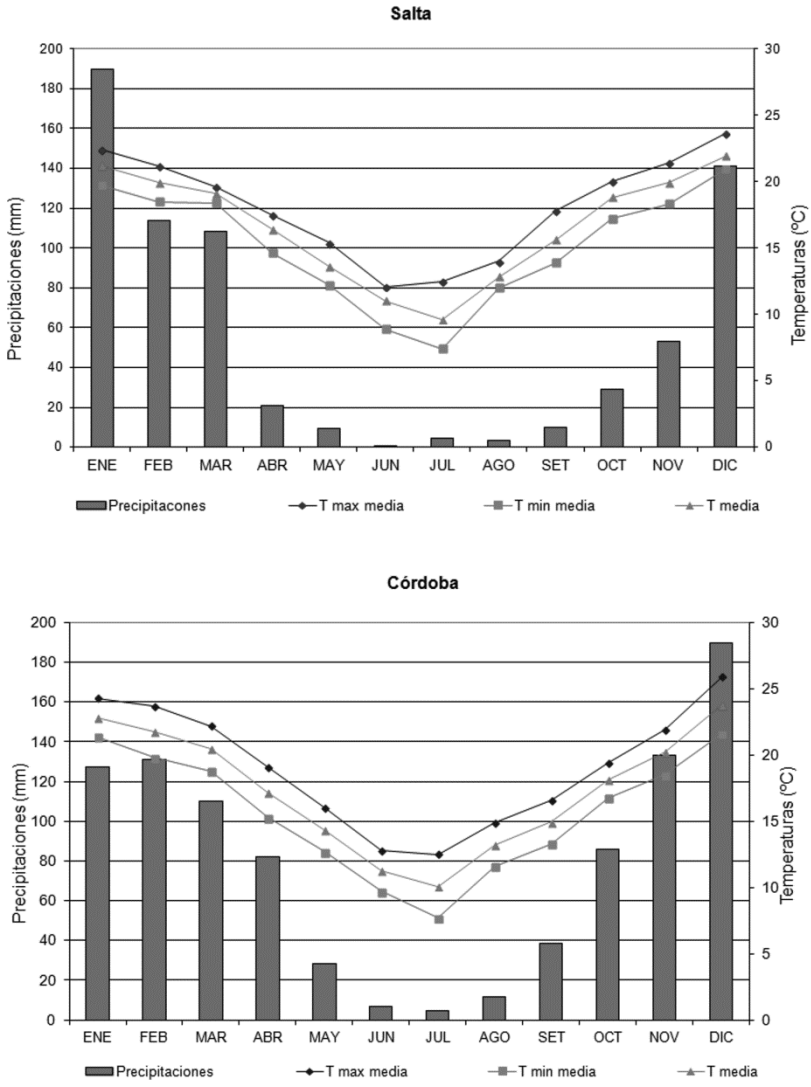


Figura 7.2.2. Datos de precipitaciones (PPM), temperaturas máximas (TMAM), medias (TM) y mínimas (TMM) recogidas durante el periodo 2000-2010 en las localidades correspondientes a las Provincias de ***Salta*** *(Salta Lat. S 24° 54', Long. W 65°29' 1217 msnm),* ***Córdoba*** *(Chalacea Lat. S 30°46', Long. W 63°25', 137 msnm). Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.*



El ambiente de Córdoba se considera un ambiente de selección de genotipos tolerantes a frío y el de Salta un ambiente para evaluar rendimiento, ya que potencia a dicho carácter en los genotipos evaluados.

a) Sistema crianza masal – genealógico

Retomando el cruzamiento Kabuli x Kabuli entre la población Mexicano y la línea S-159, se originó una población segregante. Desde la generación F2 hasta la generación F4 fueron conducidas por crianza masal. Los genotipos sensibles al frío fueron afectados por temperaturas bajo cero en la etapa vegetativa y en la reproductiva las temperaturas inferiores a 15°C inhibieron el desarrollo del tubo polínico, afectando la formación de la semilla. En el paso de una generación a la siguiente sólo se seleccionaron plantas sanas y se realizó la cosecha en masa de todo el conjunto, buscando lograr pureza genética dentro de cada línea (13).

En el transcurso de la crianza se realizaron estudios de correlaciones, criterios de selección y agrupamientos, perfilando la calidad de las futuras líneas a seleccionar (46).

En la generación F4, con 230 individuos, se conformaron 17 grupos fenotípicamente homogéneos. Ellos se caracterizaron por poseer porte erecto a semierecto, tolerancia a enfermedades y al frío. En cuanto a los componentes del rendimiento, solo 4 grupos presentaron 43 a 61 g en 100 semillas. Por otro lado, 6 grupos tuvieron 11 a 45 g de semillas por planta.

En la generación F5 se seleccionaron 100 líneas, las cuales se evaluaron en un ensayo preliminar de rendimiento. Durante las generaciones F6, F7, y F8 se realizaron ensayos comparativos de rendimiento para 12 líneas y 1 testigo, en dos ambientes distintos: Cruz del Eje - Córdoba e INTA-Cerrillos- Salta (11). A partir de estos ensayos se seleccionó la línea 522 que posteriormente dio lugar a la obtención del cultivar Norteño, inscripto en 1998 en el Instituto Nacional de Semillas, transfiriéndose posteriormente al sector productivo con muestras demostrativas en campos de productores de garbanzo y en la Escuela de la Familia Agrícola de Tuclame (1, 15).

Posteriormente, en 2005, se separaron de la colección de germoplasma de la FCA-UNC, 18 líneas provenientes de esta misma cruza. Pasan la selección por aptitud agronómica 9 líneas, y 2 de estas alcanzaron los objetivos de la selección referidos a rendimiento, precocidad y calidad de semilla referido a tamaño comercial. Los ensayos comparativos de rendimiento (ECR) fueron realizados durante cuatro campañas agrícolas en Córdoba y en Salta (estos se presentan en la Sección 3).

El término línea corresponde a un genotipo en particular, con alto nivel de homocigosis, ello genera pureza genética. El cultivar es una línea que es diferente a los cultivares inscriptos, estable en cuanto a rendimiento y a caracteres descriptores y uniforme (o variable en un cierto rango) para los principales caracteres. Con ello cumple los requisitos exigidos por la Ley de semillas y creaciones fitogenéticas de Argentina (Ley N° 20.247).

El cultivar Kiara UNC-INTA (corresponde a la línea L-517) y el cultivar Felipe UNC-INTA (corresponde a la línea L-67). En Córdoba se realizó la descripción de cada uno de los cultivares que fueron inscriptos en 2013 por el Criadero Alpa Sumaj (16) (Lámina 7.2.5). Los descriptores relevantes de cada cultivar se presentan en el Capítulo 10.

En Tabla 7.2.4 se presenta el porcentaje de cada calibre de semillas de los tres cultivares, sembrados y cosechados con manejo de siembra directa y en secano.

Tabla 7.2.4. Porcentaje de calibre para los cultivares año 2014, en Córdoba.

Calibres	**Norteño**	**Kiara UNC INTA**	**Felipe UNC INTA**
Calibre 10	-	3,19	-
Calibre 9	45,74	66,80	5,7%
Calibre 8	36,60	24,59	67,65%
Calibre 7	3,28	2,51	17,38%
Caída < 7	14,38	3,91	9,27%

Productor Sr. Daniel Albiñana - Campo El Ombú, Dpto. Totoral. Datos tomado en cosecha, con una humedad entre el 11-12%. Fuente: Julieta Reginatto.



b) Método de descendencia de semilla única (SSD = Single Seed Descendent)

De cada planta de la población F2 (el número fue superior a 120 individuos) se recoge una semilla, que será la representante en la generación siguiente. La planta lograda, se cosecha y se siembra una única semilla, esto se repite hasta la 7-8 generación, hasta conseguir la homocigosis. No se realiza selección ni evaluación, si se endocría toda la población individualizada desde la F2. En la última generación (F7-F8), se procede a seleccionar la producción completa de una planta, para lograr una línea. Durante 2-3 generaciones se incrementa el volumen, y se pueden realizar los ECR, para seleccionar por este o el carácter de interés, las mejores líneas. La ventaja es tener representada toda la población F2 hasta F6-7, con un espacio físico reducido y con manejo cultural óptimo.

Además, se puede realizar 2 generaciones en un año, si se dispone de la infraestructura adecuada. Con esto se disminuyen los costos operativos en el manejo de material segregante (identificación, estacas, cosecha individual).

Esta tarea se realizó en Cruz del Eje (Córdoba) para 2 poblaciones en generación F3 provenientes de UCO-España, la F4 se efectuó en España, la generación F5 en Córdoba-Argentina y la F6 en España. De esta manera se lograron 2 generaciones por cada año agrícola. Este método reviste importancia particular cuando se desarrollan líneas endocriadas recombinantes o líneas isogénicas donde se utiliza la población completa para los *screening* con marcadores moleculares.

Interacción Genotipo-Ambiente

El desarrollo de cultivares o variedades adaptadas a varios ambientes es otro de los objetivos en el programa de mejora. Una variedad o genotipo se considera estable o adaptada cuando al desarrollarse en varios ambientes presenta bajas fluctuaciones en su producción.

El ambiente influye en la expresión de los caracteres, fundamentalmente en los relacionados con el rendimiento. Así, la producción de un genotipo o cultivar se encuentra determinada por el efecto del genotipo (G), del ambiente (E) y por la interacción de ambos (GxE) (64). El resultado de la interacción GxE se considera determinante en el proceso de selección de materiales estables pues permite la clara separación de genotipos y ambientes.

Un carácter de gran valor agronómico y económico, como la producción, presenta herencia cuantitativa y se encuentra influenciado por la interacción GxE, y para su evaluación resulta necesario realizar ensayos en varias localidades.

Las características particulares de los ambientes (latitud, altitud, tipo de suelo, fecha de siembra, manejo) donde se realizan las evaluaciones de los genotipos y los caracteres morfológicos o componentes del rendimiento, permite un aporte significativo en la interpretación de los resultados (19, 21).

El genotipo más estable puede no resultar el más productivo, por lo que el uso de métodos estadísticos que integren producción y estabilidad adquiere gran interés (34, 35). En lo referido a garbanzo, Berger et al. (4) citan más de 30 trabajos que utilizan el análisis de regresión (22). El modelo AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Model), por su parte, combina ANOVA con Componentes Principales (CP), lo que permite separar el efecto del genotipo y del ambiente y usa Componentes Principales (CP) para explicar la interacción GxE (47). En los gráficos, la PC1 es la componente principal que explica en mayor medida la interacción, donde los genotipos o ambientes próximos a cero son estables, cuanto más se alejan del cero sean positivos o negativos son los que más contribuyen a la interacción.

Un cultivar ideal debe poseer como requisitos alto valor productivo y estabilidad. Criterios similares se utilizan para seleccionar los ambientes (8, 30, 65).

El equipo de trabajo integrado por docentes e investigadores de la UNC, INTA-Salta y UNSL estudió la interacción genotipo ambiente en 40 líneas endocriadas recombinantes F6: F7 (RIL (Recombinant

Imbred Lines) procedentes de dos cruzamientos intraespecíficos Kabuli x Desi (CA2990 x WR315) y Desi x Kabuli (JG62 x ILC72).

Esta investigación se realizó en diferentes ambientes de Argentina: Salta (4 años, representados por S1, S2, S3, S4), Córdoba (3 años, referidos como S5, S6, S7) y San Luis (1 año, S8).

En las Figuras 7.2.5 y 7.2.6, los genotipos del cruzamiento JG62 x ILC72 se representan por J- y el CA2990 x WR315 por M- con el número del genotipo y PC1 representa a la componente principal uno, la cual explica el mayor valor de la variabilidad observada.

La producción por planta en el cruzamiento Desi x Kabuli alcanzó un valor promedio de 15 g en los ocho ambientes evaluados. Los genotipos J56, J71 y los ambientes S2 y S3 contribuyeron a los valores más altos de la interacción genotipo por ambiente. De los 20 genotipos estudiados, 12 resultaron estables (Figura 7.2.3).

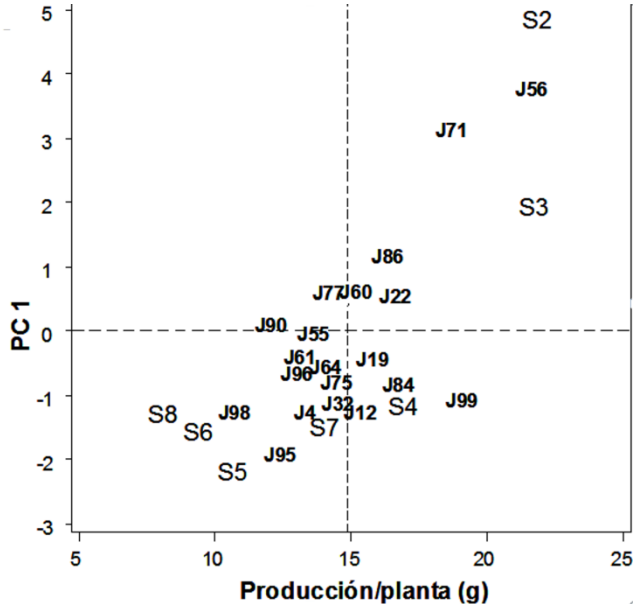


Figura 7.2.3: Distribución de genotipos (RILs) procedentes del cruzamiento JG62xILC72, y ambientes teniendo en cuenta: producción/planta y el componente principal de la interacción genotipo-ambiente PC1.

A modo de ejemplo, para esta Sección del libro, en el cruzamiento Kabuli x Desi se evaluó el carácter peso de 100 semillas obteniéndose un valor promedio de 25 g en los ocho ambientes estudiados. Las líneas M4, M14 y M19 y el ambiente S3 fueron los que más contribuyeron a la interacción. De los 20 genotipos evaluados, 15 resultaron estables (Figura 7.2.4).

El estudio de interacción genotipo ambiente a través de los cruzamientos citados permitió determinar dos macroambientes, uno en el norte (Salta) y otro en el centro-sur (Córdoba, San Luis) de Argentina. El macroambiente de Salta puso de manifiesto un mayor potencial productivo de los genotipos evaluados. En la obtención de variedades será necesario desarrollar la mejora genética para cada macroambiente o bien, buscar genotipos con una amplia adaptación. En ambos ambientes los genotipos más productivos presentaron porte semierecto y ciclo tardío (10).

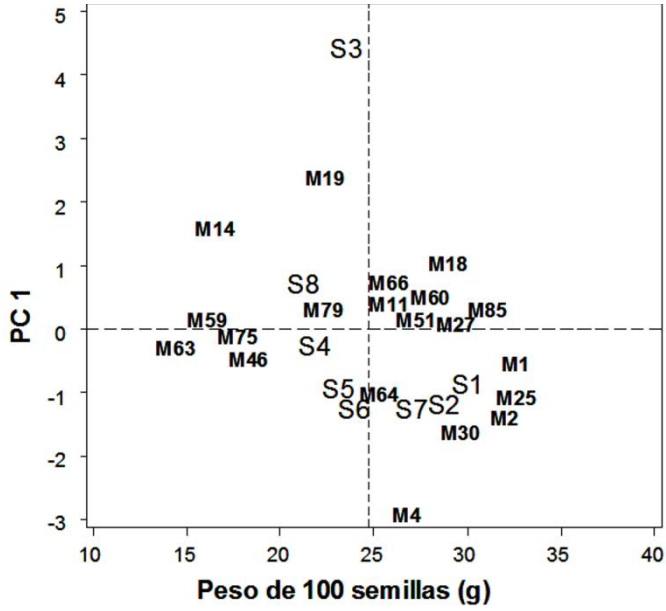


Figura 7.2.4: Peso de 100 semillas de los genotipos procedentes del cruzamiento CA2990 x WR315, los ambientes y el componente principal de la interacción genotipo-ambiente (PC1).

Adaptación del cultivo y caracteres implicados

La arquitectura del cultivo comprende un conjunto de caracteres tales como fecha de floración, porte, patrones de ramificación, tamaño de hoja, componentes del rendimiento, entre otros (29), y permite diferenciar a cada genotipo en particular. Puede ser modificada para adaptación a diferentes ambientes con el objetivo de aumentar la producción, la estabilidad, y optimizar el programa de mejora.

Entre los caracteres involucrados en la adaptación se destacan:

Fecha de floración

La fecha de floración es un componente esencial en la adaptación del cultivo. Se pueden utilizar genotipos de ciclo precoz o tardío para cada ambiente de producción. Entre los materiales precoces para Argentina, se encuentran líneas y poblaciones tipo Mexicano (2, 24). Los materiales precoces son los más adecuados para escapar a las sequías terminales y a las altas temperaturas de final del ciclo de cultivo (25, 58).

Floración es un carácter dependiente de la estructura genética de la población, de la estación de cultivo (invierno o primavera), de la fecha de siembra, la altitud y latitud y del fotoperiodo, entre otros (59). Los genotipos de garbanzo muestran una respuesta diferencial al fotoperiodo y a la temperatura (45); genotipos insensibles al fotoperiodo pueden ser utilizados para la adaptación a bajas latitudes y podrían ser utilizados en planteos agroforestales.

Estudios recientes realizados en Argentina detectaron que en el cruzamiento CA2990 x WR315 los genotipos de floración tardía presentaron mayor valor para producción/planta. Por otra parte en JG62 x ILC72, los genotipos con ciclo de floración precoz presentaron los mejores valores para los componentes del rendimiento, aunque no se detectaron diferencias significativas entre los dos grupos (precoces vs. tardías) (12).

La floración en garbanzo se encuentra en diferentes grupos de ligamientos. En algunos casos se halla asociado a rendimiento.

Cuando esto ocurre, resulta de suma utilidad para detectar rápidamente genotipos productivos (18).

Porte

El porte de un genotipo se relaciona con la adaptación y con la arquitectura de planta. Está controlado por un gen (*Hg/hg*), localizado en el grupo de ligamiento tres (GL3) del mapa genético de garbanzo (63), siendo porte erecto dominante y rastrero recesivo (3, 43). Este carácter se encuentra estrechamente relacionado con la labor de trilla, dado que el punto de inserción de la primera vaina en uno y otro porte determina la facilidad para la tarea de la cosechadora.

Los genotipos erectos son generalmente más altos, de tallos más compactos, con menos ramificaciones primarias y secundarias y por lo general menos vainas pero mejor adaptados a la mecanización agrícola que los tipos rastreros. Para conseguir una mejor producción en las líneas erectas resulta necesario mayor número de plantas por unidad de área (40).

El cultivar Chañaritos S-156 posee porte semi-rastrero en estado vegetativo y semi-erecto en estado reproductivo; Norteño es semi-erecto en ambos estados (7, 15). En la colección de germoplasma de garbanzo (FCA-UNC) se cuenta con poblaciones y líneas selectas tipo Mexicano con porte erecto. También las líneas J84, J90, J95, J22 y J77, provenientes del cruzamiento JG62 x ILC72 y las líneas M30, M1, M2, M66, M11, M25, M51 y M85 del cruzamiento CA2990 x WR315 (12, 24), presentan este carácter.

Por su parte los genotipos de porte rastrero pueden ser utilizados por su tolerancia al frío, para realizar cobertura en el manejo de las rotaciones. Dentro de la colección de garbanzo poseen esta característica los genotipos J4, J12, J60 del cruzamiento JG62 x ILC72 y las líneas M46, M59 y M63 del cruzamiento CA2990 x WR315 (12).



Forma o tipo de la hoja

Las hojas de garbanzo pueden ser normales (uni-imparipinadas), enteras (simples) o multipinadas de disposición alternas. La forma de la hoja determina la capacidad de cada genotipo para realizar un adecuado desarrollo de la canopia, ayuda a prevenir la pérdida de humedad del suelo y favorece una eficiente fotosíntesis (44).

El carácter hoja simple ha sido utilizado en los programas de mejora y en el desarrollo de variedades tales como Surutato-77 y Macarena en México; Dwelley, Sanford, Evans y Sierra en Estados Unidos, y CDC Diva y CDC Xena en Canadá (62). Los cultivares Chañaritos S-156, Norteño, Kiara UNC-INTA y Felipe UNC-INTA presentan hoja normal y la Mutante "hoja simple" descripta en la Sección 1 de este Capítulo (6).

Producción y sus componentes

La producción es un carácter complejo y se halla fuertemente influenciado por el ambiente. En las leguminosas se han registrado correlaciones positivas entre producción y sus componentes (semillas por vaina, vainas por planta, semillas por planta, producción por planta, tamaño de semilla, etc.) (11, 12, 13, 36, 38, 39, 40, 54). Ocasionalmente se han observado correlaciones negativas entre tamaño de semilla y producción dependiendo de la estructura genética de la población (40).

Los componentes de la producción tales como cantidad de semillas por planta o vainas por planta, resultan difíciles de manejar en los programas de mejora por encontrarse influenciados por múltiples factores ambientales. Por esto es determinante evaluarlos en diferentes ambientes. Asímismo, estos componentes pueden estar asociados a caracteres cualitativos tales como el carácter doble vaina, el porte y la fecha de floración, lo que puede conferir estabilidad en la producción (48, 49).

En los cruzamientos JG62xILC72 y CA2990xWR315 para 40 líneas evaluadas en Salta, Córdoba y San Luis, la producción por planta se encontró positiva y altamente correlacionada con número

de vainas y semillas por planta. En cambio, el peso de 100 semillas se correlacionó negativamente con número de semillas y de vainas en ambas poblaciones (12).

Resistencia o tolerancia a factores bióticos y abióticos

Factores bióticos

Aunque se han dedicado esfuerzos para mejorar las producciones de este cultivo, la falta de estabilidad sigue siendo el problema más importante. Los inconvenientes radican en la mejora de características agronómicas relacionadas con la adaptación. Tal es el caso de las enfermedades y los insectos, entre otros (53).

La siembra invernal se encuentra limitada por la susceptibilidad del garbanzo a la rabia (enfermedad causada por el hongo aéreo *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labrousse, ya que en esta época el hongo encuentra las condiciones ambientales adecuadas para su desarrollo (T° aprox. 5-15ºC y humedad 80-90%) (26, 51). El patógeno ataca a todas las partes aéreas de la planta causando necrosis y colapso tisular. Puede causar pérdidas de casi el 100% de la producción (41, 43). El logro de líneas resistentes a esta enfermedad ha permitido duplicar la producción durante la siembra de invierno (28, 51).

Se han identificado fuentes de resistencia a rabia en genotipos de ICARDA (55) y su uso ha permitido diversificar y aumentar la base genética de la resistencia (42, 61). La resistencia a *Ascochyta rabiei* en los materiales desarrollados no es total, por lo que el uso de materiales resistentes o tolerantes debe ir acompañado de adecuadas prácticas preventivas (23, 57, 60).

En el año 2011, en Argentina se detectaron por primera vez síntomas de esta enfermedad en garbanzo (61). La difusión de semilla contaminada, entre otros factores, provocó la disminución de la superficie sembrada en los años siguientes.

Para las condiciones de Argentina, el hongo del suelo *Fusarium oxysporum* Schlechtend Fr. f. sp. *ciceris* es prioritario de controlar. Se han descripto ocho razas distribuidas en India, España y Estados Unidos (27, 31, 32) que presentan síntomas diferentes: amarillez



(razas 0 y 1B/C) y marchitez (razas 1A, 2, 3, 4, 5 y 6). La permanencia del hongo en el suelo y la capacidad de sobrevivir durante años hace complicado su control (26).

Dado que los genotipos de ICARDA, que posee el Programa de Mejora, han demostrado alta producción y buen comportamiento de sanidad en el campo, se propone profundizar estudios para las enfermedades.

Factores abióticos

Estos también afectan la adaptación de un genotipo en su relación con las zonas de producción de garbanzo en Argentina. El frío en el invierno, es un factor limitante de la producción. Este se tiene en cuenta cuando se trabaja en los ambientes de selección para cruzamientos diferentes ya que permite la selección del que tolera o resiste al frío.

Las bajas temperaturas tales como las heladas (<-1,5ºC) y el "chilling" (entre -1,5ºC y 15ºC) afectan al garbanzo en varias etapas de su desarrollo, desde la germinación a la maduración (20). Los cultivares: Chañaritos S-156, Norteño, Kiara UNC-INTA y Felipe UNC-INTA toleran las heladas en la etapa de desarrollo vegetativo, y sortean las heladas tardías de septiembre por su abundante floración bajo las condiciones ambientales de Córdoba y de Salta (7, 14, 15).

Por otro lado, el "chilling" afecta principalmente el cuajado de la flor ya que temperaturas inferiores a 25ºC impiden el desarrollo del tubo polínico y por lo tanto a la fecundación. Cultivares tolerantes a "chilling" (Sonali y Rupali) se han desarrollado en los programas de mejora de Australia (17).

El desarrollo de variedades precoces ha sido la estrategia más adecuada para escapar a la sequía que sufre el garbanzo al final de su ciclo (9).

Bibliografía

1. Alemanno, G. y J. Carreras. 2003. Impacto socio-económico del cultivo de garbanzo en la zona Noroeste de la provincia de Córdoba a través de la transferencia de nuevos cultivares. Ciencia 1 (1): 27-36.
2. Allende, M.; Cavallero, J.; Castro, R.; García, S.; Fissore, N. y J. Carreras. 2011. Criterios de selección utilizados para nuevos cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) Tipo Mexicano. XXXIV Congreso Argentino de Horticultura. Buenos Aires, Argentina. Pp.: 30.
3. Argikar, G. P. y R. D'Cruz. 1963. Genetic studies in gram. Journal of the Indian Botanical Society 42: 401-405.
4. Berger, J. D.; Speijers, J.; Sapra, R. L. y U. C. Sood. 2007. Genotype by environment interaction and chickpea improvement. En: Yadav, S. S.; Reeden, R.; Chen, W. y B. Sharma (Eds.). Chickpea Breeding and Management. CABI, UK. Pp.: 617-629.
5. Biderbost, E.; Rodríguez, A.; Deromedis R. y R. Lasso. 1974. Desarrollo floral y técnica de cruzamiento en garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Revista Industrial y Agrícola de Tucumán 51 (2): 1-9.
6. Biderbost, E. y J. Carreras. 1984. Descripción de mutantes espontaneas en garbanzo. Hoja simple y menor número de folíolos, flores anormales y estériles. Boletín Hortícola de SAO 3 (5): 23-27.
7. Biderbost, E. y J. Carreras. 2005. Registration of Chañaritos S-156. Chickpea. Crop Science 45 (4): 1653.
8. Blanche, S. B. y G. O. Myers. 2006. Identifying discriminating locations for cultivar selection in Louisiana. Crop Science 46: 946-949.
9. Canci, H. y C. Toker. 2009. Evaluation of yield criteria for drought and heat resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Agronomy and Crop Science 195: 47-54.

10. Carreras, J.; Rubio, J.; Flores, F.; Millán, T. y J. Gil. 2013. Short communication. Genotype × environment interaction analysis in two chickpea RIL populations. Spanish Journal of Agricultural Research 11 (3): 808-813.

11. Carreras, J. 1999. Caracterización de líneas selectas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.).Tesis de Maestría en Tecnología de Semillas. 144 p.

12. Carreras, J. 2013. Establecimiento de bases genéticas para la mejora del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Argentina. Tesis de Doctorado UCO-España. 154 p. http: //hdl.handle.net/10396 /11544.

13. Carreras, J. y M. I. Rodríguez. 1990. Análisis de asociaciones fenotípicas en garbanzo (*Cicer arietinum* L). XIII Congreso de Horticultura. Salta, Argentina. Pp.: 13.

14. Carreras, J.; Allende, M.; Avalos, S.; Ateca, N.; Mazzuferi, V.; García, S. y J. Rubio. 2010. El mejoramiento genético del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y su importancia en las economías regionales del Semiárido Central de Argentina. I Congreso de Mejoramiento de Perú. Pp.: 106-108.

15. Carreras, J.; García, S.; Gray, L.; Collavino, N.; Fraile, V.; Pastrana, C. y E. Biderbost. 1997. Norteño cultivar de garbanzo para exportación (Cicer arietinum L). XX Congreso Argentino de Horticultura. Bahía Blanca, Argentina. Pp.: 126.

16. Carreras, J.; Allende, M. J.; Saluzzo, A.; Avalos, S.; Mazzuferi, V.; Ateca, N.; García Medina, S. y C. Panadero Pastrana. 2014. Chickpea crop in Argentina: An opportunity to diversify the national production. Legume Society. Legume perspectives. The timeless chickpea. Big hearts pulse within pods. The Journal of the International Legume Society 3: 36-38.

17. Clarke, H. J. y K. H. M. Siddique. 2004. Response of chickpea genotypes to low temperature stress during reproductive development. Field Crops Research 90: 323-334.

18. Cobos, M. J.; Rubio, J.; Fernández-Romero, M. D.; Garza, R.; Moreno, M. T.; Millán, T. y J. Gil. 2007. Genetic analysis of seed

size, yield and days to flowering in a chickpea recombinant inbred line population derived from a Kabuli x Desi cross. Annals of Applied Biology 151: 33-42.

19. Cooper, M.; Delacy, I. H. y R. L. Eisemann. 1993. Recent advances in the study of genotype x environment interactions and their application to plant breeding. En: Imrie, B. C. y J. B. Hacker (Eds.). Focused plant improvement: Towards responsible and sustainable agriculture. Australian Plant Breeding Conference Gold Coast. Queensland, Australia. Pp.: 116-131.

20. Croser, J. S.; Clarke, H. J.; Siddique, K. H. M. y T. N. Khan. 2003. Low temperature stress: Implications for chickpea (*Cicer arietinum* L.) improvement. Critical Reviews in Plant Sciences 22: 185-219.

21. Eisemann, R. L.; Cooper, M. y D. R. Woodruff. 1990. Beyond the analytical methodology. Better interpretation of genotype by environment interaction. En: Kang, M. S. (Ed.). Genotype-by-environment Interaction and Plant Breeding. Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana, US. Pp.: 108-117.

22. Finlay, K. W. y G. N. Wilkinson. 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme. Australian Journal of Agriculture Research 14: 742-754.

23. Gan, Y. T.; Siddique, K. H. M.; MacLeod, W. J. y P. Jayakumar. 2006. Management options for minimizing the damage by ascochyta blight (*Ascochyta rabiei*) in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 97: 121-134.

24. García Medina, S.; Fekete, A.; Carreras, J.; Allende, M. J.; López Morillo, C. y C. Panadero Pastrana. 2014. Selección de líneas precomerciales de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) tipo Mejicano. XXXV Congreso Argentino de Horticultura. Mendoza, Argentina. Pp.: 25.

25. Gaur, P. M.; Gowda, C. L. L.; Knights, E. J.; Warketin, T.; Acikgöz. N.; Yadav, S. S.; y J. Kumar. 2007. Breeding achievements. En: Yadav, S. S.; Reeden, R.; Chen, W. y B. Sharma (Eds.). Chickpea breeding and management. CABI, UK. Pp.: 391-416.

26. Haware, M. P.; Nene, Y. L.; y M. Natarajan. 1996. Survival of Fusarium oxysporum f. sp. ciceris in the soil in the absence of chickpea. Phytopathologia Mediterranea 35: 9-12.

27. Haware, M. P. y Y. L. Nene. 1982. Races of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. Plant Disease 66: 809-810.

28. Hawtin, G. C.; y K. B. Sing. 1984. Prospects and potential of winter sowing of chickpea in the Mediterranean region. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh (Eds.). Ascochyta blight and winter sowing of chickpea. Martinus Nijhoff/Dr.W. Junk Publishers, La Haya, Holanda. Pp.: 7-16.

29. Huyghe, C. 1998. Genetics and genetic modifications of plant architecture in grain legumes: a review. Agronomie 18: 383-411.

30. Jain, K. C.; Pandya, B. P.; K. Pande. 1984. Stability of yield components of chickpea genotypes. Indian Journal of Genetics 44: 159-163.

31. Jimenez-Diaz, R. M.; Alcala-Jimenez, A. R.; Hervas, A.; Y J. L. Trapero-Casas. 1993. Pathogenic variability and hosts resistance in the *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*|*Cicer arietinum* pathosystem. Proceeding Eur. Sem. Fusarium mycotoxins, taxonomy, pathogenicity and host resistance, 3rd Hodowsla Roslin Aklimatyazacja i Nasiennictwo. Plant Breeding and Acclimatization Institute, Radzikov. Pp.: 87-94.

32. Jiménez-Gasco, M. M.; Navas-Cortés, J. A.; y R. M. Jiménez-Díaz. 2004. The *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*|*Cicer arietinum* pathosystem: a case study of the evolution of plant-pathogenic fungi into races and pathotypes. International Microbiology 7: 95-104.

33. Johnson, H. W. y R. L. Bernard. 1962. Soybean genetic and breeding. Advances in Agronomy 14: 149-221.

34. Kang, M. S. y R. Magari. 1996. New developments in selecting for phenotypic stability in crop breeding. En: Kang, M. S. y H. G. Gauch Jr. (Ed.) Genotype-by-environment interaction. CRC Press, Boca Raton, FL, US. Pp.: 1-14.

35. Kang, M. S. 1993. Simultaneous selection for yield and stability in crop performance trials: Consequences for growers. Agronomy Journal 85: 754-757.

36. Kharrat, M.; Gil, J.; y J. I. Cubero. 1991. Genetics of grain yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Genetic and Breeding 45: 87-92.

37. Kumar, J. y P. N. Bahl. 1992. Direct and indirect selection for yield in chickpea. Euphytica 60: 197-199.

38. Kumar, L. y P. P. Arora. 1991. Basis of selection in chickpea. International Chickpea Newsletter 24: 14-15.

39. Maynez, M.; Moreno, M. T. y J. Gil. 1993. Desi/Kabuli introgression for yield improvement in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Genetics and Breeding 47:61-64.

40. Muehlbauer, F. J. y K. B. Singh. 1987. Genetics of Chickpea. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh (Eds.). The chickpea. CABI, UK. Pp.: 99-125.

41. Nene, Y. L. y M. V. Reddy. 1987. Chickpea diseases and their control. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh (Eds.). The Chickpea. CABI, UK. Pp.: 233-270.

42. Pande, S.; Siddique, K. H. M.; Kishore, G. K.; Bayaa, B.; Gaur, P. M.; Gowda, C. L. L.; Bretag, T. y J. H. Crouch. 2005. Ascochyta blight of chickpea biology, pathogenicity and disease management. Australian Journal of Agricultural Research 56: 317-332.

43. Patil, J. A. 1959. Inheritance study in gram. Current Science 28: 508.

44. Pundir, R. P. S.; Mengesha, M. H. y K. N. Reddy. 1990. Leaf types and their genetics in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Euphytica 45: 197-200.

45. Roberts, E. H.; Hadley. P.; y R. J. Summerfield. 1985. Effects of temperature and photoperiod on flowering in chickpeas (*Cicer arietinum* L.). Annals of Botany 55: 881-892.

46. Rodríguez, M. y J. Carreras. 1993. Análisis multivariado en una población segregante de garbanzo (*Cicer arietinum* L). XVI Congreso Argentino de Horticultura. Corrientes, Argentina. Pp.: 57.

47. Romagosa, M. y P. N. Fox. 1993. Integration of statistical and physiological adaptation in barley cultivars. Theoretical and Applied Genetics 86: 822-826.

48. Rubio, J.; Flores, F.; Moreno, M. T.; Cubero, J. I. y J. Gil. 2004. Effects of the erect/bushy, single/double pod and late/early flowering genes on yield and seed size and their stability in chickpea. Field Crops Research 90: 255-262.

49. Rubio. J.; Moreno, M. T.; Cubero, J. I. y J. Gil. 1998. Effect of the gene for double pod in chickpea on yield, yield components and stability of yield. Plant Breeding 117: 585-587.

50. Salimath, P. M.; Toker, C.; Sandhu, J. S.; Kumar, J.; Suma, B.; Yadav, S. S. y P. N. Bahl. 2007. Conventional breeding methods. En: Yadav, S.; Redden, R.; Chen, W. y B. Sharma (Eds.). Chickpea breeding and management. CAB International. India. Pp.: 369-390.

51. Singh K. B. y M. V. Reddy .1996. Improving chickpea yield by incorporating resistance to Ascochyta blight. Theoretical and Applied Genetics 92: 509-515.

52. Singh, A.; Singh, N. P. y A. N. Asthana. 1999. Genetic potential of wide crosses in chickpea. Legume Research 22: 19-25.

53. Singh, G.; Chen, W.; Rubiales, D.; Moore, K.; Sharma, Y. R. y Y. Gan. 2007. Diseases and their management. En: Yadav, S. S., Redden, R., Chen, W. y B. Sharma (Eds.). Chickpea breeding and management. CABI, UK: Pp.: 497-519.

54. Singh, K. B.; y G. Bejiga. 1990. Analysis of stability for some characters in Kabuli chickpea. Euphytica 49: 223-227.

55. Singh, K. B.; y M. V. Reddy. 1993. Resistance to six races of *Ascochyta rabiei* in the world germplasm collection of chickpea. Crop Science 33: 186-189.

56. Singh, K. B. 1987. Chickpea breeding. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh (Eds.). The Chickpea. CABI, UK. Pp.: 127-162.

57. Strange, R. N.; Gewis, E.; Gil, J.; Millán, T.; Rubio, J.; Daly, K.; Kharrat, M.; Cherrif, M.; Rhaiem, A.; Maden, S.; Dolar, S. y F. Dusunceli. 2004. Integrated control of blight of chickpea, *Cicer arietinum*, caused by the fungus *Ascochyta rabiei*: an overview. Proceeding of 5th European Conference on Grain Legumes and 2nd International Conference on Legume Genomics and Genetics. AEP (Eds.). Paris, Francia. Pp.: 71-76.

58. Subbarao, G. V.; Johansen, C.; Slinkard, A. E.; Nageswara Rao. R. C.; Saxena, N. P. y Y. S. Chauhan. 1995. Strategies for improving drought resistance in grain legumes. Critical Review of Plant Science 14: 469-523.

59. Summerfield, R. J. y E. H. Roberts. 1988. Photo-thermal regulation of flowering in pea, lentil, faba bean and chickpea. En: Summerfield, R. J. (Ed.). World crops: cool season food legumes. Kluwer Academic Publishers, Dordecht, Holanda. Pp.: 911-922

60. Tar'an, B.; Warkentin, T. D.; Tullu, A. y A. Vandenber. 2007. Genetic mapping of Ascochyta blight resistance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) using a simple sequence repeat linkage map. Genome 50: 26-34.

61. Viotti, G.; Carmona, M.; Scandiani, M.; Formento, A. y A. Luque. 2012. First report of *Ascochyta rabiei* causing Ascochyta blight of chickpea in Argentina. Plant Disease 96: 1375.

62. Warkentin, T.; Vandenberg, A.; Banniza. S.; Tar'an, A.; Abebe, T.; Monica, L.; Anbessa, Y.; Slinkard, A.; Malhotra, R. y J. Kumar. 2003. Breeding chickpea for improved Ascochyta blight resistance and early maturity in western Canada. Proceedings of International Chickpea Conference, Indira Gandhi Agricultural University, Raipur, India. Pp.: 1–4.

63. Winter, P.; Benko-Iseppon. A. M.; Hüttel, B.; Ratnaparkhe, M.; Tullu, A.; Sonnante, G.; Pfaff, T.; Tekeoglu, M.; Santra, D.; Sant, V. J.; Rajesh, P. N.; Kahl, G. y F. J. Muehlbauer. 2000. A linkage map of the chickpea (*Cicer arietinum* L.) genome based



on recombinant inbred lines from a *C. arietinum* x *C. reticulatum* cross: localization of resistance gene for fusarium wilt races 4 and 5. Theoretical and Applied Genetics 101: 1155-1163.

64. Yan, W. y M. S. Kang. 2002. GGE biplot analysis. A graphical tool for breeders, geneticists and agronomists. CRC Press. Pp.: 271.

65. Yan, W. y M. S. Kang .2003. GGE biplot analysis: A graphical tool for breeders, geneticists, and agronomists. CRC Press.

CAPÍTULO 7

LA MEJORA GENÉTICA DEL GARBANZO

SECCIÓN 3

PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.). LABOR INTERINSTITUCIONAL E INTERDICIPLINARIA. Periodo 1990-2015

Susana A. García Medina, Ana C. Fekete, María J. Allende y Julia J. Carreras

Introducción

La Estación Experimental de INTA Salta está ubicada en Cerrillos, Ruta 68, km 172, a 24°89' de Latitud Sur, 65°47' de Longitud Oeste y a 1240 msnm en la zona Central del Valle de Lerma. Está situada en la zona núcleo de Argentina dedicada a la producción de leguminosas de granos secos, tales como poroto (*Phaseolus vulgaris* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y lenteja (*Lens culinaris* L.) entre otros.

Presenta un régimen de precipitaciones caracterizado por dos estaciones, la lluviosa inicia a mediados de octubre, con máxima en enero y finaliza a mediados de abril, y la seca el resto del año. Las temperaturas máximas ocurren en diciembre y las mínimas en julio, y la mayor frecuencia de heladas entre junio y agosto. Las temperaturas medias durante el ciclo del garbanzo van desde los 10

a los 25°C. El clima seco y fresco, con alta heliofanía relativa y gran amplitud térmica favorece el desarrollo y sanidad del cultivo de garbanzo en su ciclo inverno-primaveral y la cosecha antes de las lluvias más frecuentes de diciembre. El garbanzo se realiza bajo un sistema de riego por gravedad con uso de mangas; se siembra entre el 20 de mayo y el 10 de junio y se cosecha entre el 15 y 30 de noviembre, con un ciclo que va desde los 160 a 180 días.

El equipo de Legumbres Secas de INTA Salta ha trabajado en mejoramiento genético junto a los docentes investigadores de la FCA-UNC y UNSa (1990-2000) en un Convenio de Investigación (10) con el objetivo de ampliar la oferta varietal para las zonas tradicionales del NOA y Córdoba. Bajo el marco de este Convenio, se produjo semilla comercial de Chañaritos S-156 y se liberó en forma conjunta el cultivar Norteño (2) apto para el mercado exportador por la calidad del grano y el tipo de calibre de 9 mm.

A partir de 2004, investigadores de INTA y docentes de la FCA - UNC continuaron acciones conjuntas en mejoramiento genético (11) con tres ejes temáticos principales: 1) ampliar la diversidad varietal del tipo Kabuli, 2) evaluar cruzamientos Kabuli x Desi y Desi x Kabuli, 3) selección individual en población tipo Mexicano.

En el 2013, se reinicia una labor conjunta entre miembros de las tres instituciones UNSa, UNC e INTA mediante un nuevo proyecto, "Rescate conservación y valoración de germoplasma para el NOA", el cual incluye amaranto (*Amaranthus caudatus* L.), stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), yacón (*Smallanthus sonchyfolius*) y garbanzo (*Cicer arietinum* L.), denominado INTA-AUDEAS CONADEV (7), cuyas metas son relevantes en el desarrollo del potencial genético en garbanzo y en las otras especies.

Ampliación de la diversidad varietal en tipo "Kabuli"

A partir del cruzamiento Kabuli x Kabuli realizado en el Programa de Mejora de la FCA-UNC, mencionado en las Secciones 1 y 2 de este Capítulo, se generó un número de líneas apreciables y de buena performance agronómica. En 2005 se extrajeron de la colección de



germoplasma de la FCA-UNC 18 líneas; estas fueron sembradas en un vivero de observación (con la probabilidad que no germinaran) en Cerrillos-Salta. La emergencia y desarrollo de las plantas en cada línea fue óptimo y se logró obtener volumen de semilla. Posteriormente en cosecha se seleccionaron 9 líneas superiores, las que participaron en un ensayo preliminar y tres ensayos comparativos de rendimiento (ECR) (2006, 2007, 2008, 2009). Los criterios considerados en la selección fueron arquitectura de planta, productividad, calidad comercial, sanidad respecto a *Fusarium sp*. y tolerancia al frío, en comparación con los testigos Chañaritos S-156 (2007) y Norteño (2008 -2009).

Al aplicar los criterios de selección 6 líneas pasaron al ECR en el año 2007 y luego en el 2008 a macroparcelas, ubicadas en dos localidades diferentes, con los mismos testigos. Para esta presentación, en las Tablas 7.3.1 y 7.3.2 se muestran los rendimientos (kg/ha) y gramaje referido al peso de 100 semillas en gramos (P100) de 2 líneas y los testigos.

Tabla 7.3.1: Valores de rendimiento (kg/ha) y de peso de 100 granos (P100), testigo Chañaritos S-156 (2007) y Norteño (2008-09). Campo Experimental Cerrillos-Salta, INTA, 24°89' LS, 65°47' LW, 1240 msnm.

Líneas	2007		2008		2009	
	kg/ha	P100	kg/ha	P100	kg/ha	P100
L 517-1	2467,3	53,53	1553,67	49,19	1599,33	42,98
L 67	2363,7	55,15	1595,67	46,10	1322,54	48,82
Testigo	2269,0	44,71	1649,00	46,42	1558,04	44,96

Tabla 7.3.2: Macroparcelas con valores de rendimiento (kg/ha) y de peso de 100 granos (P100), testigo Norteño (2008-09). Campo Experimental Cerrillos-Salta, INTA y Rosario de Lerma-Salta.

	Cerrillos		Rosario de Lerma	
	kg/ha	P100	kg/ha	P100
L517-1	2057,41	56,46	2974,54	61,77
L67	2204,17	46,43	1945,37	59,78
Norteño	2410,65	49,32	1976,39	53,94

A partir de la evaluación del período 2006-2009 se seleccionaron, tanto en Salta como en Córdoba, las líneas L517-1 y L67 denominadas Kiara UNC-INTA y Felipe UNC-INTA, cuyas descripciones se encuentran en el Capítulo 10 (3, 6, 9).

La producción de semilla de estos nuevos cultivares se realiza con el Semillero Rosarito de Salta (9), lo cual significa un importante aporte al sector productivo para cubrir la demanda de exportación a los países que requieren grano grande, claro, tipo Kabuli; como así también el aporte económico para contar con recursos propios en la labor de mejora de garbanzo.

Evaluación del cruzamiento Kabuli x Desi

El cruzamiento Kabuli x Desi (CA2990xWR315) (M-), integrado por 20 líneas endocriadas recombinantes (RILs), fue utilizado para seleccionar líneas potenciales progenitores con características específicas, y para el estudio de interacción genotipo ambiente (referido en Sección 2) (4, 5). A partir de las 20 líneas, se seleccionaron 8 (M1, M2, M18, M25, M30, M51, M60, M85) y posteriormente 4, las que se evaluaron en ensayos comparativos de rendimiento (Tabla 7.3.3) y en macroparcelas (Tabla 7.3.4), (Láminas 7.3.1 y 7.3.3) (4, 5). En ambos casos se determinó el peso de 100 semillas.

Tabla 7.3.3: Cruzamiento Kabuli x Desi: CA2990xWR315 (M-) para 4 líneas, valores promedios de rendimiento (kg/ha) y de peso de 100 granos (P100), testigo Chañaritos S-156 (2010-2011-2012). Campo Experimental Cerrillos-Salta, INTA, 24°89' LS, 65°47' LW, 1240 msnm.

	kg/ha	P100
M1	2047	38
M30	1830	33
M60	2425	26
M85	2290	35
Chañaritos S-156	2200	44

Tabla 7.3.4: Cruzamiento Kabuli x Desi: CA2990xWR315 (M-) para 4 líneas en macroparcelas con valores promedios de rendimiento (kg/ha) y de peso de 100 granos (P100), y tipo de hoja, testigo Chañaritos S-156 (2013). Campo Experimental Cerrillos-Salta, INTA, 24°89' LS, 65°47' LW, 1240 msnm.

	Rendimiento (kg/ha) 2013	P100 (g)	Tipo de hoja
M1	2151	38	Entera
M30	2512	33	Entera
M60	3029	27	Normal
M85	2077	38	Normal
Chañaritos S-156	1900	46	Normal

Evaluación del cruzamiento Desi x Kabuli

El cruzamiento Desi x Kabuli (JG62xILC72) (J-), conformado por 20 líneas endocriadas recombinantes (RILs), fue utilizado con el mismo fin que el cruzamiento anterior. Se seleccionaron líneas deseables para ser progenitores o futuros cultivares tipo Desi con buena altura de planta, despeje de la primera vaina y el carácter doble vaina. En Salta, a partir de 20 líneas fueron seleccionadas 7 (J4, J32, J60, J64, J75, J90, J95), y luego 4 (J4, J32, J75, J90). En las Tablas 7.3.5 y 7.3.6 se observan los aspectos de rendimiento y de tamaño de semilla en ensayos comparativos de rendimiento y en macroparcelas para las 4 líneas selectas (Láminas 7.3.2 y 7.3.3).

Estudios realizados en las 20 líneas y en los diferentes ambientes (Tabla 7.3.7) permitieron establecer la relación existente entre caracteres de producción y los referidos a hábito de crecimiento, ciclo y tipo de vaina, determinándose diferencias significativas (en negrita) para altura de planta, altura de 1° vaina, semillas por planta. Las líneas de mayor tamaño de semilla fueron de porte erecto y ciclo tardío, no se detectaron diferencias significativas para producción por planta (4, 5) (Lámina 7.3.4).

Tabla 7.3.5: Cruzamiento Desi x Kabuli: JG62xILC72 (J-) para 4 líneas, valores promedios de rendimiento (kg/ha) y de peso de 100 granos (P100), testigo Norteño (2008-2010). Campo Experimental Cerrillos-Salta, INTA, 24°89' LS, 65°47' LW, 1240 msnm.

	Rendimiento (kg/ha)	P100 (g)
J4	2827	22,6
J32	2627	31,1
J75	2766	26,6
J90	2054	24,6
Norteño	2400	50,1

Tabla 7.3.6: Cruzamiento Desi x Kabuli: JG62xILC72 (J-) para 4 líneas en macroparcelas con valores promedios de rendimiento (kg/ha) y de peso de 100 granos (P100), testigo Norteño (2011-2013). Campo Experimental Cerrillos-Salta, INTA, 24°89' LS, 65°47' LW, 1240 msnm.

	(kg/ha) 2011	P100 (g)	kg/ha 2013	P100
J4	2151	22,3	2620	21,0
J32	2512	21,9	2532	21,8
J75	3029	26,.4	3623	31,1
J90	2077	26,0	2795	27,9
Norteño	1900	52,0	2300	53,2

Tabla 7.3.7: Cruzamiento Desi x Kabuli: JG62xILC72 (J-). Valores promedios para seis caracteres de interés agronómico de la población de las 20 líneas en ocho ambientes de Córdoba, Salta, San Luis, evaluados según hábito de crecimiento, ciclo y tipo de vaina (4, 5).

	Habito de Crecimiento		Ciclo		Tipo de vaina	
Caracteres	Achaparrado	Erecto	Tardío	Precoz	Doble	Simple
Altura planta	48,55	56,25	55,06	48,81	49,97	53,28
Altura 1° vaina	23,63	28,65	28,42	23,33	24,84	26,40
Semillas/planta	85,49	74,50	73,56	87,32	85,47	76,61
Producción/pta.	15,30	14,29	14,94	14,85	14,81	14,97
Peso 100 semillas	19,00	20,52	21,77	17,88	18,63	20,68

Selección individual tipo Mexicano

El grano tipo Mexicano, color crema, rugoso, de mayor calibre, es de gran interés comercial por su precio superior al resto e incide fuertemente en los precios internacionales (1). Conforme a lo descripto en este Capítulo, Sección 2, se presentan los rendimientos y el peso de 100 granos en tres campañas agrícolas para 4 líneas (Tablas 7.3.8 y 7.3.9) que el Programa de Mejoramiento genético de UNC-INTA llevó a cabo en el año 2009 para la obtención de un cultivar con adaptación local.

Tabla 7.3.8: Líneas tipo Mexicano, valores promedios de rendimiento (kg/ha) y de peso de 100 granos (P100), testigos Población Original, Kiara UNC-INTA (2011-2012-2013). Campo Experimental Cerrillos-Salta, INTA, 24°89′ LS, 65°47′ LW, 1240 msnm.

	Rendimiento (kg/ha)	P100 (g)
Mex.38	3038	61,6
Mex.58	3191	61,6
Mex.60	3005	61,4
Mex.97	2793	61,9
Población	3247	56,4
Kiara UNC-INTA	3205	57,0

Tabla 7.3.9: Líneas tipo Mexicano en macroparcelas para 4 líneas, valores promedios de rendimiento (kg/ha) y de peso de 100 granos (P100), testigo Población Original (2014). Campo Experimental Cerrillos-Salta, INTA, 24°89′ LS, 65°47′ LW, 1240 msnm.

	Rendimiento (kg/ha)	P100 (g)
Mex.38	2725	54,0
Mex.58	2924	56,1
Mex.60	2825	52,9
Mex.97	2682	54,0
Población	2619	48,6

Se destaca el futuro de las líneas Mexicano para Argentina ya que no hay cultivares inscriptos en INASE (Instituto Nacional de Semillas) obtenidos por selección individual a partir de esta variedad local. Si bien no se conoce el comportamiento frente a *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labrousse, son genotipos con respuesta positiva en rendimiento y tamaño de semilla para ser progenitores de futuras hibridaciones (8).

Conservación de colección de germoplasma de garbanzo

Dentro del Programa de Mejora Genética de Garbanzo, el Proyecto "Rescate, valoración, selección y mejora genética de especies de interés actual y potencial en el NOA, Módulo Garbanzo" (INTA-AUDEAS-CONADEV) (7) permitirá cuatro acciones: 1) caracterizar la colección de garbanzo mediante descriptores morfológicos, fisiológicos, sanitarios, de uso y marcadores moleculares; 2) crear un sistema digital para cada entrada de la colección, la cual será utilizada en el Banco de Semillas de la FCA-UNC; 3) duplicar la colección y depositarla en el Banco de Germoplasma de INTA; 4) seleccionar genotipos resistentes a rabia (*Ascochyta rabiei*) en las 150 entradas correspondientes a los ensayos de ICARDA (descriptos en la Sección 2 de este Capítulo).

Bibliografía

1. Allende, M.; Cavallero, J.; Castro, R.; García, S.; Fissore, N. y J. Carreras. 2011. Criterios de selección para nuevos cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) tipo Mexicano. XXXIV Congreso de Horticultura. Buenos Aires, Argentina. Pp.: 20.
2. Carreras, J.; García, S.; Gray, L.; Collavino, N.; Fraile, V.; Pastrana, C. y E. Biderbost. 1997. Norteño cultivar de garbanzo para exportación (*Cicer arietinum* L). XX Congreso Argentino de Horticultura. Bahía Blanca, Argentina. Pp.: 126.

3. Carreras, J. 2010. Nuevos cultivares de garbanzo Kiara UNC-INTA y Felipe UNC-INTA. III Jornada Nacional de Garbanzo. Salta, Argentina.

4. Carreras, J.; Rubio, J.; Flores, F.; Millán, T. y J. Gil. 2013. Short communication. Genotype × environment interaction analysis in two chickpea RIL populations. Spanish Journal of Agricultural Research 11 (3): 808-813.

5. Carreras, J. 2013. Establecimiento de bases genéticas para la mejora del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Argentina. Tesis de Doctorado UCO-España. 154 p. http: //hdl.handle.net/10396 /11544.

6. Carreras, J.; Allende, M.; Saluzzo, A.; Avalos, S.; Mazzuferi, V.; Ateca, N.; García Medina, S. y C. Panadero Pastrana. 2014. Chickpea crop in Argentina: An opportunity to diversify the national production. Legume Society. Legume perspectives. The timeless chickpea. Big hearts pulse within pods. The Journal of the International Legume Society 3: 36-38.

7. Collavino, G. 2013. Proyecto rescate valoración selección y mejora genética de especies de interés actual y potencial para el NOA, 2013-2016. CIAC-94013.

8. García, S.; Fekete, A.; Carreras, J.; Allende, M. y C. López Morillo. 2014. Selección de líneas precomerciales de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) tipo Mejicano. XXXVI Congreso de Horticultura. Mendoza, Argentina. Pp.: 40.

9. INTA, FCA-UNC y Semillero Rosarito. 2015. Convenio específico de transferencia de tecnología entre: INTA, Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba, Semillero Rosarito.

10. INTA, UNSa y UNC. 1992. Convenio específico de producción de semilla de Chañaritos S-156, y obtención de nuevos cultivares.

11. UNC y INTA. 2009. Convenio específico de cooperación científica entre la Universidad Nacional de Córdoba y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

CAPÍTULO 7

LA MEJORA GENÉTICA DEL GARBANZO

SECCIÓN 4

UTILIZACIÓN DE MARCADORES MOLECULARES EN UN PROGRAMA DE MEJORA GENÉTICA DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.)

Mariana I. Pocovi y Norma G. Collavino

En la Argentina se dispone actualmente de un número muy restringido de cultivares comerciales de garbanzo. La mayor parte del área cultivada está sembrada con dos variedades ("Norteño" y "Chañaritos S-156") muy difundidas en una amplia región que se extiende entre los 20° a los 33° LS. En la III Jornada Nacional de Garbanzo (3) la FCA-UNC y el INTA presentaron dos nuevos cultivares del tipo Kabuli: "Kiara" y "Felipe" (UNC-INTA), emparentados entre sí y también relacionados con el tradicional cultivar "Norteño". Esta limitada diversidad genética puede considerarse crítica por su alto grado de exposición y vulnerabilidad frente a factores exógenos bióticos y abióticos que inciden sobre la producción. Por otro lado, y teniendo en cuenta el importante incremento de la superficie sembrada y la existencia potencial en otras provincias de una amplia área de interés para la expansión del cultivo de esta legumbre, se justifica ampliamente el esfuerzo de

invertir en la obtención y desarrollo de nuevos cultivares con mayor diversidad genética y mejor adaptados a las diferentes regiones.

Resulta imprescindible y de gran importancia estratégica investigar y evaluar la diversidad genética disponible, ya que constituye la base y sustento del programa de mejora genética dirigido a atender las demandas actuales y potenciales de los productores en el mediano y largo plazo. También constituyen el reservorio para hacer frente a los cambios ambientales a los fines de asegurar la sostenibilidad de la producción.

Argentina dispone actualmente de una importante colección de materiales genéticos de distintos tipos de garbanzo en buen estado de conservación y procedentes de diferentes orígenes. Estos materiales, tanto Kabuli como Desi, como así otros que seguramente se incorporarán al Banco de Germoplasma de la especie en el INTA y en el Banco de Semillas de la FCA-UNC, deben ser caracterizados e investigados tanto en su variabilidad genética como en su potencial como progenitores, con la finalidad de incorporarlos progresivamente al Programa de Mejora de Garbanzo (Lámina 7.4.1).

Existen distintas metodologías para investigar la variabilidad genética en plantas. Los métodos tradicionales, que combinan características agronómicas y morfológicas, resultan frecuentemente insuficientes ya que muchos rasgos fenotípicos son fuertemente influenciados por el ambiente, otros se expresan tardíamente, y/o presentan variación continua. Lo que afecta la precisión de las estimaciones, alto grado de plasticidad esto reflejan una escasa porción del genoma y detentan escaso nivel de polimorfismo.

El uso de marcadores moleculares permite trabajar directamente con datos genotípicos. Una buena interpretación de los datos moleculares, sumado a un análisis conjunto con los datos fenotípicos, facilita la toma de decisiones que hacen más eficiente el proceso de mejora en distintos cultivos.

Un avance significativo en la práctica de la utilización de marcadores moleculares, fue el desarrollo de marcadores microsatélites. Estos, también denominados SSR (Simple Sequence Repeat), son secuencias simples repetidas de 1 a 6 pares de bases generalmente presentes en regiones no codificantes del genoma. Se



han informado distintas ventajas de estos marcadores genéticos, tales como su carácter codominante, su modo de herencia mendeliano, su abundancia y amplia distribución en el genoma, su alta reproducibilidad y su transferibilidad, incluso entre organismos de distintos géneros (pertenecientes a una misma familia taxonómica), popularizándose su uso en diferentes programas de mejora genética vegetal. Por otro lado, se destacan por su alta tasa de mutación, estimada entre 10-2 y 10-4 por generación, lo cual genera altos niveles de polimorfismo y los hace marcadores extremadamente informativos y útiles para distintos propósitos:

- Análisis de la diversidad genética
- Caracterización y diferenciación del germoplasma
- Paternidad
- Análisis filogenético
- Investigación de la estructura genética poblacional
- Mapeo de genes de interés
- Identificación y seguimiento de segmentos introgresados
- Estudios de genética de la conservación
- Pureza genética de los cultivares

En el caso particular del garbanzo, Sharma et al. (7) informaron que los microsatélites son abundantes en el genoma, detectando un alto nivel de polimorfismo. En 1999 se publicó el primer mapa genético basado en SSR con un total de 174 secuencias de "primers" flanqueantes de SSRs (13). Específicamente Weising et al. (12) demostraron que las secuencias repetidas (GACT)4, (GATA)4, (GTG)5, (CA)8 y (GGAT)4 son abundantes y polimórficas en esta especie.

Los marcadores SSR han sido ampliamente utilizados en estudios de relaciones genéticas entre especies de garbanzo. Atalay y Babaoğlu (2) construyeron dendrogramas sobre la base de datos de similitud genética entre materiales y determinaron niveles de polimorfismo, heterocigosis y valores PIC (Polymorphic Information

Content) como medidas de variabilidad genética. Upadhyaya y colaboradores (10) mencionan que a pesar de la gran variabilidad morfológica que existe en garbanzo, la variabilidad genética es reducida, probablemente como consecuencia del origen monofilético a partir del progenitor silvestre *Cicer reticulatum*, remarcando la importancia de la utilización de estos marcadores en la investigación de la variabilidad genética en esta especie.

Nisar et al. (5) realizaron un estudio de diversidad genética en materiales locales y exóticos de garbanzo, correlacionando los niveles de diversidad con las relaciones geográficas de dichas accesiones.

Aggarwal et al. (1) evaluaron la diversidad en materiales de garbanzo originarios de la India caracterizados por su susceptibilidad y resistencia a *Fusarium* y *Ascochyta*, detectando mayor variabilidad a nivel molecular que la descripta a nivel morfo-agronómico en estos mismos materiales. Estos autores sugieren que las relaciones genéticas entre ellos podrían servir de base para el diseño de estrategias de mejora con el fin de lograr nuevas combinaciones genéticas como base para la selección.

Utilizando los marcadores SSR, Upadhyaya et al. (11) analizaron la estructura genética y diversidad en garbanzo, detectando una riqueza significativa de alelos en la colección. Establecieron un conjunto de 300 accesiones para diversos usos en genómica y en programas de mejora en esta especie.

Ratnaparkhe et al. (6) utilizaron marcadores ISSR (regiones intergenómicas entre microsatélites consecutivos) en un estudio de asociación con resistencia a *Fusarium*. Detectaron un marcador mapeado en el grupo de ligamiento VI fuertemente ligado a un gen de resistencia a *Fusarium*, sugiriendo el uso de dicho marcador para implementar una "Selección Asistida por Marcadores" (MAS). El uso de estos marcadores asociados a genes de resistencia permitirá trabajar en selección en ausencia del patógeno.

Distintas investigaciones se realizaron en garbanzo utilizando SSR para la detección de QTLs (sección de ADN para caracteres cuantitativos) de interés agronómico como resistencias a patógenos. Tar'an et al. (9), evaluaron 332 SSR y detectaron 8 grupos de ligamiento, coincidiendo con el número de cromosomas (2n=16), de

los cuales reportaron tres SSR (TA64, TS54, y TA176) fuertemente asociados con la resistencia a *Ascochyta*. Dado que el "screening" para resistencia mediante los métodos convencionales no sólo consume tiempo sino que además está afectado por las condiciones ambientales, estos autores sugieren la aplicación de estos marcadores en la detección de genotipos resistentes, acelerando y optimizando el proceso de selección. Taleei et al. (8) detectaron marcadores que podrían ser utilizados con MAS para la selección de genotipos de garbanzo resistentes a *Ascochyta*. Estos resultados son de gran interés para Argentina teniendo en cuenta la presencia de esta enfermedad y la susceptibilidad de los materiales difundidos comercialmente.

Teniendo en cuenta que la tecnología se encuentra disponible, estos ejemplos sirven para ilustrar sobre la utilización de los marcadores SSR como una valiosa herramienta a disposición de los mejoradores en la práctica de la selección y en la planificación de estrategias de mejora con distintos objetivos. Si bien los costos de desarrollar nuevos marcadores son elevados, un número importante de SSR ya han sido desarrollados y las secuencias flanqueantes son de acceso gratuito y están disponibles para su uso en esta especie (4).

Un grupo interdisciplinario de investigadores, integrado por profesionales de la Facultad de Ciencias Naturales (UNSa), Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC) y de la EEA Salta (INTA), desarrolla diversos estudios con la finalidad de conocer la variabilidad genética y la pureza de los cultivares de garbanzo (Proyecto INTA AUDEAS CONADEV 2013-2016 CIAC 94013). Se cuenta con más de 300 accesiones en la colección que mantiene la FCA-UNC desarrollándose diversas investigaciones para analizar la variabilidad morfológica en condiciones de campo (INTA-EEA Salta) y la caracterización molecular de la diversidad utilizando marcadores SSR, en el Laboratorio de Marcadores Moleculares de la UNSalta.

Bibliografía

1. Aggarwal, H.; Rao, A.; Kumar, A.; Singh, J.; Rana, J. S.; Naik, P. K. y V. Chhokar. 2015. Assessment of genetic diversity among 125 cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.) of Indian origin using ISSR markers. Turkish Journal of Botany 39: 218-226.

2. Atalay, E. y M. Babaoğlu. 2012. Determination of genetic relationship in turkish chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes using SSR molecular markers and capillary electrophoresis. The Journal of Animal and Plant Sciences 22 (2): 369-375.

3. Carreras, J. 2010. Nuevos cultivares de garbanzo: Kiara UNC-INTA y Felipe UNC-INTA. III Jornada Nacional de Garbanzo. Salta, Argentina.

4. Lichtenzveig, J.; Scheuring, C.; Dodge, J.; Abbo, S. y H. B. Zhang. 2005. Construction of BAC and BIBAC libraries and their applications for generation of SSR markers for genome analysis of chickpea, *Cicer arietinum* L. Theoretical and Applied Genetics 110: 492-510.

5. Nisar, M.; Ghafoor, A.; Khan, M. R.; Ahmad, H.; Qureshi, A. S. y H. Ali. 2007. Genetic diversity and geographic relationship among local and exotic chickpea germplasm. Pakistan Journal of Botany 39: 1575-1581.

6. Ratnaparkhe, M. B.; Santra, D. K.; Tullu, A. y F. J. Muehlbauer. 1998. Inheritance of inter-simple-sequence-repeat polymorphism and linkage with a Fusarium wilt resistance gene in chickpea. Theoretical and Applied Genetics 96: 348-353.

7. Sharma, P. C.; Winter, P.; Bunger, T.; Huttel, B.; Weigand, F.; Weising, K. y G. Kahl. 1995. Abundance and polymorphism of di-, tri-, and tetra-nucleotide tandem repeats in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Theoretical and Applied Genetics 90: 90-96.

8. Taleei, A.; Kanouni, H. y M. Baum. 2010. Genetical studies of Ascochyta blight resistance in chickpea. International Journal of Bio-Science and Bio-Technology 2 (3): 19-28.

9. Tar'an B.; Warkentin, T. D.; Tullu, A. y A. Vandenberg. 2007. Genetic mapping of ascochyta blight resistance in chickpea (*Cicer*

arietinum L.) using a simple sequence repeat linkage map B. Genome 50: 26-34.

10. Upadhyaya, H. D.; Thudia, M.; Dronavallia, N.; Gujariaa, N.; Singha, S.; Sharmaa, S. y R. K. Varshneya. 2011. Genomic tools and germplasm diversity for chickpea improvement. Plant Genetic Resources 9 (1): 45-58.
11. Upadhyaya, H. D.; Dwivedi, S. L.; Baum, M.; Varshney, R. K.; Udupa, S. M.; Gowda, C. L. L.; Hoisington, D. y S. Sing. 2008. Genetic structure, diversity and allelic richness in composite collection and references set in chickpea (*Cicer arietinum* L.). BMC Plant Biology 106 (8): 1-12.
12. Weising, K.; Kaemmer, D.; Weigand F.; Epplen, J. T. y G. Kahl. 1992. Oligonucleotide fingerprinting reveals various probe-dependent levels of informativeness in chickpea (*Cicer arietinum*). Genome 35: 436-442.
13. Winter, P.; Pfaff, T.; Udupa, S. M.; Hûttel, B.; Sharma, P. C.; Sahi, S.; Arreguin-Espinoza, R.; Weigand, F.; Muehlbauer, F. J. y G. Kahl. 1999. Characterization and mapping of sequence tagged microsatellite sites in the chickpea (*Cicer arietinum* L.) genome. Molecular Genetics and Genomics 262: 90-101.

CAPÍTULO 8

INSECTOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE GARBANZO

Delia S. Avalos, Patricia del C. Fichetti, María L. Moscardó y Vilma E. Mazzuferi

Introducción

En este Capítulo, se hace referencia a la entomofauna asociada a garbanzo. A pesar del tiempo transcurrido desde su introducción en la Argentina, escasos antecedentes dan cuenta de los organismos animales asociados al cultivo. Por este motivo, se comenzó con la tarea de determinar los órdenes de insectos más importantes presentes en distintas localidades de la Provincia de Córdoba. También se identificaron las especies más relevantes, se evaluó la incidencia de aquellos insectos que dañan estructuras reproductivas convirtiéndose en potenciales plagas, entre otros aspectos.

La importancia de la identificación de los diferentes organismos que afectan al cultivo se halla en estrecha relación con su adecuado manejo. A medida que la superficie de garbanzo se expande en el territorio nacional, es posible que diferentes especies de insectos asociados a esta fabácea se desarrollen y alimenten de otros cultivos que ocurren simultáneamente o que le suceden en el tiempo.

Aquí se presentan los resultados de investigaciones realizadas a lo largo de diez años de trabajo. También se mencionan las plagas más importantes citadas en el mundo, y resultados de estudios efectuados por otros investigadores en Argentina.

A continuación, se exponen los principales grupos de insectos de importancia agrícola organizados por Orden.

Orden Lepidoptera

Los insectos de este Orden presentan metamorfosis completa y se reproducen sexualmente por medio de huevos. Los adultos se conocen como polillas, mariposas, palomitas. Sus larvas, denominadas vulgarmente orugas, isocas, lagartas, etc., son las que producen daños al alimentarse de diferentes órganos vegetales.

El Orden cuenta con cinco Subórdenes. El mejor representado, en el ámbito agrícola, es Ditrysia al que pertenecen las familias Noctuidae, Arctiidae, Tortricidae, Pterophoridae y Phycitidae, cuyas especies se registran como las que ocasionan los mayores impactos económicos en garbanzo (40, 43).

En Noctuidae se señala a los Heliothinae, destacándose a nivel mundial numerosas especies de *Helicoverpa* y *Heliothis*. Tanto por la densidad poblacional, daños realizados e inversión económica que se destina a su seguimiento y control, especial interés han alcanzado *Helicoverpa armigera* (Hübner) en Africa, Europa, Asia y Australia, y *Heliothis virescens* (Fabricius) y *Helicoverpa zea* (Boddie) en América (40, 43). Las orugas de estas especies se comportan como defoliadoras consumiendo además flores y frutos (26) y se caracterizan por tener gran movilidad, alta fecundidad y marcada polifagia (30).

Otros representantes de Noctuidae han sido observados cortando plántulas o bien alimentándose de hojas, botones florales, flores, frutos (un listado detallado de las especies se encuentran en 40 y 43).

En Argentina, a partir de los estudios realizados en la Provincia de Córdoba, se ha registrado la presencia de las siguientes especies:

Familia Noctuidae

La especie de mayor abundancia en la zona noreste (NE) y centro de la provincia de Córdoba es *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar) "oruga bolillera" (Láminas 8.1, 8.2 y 8.3), mientras que en el

noroeste (NO) se destaca *Heliothis virescens* (Fabricius), "oruga del capullo del algodón" (Láminas 8.4, 8.5 y 8.6). Ello puede explicarse por la sucesión de cultivos preferidos por estos insectos: en el NE, al garbanzo le suceden los cultivos de soja y alfalfa, y en el NO el algodón, entre otros.

Ambas especies muestran al menos dos generaciones durante el ciclo del cultivo, siendo la segunda la más importante por su mayor densidad y por coincidir con la etapa de fructificación. En las Figuras 8.1 y 8.2 se observa la fluctuación de densidad larval de *H. gelotopoeon* y *H. virescens* en las regiones de predominio de cada una.

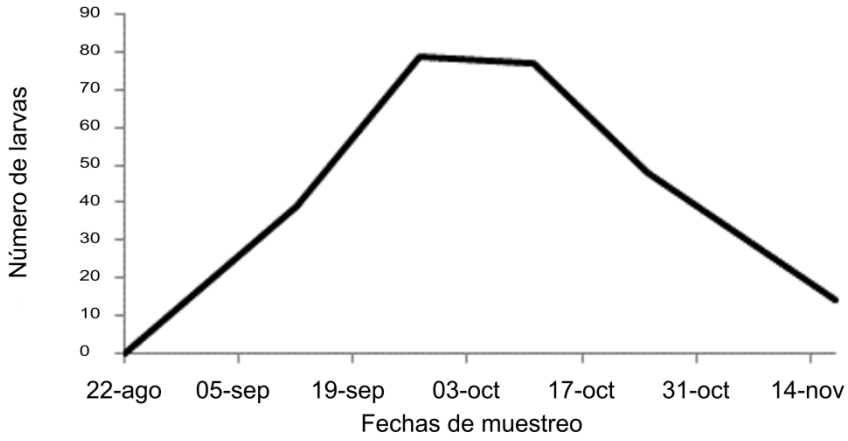


Figura 8.1. Fluctuación de densidad larval de Helicoverpa gelotopoeon en Chalacea (Dpto. Río Primero), Córdoba (Campaña 2012).

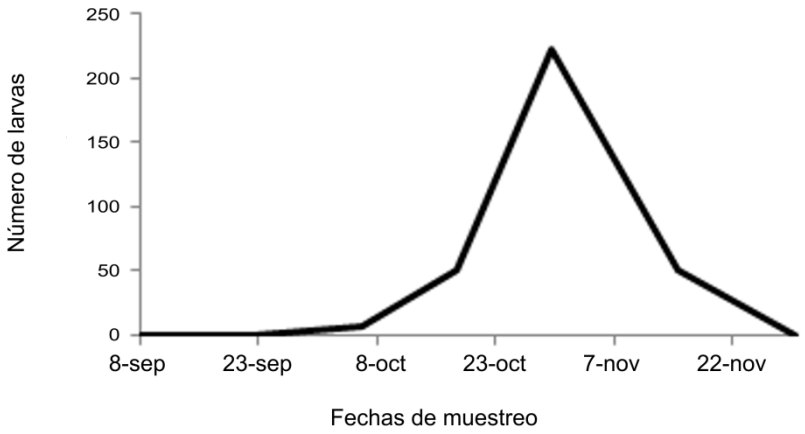


Figura 8.2. Fluctuación de densidad larval de Heliothis virescens en San Marcos Sierras (Dpto. Cruz del Eje), Córdoba (Campaña 2006).

Mientras que *Heliothis virescens* es una especie de amplia distribución en América y reconocida como plaga de garbanzo, *Helicoverpa gelotopoeon* presenta limitada distribución geográfica (Argentina, Chile, Uruguay, Brasil y Paraguay) (6, 16) y sólo es señalada en Argentina, alimentándose de este cultivo (36).

Las larvas de *H. gelotopoeon* y *H. virescens* muestran el mismo patrón de comportamiento al alimentarse. Cuando lo hacen de hojas, dañan primero la cutícula y el parénquima de un lado, luego continúan comiendo la lámina respetando las nervaduras, por último consumen la hoja completa. Cuando afectan el fruto, comienzan mordiendo la parte verde y externa de la chaucha (Lámina 8.5). A medida que las larvas aumentan de tamaño se introducen en su interior y comen las semillas (Lámina 8.2). Este comportamiento complica su manejo, ya que al encontrarse protegidas por la vaina resulta difícil alcanzarlas con algún producto químico. Con frecuencia se las ha observado empupando dentro de la vaina, aunque generalmente lo hacen en el suelo.

En México, *Helicoverpa zea* "la oruga de la espiga del maíz" de distribución americana, es señalada afectando fuertemente a

garbanzo (40). Estudios realizados en Argentina permitieron citarla por primera vez sobre este cultivo (12).

Helicoverpa armigera se encuentra ampliamente distribuida en el Viejo Mundo. Se la ha detectado recientemente en América, primero sobre soja en Brasil y Paraguay, y recién en 2013 en Argentina (Tucumán), alimentándose de garbanzo desde agosto y de soja durante el verano (13). En Córdoba, los primeros ejemplares adultos fueron detectados en la campaña 2013/14 (localidad de Manfredi), a partir de trampas de feromonas, y en 2014 se observaron larvas alimentándose del cultivo en las localidades de Manfredi y Chalacea.

Otras especies de presencia esporádica registradas por primera vez sobre garbanzo en la región pampeana son *Pseudaletia unipuncta* (Haworth) "oruga militar verdadera", cortando plantas y defoliando, y *Rachiplusia nu* (Gueneé) "oruga medidora", actuando como defoliadora (12). También se detectó a *Spodoptera frugiperda* (Smith), especie que ya ha sido registrada en Argentina sobre garbanzo (23).

En Salta, se colectaron larvas del género *Copitarsia* alimentándose de hojas.

Enemigos naturales de Lepidópteros

En estudios realizados en la región, se han encontrado las avispitas parasitoides (Hymenoptera: Ichneumonidae) *Campoletis griotti* (Blanchard) e *Hyposoter sp*. de distribución cosmopolita, afectando orugas de *Heliothis virescens*. Ambas especies se comportan como parasitoides internos y solitarios de larvas. También se obtuvieron ejemplares de *Conura sp*. (Chalcididae), probablemente actuando como hiperparasitoides (5). Para *Helicoverpa gelotopoeon* se han determinado, hasta el momento, tres especies parasíticas: *Blepharipa sp.*, *Archytas sp*. (Diptera: Tachinidae) y *Campoletis griotti* (Hymenoptera: Ichneumonidae) (datos no publicados).

Aspectos del manejo de orugas defoliadoras

Hasta el momento, sólo se conocen los Niveles de Daño Económico (NDE) sugeridos para *Helicoverpa armigera* sobre garbanzo en la India. Se recomienda su control en etapa de post floración cuando la densidad poblacional alcanza entre 2-4 larvas por metro lineal (24, 43).

En Córdoba (Argentina) se ha comenzado a estudiar la incidencia de daño de *Helicoverpa gelotopoeon* sobre este cultivo, a los fines de determinar el umbral bajo el cual resulta adecuado efectuar medidas de manejo. En ensayos preliminares, se determinó que una densidad de 5 larvas por metro de surco produjo una disminución del rendimiento del 22% y afectó el 6,5% de vainas, mientras que con 10 larvas por metro el rendimiento disminuyó en un 38% y el porcentaje de vainas dañadas alcanzó al 13,7% (32).

En la Provincia de Tucumán se han realizado ensayos para probar la eficacia de diferentes insecticidas químicos sobre *H. gelotopoeon.* Se observó que los productos flubendiamide y clorantraniliprole de la familia diamida antranílicos, presentaron mayor persistencia en el control de larvas en situaciones de alta incidencia de la plaga (42).

Orden Hemiptera

Los pulgones (Hemiptera: Aphididae) (Lámina 8.7) son insectos pequeños y frágiles con aparato bucal picador-suctor, con el cual no sólo inyectan saliva y succionan savia de hojas tiernas, pedúnculos de flores y frutos, sino que también transmiten enfermedades. Su gran capacidad de multiplicación les permite alcanzar altas densidades poblacionales (3), lo que sumado a condiciones ambientales favorables, hace que sean citados entre las plagas más importantes de las regiones templadas (9).

En el mundo, los áfidos registrados sobre garbanzo corresponden a las especies *Aphis craccivora* Koch, "pulgón negro"; *Acyrthosiphon pisum* (Harris), "pulgón verde de la alfalfa" (43) y



Myzus persicae Sulzer (18), "pulgón verde del duraznero". En la India (19) y en África (40) *Aphis craccivora* es mencionado, además, como vector de diferentes tipos de virus, razón por la que se han desarrollado plantas de garbanzo resistentes (7).

En Córdoba (Argentina) se han relevado 13 especies de pulgones asociados a garbanzo (28) de los cuales solo cuatro (*Acyrthosiphon pisum*, *A. kondoi* (Shinji), *Aphis craccivora* y *Terioaphis trifolli* Monell son capaces de colonizar el cultivo ya que se encontraron hembras ápteras y ninfas. Estas especies también se registran en otras fabáceas, particularmente en alfalfa (1, 8, 10), cultivo en el que además de producir toxemias al inyectar saliva, transmiten diferentes virus. De las restantes especies sólo se colectaron individuos alados, los que probablemente se hallaban realizando vuelos de reconocimiento y picaduras de prueba al momento de la colecta (28).

Hasta el presente, y si bien en otros cultivos como la alfalfa los pulgones son una de las plagas principales, en Córdoba estos insectos no alcanzan densidades poblacionales elevadas sobre garbanzo (28). Ello puede deberse a que en la región pampeana central el cultivo se desarrolla en invierno, aunque está demostrado que *Acyrthosiphon kondoi* es capaz de producir ninfas a partir de los 3ºC, mientras que *Acyrthosiphon pisum* presenta un desarrollo lento con 12ºC y por debajo de los 5ºC no se reproduce.

En observaciones realizadas durante varias campañas agrícolas, la fluctuación poblacional de áfidos abarcó el período julio-octubre, presentando la mayor abundancia durante la etapa de floración del cultivo a fines del mes de agosto (Figura 8.3). La preferencia de los pulgones por esta etapa podría deberse a la acumulación de nitrógeno que comienza con la floración-fructificación, para luego decaer (20).

Diversos factores pueden incidir sobre la abundancia de los insectos en los cultivos, tales como la presencia de enemigos naturales, condiciones ambientales, características morfológicas y químicas de las plantas, entre otros.

Las poblaciones de pulgones son afectadas por diversos entomopatógenos, predadores y parasitoides (46). Entre los últimos

se citan a los integrantes de la subfamilia Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae). El estudio de este grupo reviste gran interés para ser utilizados como agentes de control biológico (Lámina 8.8). En el mundo, las principales especies que parasitan áfidos pertenecen a los géneros *Aphidius y Diaeretiella* (29, 22). En la India, particularmente en garbanzo, se cita a *Trixys indicus* (Subbarao & Sharma) y *Lipolexix scutellaris* Mackaur (Hymenoptera: Aphidiinae) como importantes parasitoides de *Aphis craccivora* (44).

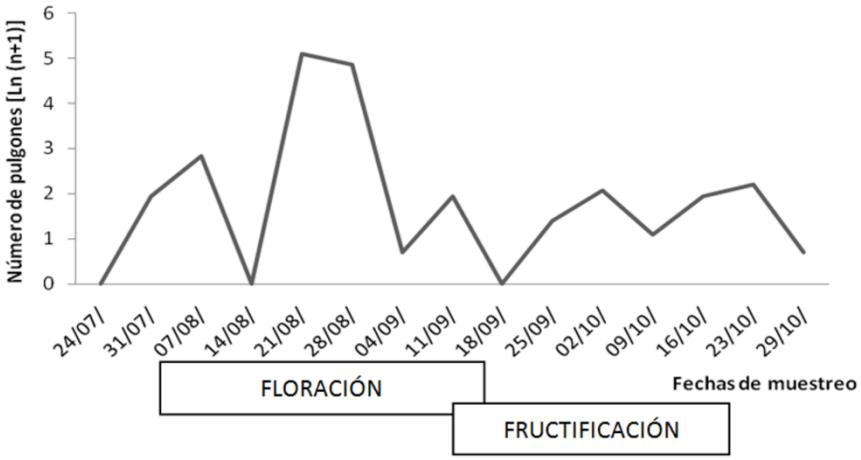


Figura 8.3. Fluctuación poblacional de pulgones asociados a garbanzo, en Capilla de los Remedios (Córdoba).

En Córdoba, *Aphidius colemani* Viereck, *Aphidius ervi* Haliday y *Diaeretiella rapae (Hymenoptera: Braconidae)* parasitan a los pulgones presentes en garbanzo alcanzando un porcentaje de parasitismo cercano al 35%. Estas especies, generalmente están presentes durante todo el período en que se encuentran los áfidos (28).

En relación a características morfológicas, algunos autores señalan que las variedades de garbanzo que poseen abundantes pelos no son colonizadas por los pulgones, alimentándose más bien en partes de la planta donde éstos no se encuentran o son escasos

(11). Sin embargo, algunos genotipos con alta pilosidad son también infestados por estos insectos (31). La resistencia no solo depende de la abundancia de los tricomas sino también de ciertas características estructurales tales como su longitud, forma, verticalidad (34). También puede influir el tipo, por ejemplo Kennedy (21) señala que plantas de *Lycopersicon spp.* con tricomas glandulares tipo IV presentan una alta resistencia a áfidos.

El pH foliar es otro factor que puede influir sobre la presencia y abundancia de pulgones. Se menciona que genotipos con valores de 1,3 no son preferidos por estos insectos (40), mientras que a valores superiores, los resultados son diversos (31).

Con referencia a las condiciones ambientales en las que se desarrolla el cultivo, está demostrado que, dentro de ciertos límites, los pulgones prefieren aquellas plantas que están bajo estrés hídrico (31). Bajo estas condiciones aumenta el contenido de aminas y amidas en la savia del floema (por desintegración y movilización de las proteínas de las hojas) y aumentan los niveles de sacarosa (por hidrólisis del almidón). La ruptura de estas macromoléculas favorece la alimentación de los áfidos (47). Si bien el garbanzo es un cultivo con bajos requerimientos hídricos, deberá tenerse en cuenta que un adecuado mantenimiento de la humedad en el suelo, brinda una cierta resistencia inducida a las plantas frente a las infestaciones de estos insectos (31).

Orden Diptera

En la región Mediterránea (países de Asia y África) y este de Europa, entre las principales especies de dípteros que afectan al garbanzo se señalan a los minadores de hojas (Agromyzidae) (Lámina 8.9). Se destacan por su importancia *Liriomyza cicerina* (Rondani) y *Phytomyza lathyri* Hendel (48, 49). La primera también ha sido reportada en el norte de la India (33) y es una plaga oligófaga que se alimenta de fabáceas. Las infestaciones en garbanzo son, con frecuencia, severas y pueden afectar la vitalidad del cultivo y reducir la cantidad y calidad de la producción (37). En estas regiones

se ha observado que algunos genotipos que presentan hojas más pequeñas serían evitados por estos dípteros, mientras que los de hojas enteras y grandes tienden a ser más susceptibles.

En nuestro país, a partir de los estudios realizados en la provincia de Córdoba, se ha detectado la presencia de *Liriomyza sativa* Blanchard y *L. huidobrensis* (Blanchard) sobre las variedades comerciales de garbanzo Chañaritos S-156 y Norteño, que presentan hojas compuestas de foliolos pequeños. Sin embargo, se observó que cuando estos insectos tuvieron la oportunidad de elegir entre cultivares (con hojas multifoliadas y pequeñas) y líneas recombinantes (con hojas unifoliadas y grandes), se reveló la preferencia por las últimas.

Cabe destacar que si bien estas especies de agromícidos presentan una amplia gama de plantas hospedadoras, su asociación con plantas de garbanzo no había sido citada para la Argentina.

Las moscas minadoras efectúan perforaciones con su ovipositor para colocar los huevos (35). Las larvas se alimentan del parénquima foliar, excavando túneles conocidos como "minas" entre las epidermis superior e inferior de las hojas (45). Las punciones realizadas por las hembras y, particularmente, las galerías excavadas por las larvas, provocan una disminución de la capacidad fotosintética de la planta lo que se traduce en una reducción de su vigor y rendimiento (50).

Características propias del ciclo biológico de estos insectos (larvas protegidas en el interior del tejido de la hoja, pupas en el suelo y reducido tamaño de los adultos) les confiere capacidad para escapar a la acción de los compuestos tóxicos. Particularmente en las especies del género *Liriomyza* se ha observado resistencia a diferentes productos tales como piretroides, metamidofos, avermectinas, etc. (17). Estas razones llevaron a plantear la necesidad de encontrar compuestos más efectivos y seguros. En las últimas décadas se ha desarrollado mayor interés por las sustancias de origen natural (insecticidas botánicos) para el manejo de plagas. Entre los compuestos que presentan acción biológica contra insectos se encuentran los terpenoides (25).



En Córdoba (Argentina), se efectuaron pruebas con insecticidas botánicos en condiciones de campo para probar su acción sobre las poblaciones de agromícidos encontradas sobre garbanzo. Pudo comprobarse que el extracto de paraíso (*Melia azedarach* L.) produjo un efecto disuasivo de la oviposición al ser aplicado sobre las hojas minadas de algunas líneas recombinantes (4). Resulta necesario profundizar en este campo de investigación para determinar la posibilidad de incorporar el uso de los compuestos botánicos en el marco del manejo de estos dípteros.

Entre los enemigos naturales asociados a agromícidos en garbanzo se obtuvieron ejemplares de *Halticoptera sp.*; *Chysonotomyia sp*. y *Chrysocharis caribea* Boucek (Hymenoptera: Eulophidae) como parasitoides de larvas y pupas de *Liriomyza sativa* y *L. huidobrensis* (Avalos et al., datos no publicados).

Orden Thysanoptera

Los trips son insectos pequeños (entre 0,5 mm y 5,5 mm de longitud) de colores amarillo, pardo o negro con manchas plateadas según la especie, con alas en formas de sable, estrechas y bordeadas con flecos (Lámina 8.10). Las hembras encastran los huevos individuales en la cara inferior de los folíolos (14). Ninfas y adultos se alimentan de tejidos vegetales en lugares protegidos de la radiación y con mayor humedad, ubicándose preferentemente en las hojas inferiores del cultivo. Presentan un aparato bucal picador suctor modificado, con estiletes que usan para raspar la epidermis de las hojas y succionar savia, lo que origina una decoloración característica con posterior caída de las hojas en algunos cultivos. Los adultos se dispersan a través de vuelos en masa, pudiendo recorrer grandes distancias favorecidos por los vientos (2). El calor y la sequía benefician su reproducción (15).

Nueve especies de trips se registraron sobre el cultivo de garbanzo en Córdoba, Argentina. Las predominantes fueron *Frankliniella occidentalis* (Pergande), *Frankliniella schultzei* y *Caliothrips phaseoli*. Los mayores valores de abundancia se

observaron durante la etapa de llenado de vainas-madurez del cultivo. Las especies *F. occidentalis* y *F. schultzei* mostraron picos máximos de abundancia en la etapa reproductiva, mientras que *C. phaseoli* lo hizo en la etapa fenológica vegetativa-floración. Estos insectos muestran preferencia por la etapa reproductiva (5).

Hasta los estudios realizados en Córdoba en 2010 (5), especies de este Orden no habían sido citados alimentándose de garbanzo a nivel mundial. Posteriormente, se señalaron a *F. schultzei* (Trybom) y *C. phaseoli* (Hood) afectando garbanzo en Cuba (38, 41) y ejemplares del género *Frankliniella sp.*, causando daños directos sobre el cultivo en otras provincias de Argentina (39).

Plagas de almacenamiento

Luego de la cosecha, se deberá tener especial cuidado en el almacenamiento de granos y/o semillas. Esto involucra tanto a las condiciones ambientales (temperatura, humedad relativa y humedad del grano) como a la preservación de infestaciones de artrópodos y a la infección por patógenos.

Dentro de determinados rangos, los factores abióticos pueden favorecer el desarrollo de las plagas, pero también pueden constituirse en métodos físicos de control eficaces cuando superan determinados umbrales.

Como plaga de almacenamiento en garbanzo, en Córdoba (Argentina) se ha identificado a *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) (27). Este insecto, además de ser una plaga de infestación primaria, puede atacar las semillas antes de ser cosechadas produciendo, si las condiciones ambientales le son favorables, daños importantes durante el almacenamiento. Esto se traduce en un deterioro de la calidad de la semilla para la siembra y del valor comercial del grano destinado a consumo.

Las infestaciones de esta especie han sido particularmente importantes cuando se registraron humedades relativas altas durante la época de cosecha. Este información deberá tenerse en cuenta,

tanto al almacenar el grano y/o semilla para evitar su deterioro, como al realizar tratamientos curativos físicos o con fosfuro de aluminio. Se ha experimentado que una dosis de 3 mg/l de fosfamina con cuatro días de exposición a 25ºC y una humedad de la semilla de alrededor del 12%, es eficaz para controlar los diferentes estados de desarrollo de *Sitophilus oryzae*. También se verificó que una dosis de 6 mg/l produce fitotoxicidad en la semilla, efecto que se agrava cuando la humedad es superior al 12% (27).

Bibliografía

1. Aragón, J. R. y J. M. Imwinkelried. 1995. Plagas de la alfalfa. En: Hijano, E. y A. Navarro (Eds.). La alfalfa en la Argentina. INTA Subprograma Alfalfa. Pp.: 81-104.
2. Arias, N. y M. Andrian. 2009. Control de trips en el cultivo de soja. Informe técnico. INTA - EEA Concepción del Uruguay. 6 p.
3. Artigas Coch, J. N. 1994. Familia Aphididae. En: Entomología económica, insectos de interés agrícola, forestal, médico y veterinario. Editorial Universidad de Concepción. Concepción, Chile. Pp.: 481-629.
4. Avalos S.; Ricobelli, G.; Palacios, S. y M. T. Defagó. 2013. Evaluación de la preferencia de *Liriomyza spp*. en garbanzo y efecto del extracto de *Melia azedarach* L.: resultados preliminares. Revista FCA UNCuyo 45 (2): 65-73.
5. Avalos, S.; Mazzuferi, V.; Fichetti, P.; Berta, C. y J. Carreras, 2010. Entomofauna asociada al cultivo de garbanzo en el noroeste de Córdoba (Argentina). Horticultura Argentina 29 (70): 5-11.
6. Bin-Cheng, Z. 1994. Index of economically important Lepidoptera. CAB International. Oxon, UK. 599 p.
7. Chakraborti, D.; Sarkar, A.; Mondal, H. A. y S. Das. 2009. Tissue specific expression of potent insecticidal, *Allium sativum* leaf agglutinin (ASAL) in important pulse crop chickpea (*Cicer*

arietinum L.) to resist the phloem feeding *Aphis craccivora*. Transgenic Research 18: 529-544.

8. Cordo, H. A.; Logarzo, L.; Braun, K. y O. Di lorio. 2004. Catálogo de insectos fitófagos de la Argentina y sus plantas asociadas. Sociedad Entomológica Argentina Ediciones. Buenos Aires, Argentina. 734 p.
9. Davis, R. J. 1991. Introducción a la Entomología. Mundi-Prensa. Madrid, España. 449 p.
10. Delfino, M. A. 1991. Reconocimiento de los áfidos (Homoptera: Aphidoidea) encontrados en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) en la Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía de la UNLP, 20: 66-67.
11. Edwards, O. R. 2001. Interspecific and intraspecific variation in the performance of three pest aphid species on five grain legume hosts. Entomologia Experimentalis et Applicata 100: 21-30.
12. Fichetti, P.; Avalos, S.; Mazzuferi, V. y J. Carreras. 2009. Lepidópteros asociados al cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Córdoba (Argentina). Boletín de Sanidad Vegetal Plagas 35: 49-58.
13. Frascarola, D. 2014. Plagas de soja en la región NOA. Una mirada sobre el uso de la tecnología Bt en el cultivo. Publicación N°10. Décimo Encuentro Nacional de Monitoreo y Control de plagas, malezas y enfermedades. Córdoba, Argentina. 86 p.
14. Gamundi, J.; Perotti, E.; Molinari, A. y J. Diez. 2006. Control y evaluación de daños de *Caliothrips phaseoli* (Hood) en cultivos de soja. INTA EEA Oliveros. Para mejorar la producción 3: 77-80.
15. Gamundi, J. y A. Molinari. 2008. Presencia de trips en cultivos de soja. INTA, EEA Oliveros. Información para Extensión 60. 5 p.
16. Hardwick, D. 1965. A generic revision of the North American Heliothinae (Lepidoptera: Noctuidae). Memoirs of the Entomological Society of Canada 73: 1-59.

17. Hernández, R.; Harris, M y T. X. Liu. 2010. *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae) and parasitoid species on pepper in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Southwestern Entomologist 35: 33-43.

18. Jones, R. A.; Coutts, B. A.; Latham, L. J. y S. J. Mckirdy. 2008. Cucumber mosaic virus infection of chickpea stands: temporal and spatial patterns of spread and yield-limiting potential. Plant Pathology 57: 842-853.

19. Kaiser, W. J.; Ghanekar, A. M.; Nene, Y. L.; Rao, B. S. y V. Anjaiah. 1990. Viral diseases of chickpea. Chickpea in the Nineties. ll International Workshop Chickpea Improvement, Hyderabad, India. Pp: 139-142.

20. Kantar, F.; Hafeez, F. Y.; Shivakumar, B. G.; Sunaram, S. P.; Tejera, N. A.; Aslam, A.; Bano, A. y P. Raja. 2007. Chickpea breeding and management. CAB International. Wallingford, UK. Pp: 179-192.

21. Kennedy, G. G. 2003. Tomato, pests, parasitoids, and predators: tritrophic interactions involving the genus *Lycopersicon*. Annual Review of Entomology 48: 51-72.

22. Kos, K.; Tomanovi, Z.; Petrovi-Obradovi, O.; Laznik, Z.; Vidrih, M. y S. Trdan. 2008. Aphids (Aphididae) and their parasitoids in selected vegetable ecosystems in Slovenia. Acta Agriculturae Slovenica 91: 15-22.

23. Lizer y Trelles, C. A. 1941. Insectos y otros enemigos de la quinta. Sudamericana. Buenos Aires, Argentina. 214 p.

24. Lucy, M. y J. Slatter. 2004. Chickpeas. En: Lucy, M.; French, V. y K. Bullen (Eds.). Crops management notes. Winter edition. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Queensland, Australia.

25. Maja, A. y A. Dorn. 2007. Screening of medicinal and ornamental plants for insecticidal and growth regulating activity. Journal of Pest Science 80: 205-215.

26. Matthews, M. 1999. Heliothinae moths of Australia: a guide to pest bollworms and related Noctuid groups. Monographs on

Australian Lepidoptera. CSIRO, Collingwood, Australia. Vol. 7. 320 p.

27. Mazzuferi, V. E.; Carreras, J. y F. Casanoves. 2000. Uso de fosfamina para el control de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) en semillas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y efectos sobre su viabilidad. Agriscientia XVII: 65-68.

28. Mazzuferi, V. E.; Maidana, A.; Fichetti, P.; Hansen, L. y D. S. Avalos. 2011. Abundancia y riqueza especifica de pulgones (Hemiptera: Aphididae) y sus parasitoides en diferentes genotipos y estados fenológicos del garbanzo. Agriscientia XVlll (2): 99-108.

29. Michelena, J. M.; Gonzáles, P. y E. Soler. 2004. Parasitoides afidiinos (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) de pulgones de cultivos agrícolas en la Comunidad Valenciana. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 30: 317-326.

30. Mitter, C.; Poole, R. y M. Matthews. 1993. Biosistematics of the Heliothinae (Lepidoptera: Noctuidae). Annual Review of Entomology 38: 207-225.

31. Moscardó, M. L. 2013. Abundancia de pulgones y trips en cuatro genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) sembrados en dos condiciones contrastantes de humedad inicial de suelo. Trabajo Final de Especialidad en Producción de cultivos extensivos. Biblioteca de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. 34 p.

32. Moscardó, M. L.; Balbo, R.; Molina, J. y V. E. Mazzuferi. 2013. Evaluación del daño producido por diferentes densidades de *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar) en el cultivo de garbanzo en Córdoba, Argentina. Nexo Agropecuario 1 (2): 11-12.

33. Naresh, J. S. y V. S. Malik. 1986. Observations on the insect pests of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in Haryana. Bulletin of Entomology (New Delhi) 27: 75-77.

34. Norris, D. M. y M. Kogan. 1984. Bases bioquímicas y biológicas de la resistencia. En: Maxwell, F. G. y P. R. Jennings (Eds.). Mejoramiento de las plantas resistentes a insectos. Editorial Limusa, México. Pp.: 43-80.

35. Parrella, M. P. 1987. Biology of *Liriomyza*. Annual Review of Entomology 32: 201-224.

36. Pastrana, J. 2004. Los lepidópteros Argentinos: sus plantas hospederas y otros sustratos alimenticios. En: Braun, K.; Logarzo G.; Cordo H. y O. Di Iorio (Coord.). Sociedad Entomológica Argentina. 334 p.

37. Pastucha, L. 1996. Bionomy and harmfulness of chickpea leafminer (*Liriomyza cicerina* Rond.) in Slovakia. Vedecke Prace vyskumneho Ustavu Rastlinnej Vyroby v Piestanoch 26: 111-123.

38. Pérez, J. y S. Moraima. 2011. Insectos asociados al cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en la provincia las tunas. Revista de Protección Vegetal 26 (3): 191-193.

39. Prieto, G. 2012. Las legumbres: arveja y garbanzo. INTA EEA Oliveros. Para Mejorar la Producción 47: 99-101.

40. Reed, W.; Cardona, C.; Sithanantham, S. y S. Lateef. 1986. The chickpea insect pests and their control. En: Saxena, M. y K. Singh (Eds.). The chickpea. CAB International. Wallingford, UK. Pp.: 283-318.

41. Rodríguez Romero, A.; Posos Ponce, P.; Castillo Duvergel, Y. y S. Moraima Campos. 2011. Especies de los géneros *Thrips* y *Frankliniella* (Thysanoptera: Thripidae) asociadas a cultivos en la provincia de Guantánamo. Revista de Protección Vegetal 26 (3): 144-148.

42. Scalora, F.; Casmuz, A.; Cazado, L.; Aralde, M.; Guchea, M.; Fadda, L.; Gómez, M.; Gómez, J.; Vera, M.; Gastaminza, G.; Willink, E.; Vizgarra, O. y W. Rodríguez. 2014. Evaluación de la eficacia de diferentes insecticidas químicos para el control de la oruga del cascabullo, *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar (Lepidoptera: Noctuidae) en el cultivo de garbanzo. En: Vizgarra, O.; Ploper, L.; Speche, C. y S. Yamaní (Eds.). El cultivo de garbanzo en el Noroeste Argentino. EEA Obispo Colombres. Pp.: 63-67.

43. Sharma, H.; Gowda, C.; Stevenson, P.; Ridsdill-Smith, T.; Clement, S.; Ranga Rao, G.; Romeis, J.; Miles, M. y M. El

Bouhssini. 2007. Host plant resistance and insect pest management in chickpea. En: Yadav, S.; Redden, R.; Chen, W. y B. Sharma (Eds.). Chickpea breeding and management. CAB International. India. 638 p.

44. Singh, R. y N. Tripathi. 1987. Record of parasitoids from Tarai belt of eastern Uttar Pradesh. Journal of Aphidology 1: 89-92.
45. Spencer, K. A. 1973. Agromyzidae (Diptera) of economic importance. Serie Entomologica 9: 405-406.
46. Stáry, P. 1976. Aphid parasites (Hymenoptera, Aphidiidae) of the Mediterranean area. Academia Nakladatelstvi Ceskoslovenske Akademie Ved. Praha, República Checa 86 (2): 95 p.
47. Tingey, W. M. y S. R. Singh. 1984. Factores ambientales que influyen en la magnitud y expresión de la resistencia. En: Maxwell, F. G. y P. R. Jennings (Eds.). Mejoramiento de plantas resistentes a insectos. Editorial Limusa, México. Pp.: 107-133.
48. Weigand, S. 1990. Insect pests of chickpea in the Mediterranean area and possibilities for resistance. Options Méditerranéennes. Série Séminaires 9: 73-76.
49. Weigand, S.; Lateef, S. S.; El Din Sharaf, N.; Mahmoud, S. F.; Ahmed, K. y K. Ali. 1994. Integrated control of insect pests of cool season food legume. En: Muehlbauer, E. J. y W. J. Kaise (Eds.). Expanding the Production and use of cool season food legumes. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands. Pp.: 679-694.
50. Weintraub, P. G. y A. R. Horowitz. 1997. Systemic effects of a neem insecticide on *Liriomyza huidobrensis* larvae. Phytoparasitica 25: 283-289.

CAPÍTULO 9

SANIDAD DEL CULTIVO DE GARBANZO: ENFERMEDADES DE ORIGEN FÚNGICO

Margarita R. Sillón y Gloria I. Viotti

Introducción

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) se cultiva en numerosas regiones del mundo, caracterizadas por su clima seco, y ubicadas principalmente en zonas áridas y semiáridas. Esta situación es muy favorable para mantener los cultivos sanos o con escaso desarrollo de enfermedades, principalmente las de origen fúngico. Es así que los planteos de manejo sugeridos tienen escaso uso práctico para nuestro país. El área de cultivo comprende regiones cuyo régimen pluviométrico presenta una concentración de precipitaciones invernales y otras donde predominan las lluvias primavero-estivales. Sin embargo es necesario tener en cuenta que en situaciones donde se aplica la tecnología de riego en la estación seca, se modifica el estado hídrico determinando condiciones predisponentes para las enfermedades, aún en regiones con poca probabilidad de ocurrencia.

Si bien los agentes abióticos pueden causar enfermedades, en este Capítulo sólo se hará referencia a las enfermedades infecciosas. Estas se caracterizan por ser originadas por un patógeno que infecta una planta, crece y se reproduce en ella, y tiene habilidad para difundirse de éstas a otras sanas y, como consecuencia, causar reinfecciones.

Los microorganismos involucrados en estos procesos se denominan "parásitos", y pueden vivir fuera o dentro de otro, del cual obtienen su alimento. La relación que se establece entre ambos

se denomina parasitismo. La capacidad que tiene el parásito de invadir y establecerse en el hospedante por lo general conduce a la enfermedad del mismo, lo que se visualizará en un menor desarrollo y reproducción.

Los agentes que ocasionan enfermedades pueden ser clasificados en parásitos biotróficos o necrotróficos. Los primeros son aquellos que extraen los nutrientes única y exclusivamente de tejidos vivos; estos causan enfermedades de tipo mildiús, oídios y royas, y su control se realiza, preferencialmente, mediante el uso de cultivares resistentes y fungicidas. Los necrotróficos presentan parasitismo en la planta viva y saprofitismo en la planta muerta (rastrojo); son, por lo tanto, potencialmente controlables con la rotación de cultivos, complementada con el tratamiento de semillas y la aplicación de fungicidas en los órganos aéreos.

La importancia de las enfermedades está dada por la pérdida del stand de plantas, por la reducción del área foliar sana, particularmente en el período entre floración y mediados de llenado de granos, y por afectar en forma negativa la cantidad y calidad tanto de granos como de semillas durante el período reproductivo. El manejo eficiente de las mismas se basa en el diagnóstico correcto y el conocimiento de las condiciones ambientales bajo las cuales es previsible el progreso de cada patógeno.

A continuación se describirán las principales adversidades bióticas que presenta el cultivo en nuestro país, según los principales órganos afectados.

Enfermedades de raíz y tallo

Podredumbres de pre-emergencia, y podredumbres de raíz y/o cuello

Son la principal causa de pérdida del stand de plantas y emergencia desuniforme en tiempo y espacio. Las podredumbres pueden iniciarse cuando las semillas son parasitadas en una de las fases previas a la germinación, apareciendo blandas, sin radícula. En otros casos germinan, y las plantas recién nacidas manifiesten

clorosis, amarillamiento, necrosis de los tejidos vasculares y raicillas y/o podredumbre blanda a nivel del cuello, con muerte total o parcial a poco de iniciar su crecimiento vegetativo. Este fenómeno suele presentarse en el campo en forma de rodales (Lámina 9.1). La intensidad de la infección se correlaciona con el nivel de resistencia de la variedad usada, las características texturales del suelo, el cultivo antecesor, la nutrición y disponibilidad de agua del suelo y la calidad sanitaria de la semilla utilizada, entre otras.

En la descripción de pudriciones radiculares se han incluido factores fisiológicos, agronómicos, ambientales y patológicos; sin embargo, luego de numerosas pruebas de patogenicidad, Nene (25) ha concluido que el término "complejo de marchitez" se refiere a varias enfermedades distintas. Los causantes de estos síntomas suelen ser varios hongos, aunque los más frecuentes en suelos pesados y húmedos son *Pythium spp. y Phytophthora megasperma* Drechsler (31). Más de 50 años han transcurrido desde que se aislaron estos dos géneros de patógenos en raíces de garbanzo dañadas en Argentina (8). Estos parásitos pertenecen al grupo de los pseudo-hongos u hongos menos evolucionados, y su desarrollo está ligado a la presencia de agua en estado líquido así como días frescos, condiciones que se producen habitualmente en siembras adelantadas y terrenos mal drenados.

Otro organismo ligado a las pérdidas de pre y postemergencia en el cultivo de garbanzo es *Rhizoctonia solani* Kühn (2) (Viotti, com. pers.). El garbanzo sucede, según las zonas, al cultivo de soja, maíz, papa u otras legumbres de verano (Viotti, com. pers.) (5). Por lo tanto, no es posible considerar una rotación desde el punto de vista fitopatológico ya que todos sus antecesores son susceptibles a *R. solani*, y en ellos se multiplica sin inconvenientes, dejando una gran cantidad de inóculo disponible para el ataque temprano del garbanzo. Éste último se comporta como muy susceptible al patógeno, invadiendo ya sea a la semilla durante su imbibición provocándole una podredumbre húmeda, como así también al cuello de las plántulas a la altura del suelo o apenas por debajo del mismo, produciendo cancros de color marrón rojizo, con posterior estrangulamiento de la base de la plántula, y finalmente su muerte.

Por lo general, la porción inferior de la raíz principal permanece en el suelo cuando se arrancan las plantas, y se observa de color oscuro, con síntomas de pudrición y sin la mayoría de raíces laterales. En algunas ocasiones se puede observar una cubierta micelial grisácea cerca de la raíz principal, y con ayuda de una lupa de 20X aparecen pequeñas puntuaciones negras que corresponden a microesclerocios. La enfermedad aumenta su frecuencia cuando las temperaturas diurnas alcanzan los 30°C (10, 25), y puede llegar a invadir la parte media de la planta, provocando un tizón foliar en las ramas basales (Lámina 9.2)

En condiciones de suelo seco y arenoso, en las podredumbres de raíz y/o cuello predomina *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid. (7, 29).Estos mismos autores citan además a *Sclerotium rolfsii* Sacc. y a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary como agentes causales de podredumbres basales.

Cuando los géneros prevalentes son *Pythium* y *Phytophthora*, Moore et al. (23) consideran que una vez declarada la enfermedad no hay posibilidades de control, por lo tanto las medidas de manejo son exclusivamente preventivas. Se deberán evitar anegamientos, favoreciendo el drenaje rápido de los lotes; aumentar la distancia entre hileras para evitar la diseminación del patógeno en la misma línea; usar tratamientos con fungicidas curasemillas que incluyan metiltiofanato y metalaxil más captan en la mezcla.

En el caso que el diagnóstico indique que la sintomatología observada es producida por los otros géneros mencionados como causales de la patología, deberá tenerse la misma consideración respecto a las posibilidades de manejo una vez instalada la enfermedad (notas de las autoras).

Las principales fuentes de inóculo son el suelo, los rastrojos, las plantas voluntarias de garbanzo y malezas susceptibles, y las semillas. Debido a esto, es necesario evitar durante al menos tres años, o hasta la completa mineralización de los rastrojos infectados, los lotes que hubieren sido afectados, mantenerlos libres de malezas y evitar otros cultivos susceptibles.

Se deben usar semilla de buena calidad fisiológica y libre de patógenos, y protegidas con fungicidas terápicos de semillas que

contengan mezclas con thiram, carbendazim (10) o fludioxonil. Es recomendable aplicar estas mezclas previas a la inoculación, aumentando el volumen de agua usado como vehiculizante, para lograr una mejor cobertura de la unidad seminal.

El agregado de **biocontroladores** como *Trichoderma viride* ha mostrado buen comportamiento para algunos patógenos como *M. phaseolina* (29), mientras que Leisso et al. (21) no lograron mejorar los resultados de los fungicidas sintéticos con la aplicación de *Bacillus pumilus* GB34, *B. subtilis* GB03 (Kodiak), *B. subtilis* MBI600, *Streptomyces lydicus* WYEC 108, *S. griseoviridis* K61 (Mycostop) o *Trichoderma harzianum*. Actualmente continúan las investigaciones grupos de científicos locales e internacionales.

La profundidad de siembra no debería ser mayor a 5-8 cm en cultivos otoñales, debido a que la temperatura del suelo es baja, se trata de una especie hipogea y si se prolonga el tiempo de emergencia las semillas son propensas al ataque de los hongos de suelo por un largo período.

Marchitamiento o fusariosis del garbanzo

Es la segunda enfermedad en importancia a nivel mundial, aunque algunos autores consideran que es la que produce las principales pérdidas (3; Viotti, com. pers.). Afecta principalmente a los haces vasculares, produciendo el taponamiento y finalmente la necrosis de los mismos. Los síntomas pueden comenzar apenas emergidas las plántulas hasta finales del período reproductivo, dependiendo de la susceptibilidad de la variedad, de la concentración de inóculo, de la ocurrencia de factores adversos para el crecimiento, entre otros. Mientras más temprano en el ciclo ocurre la infección, más severos serán los síntomas. En las plántulas pequeñas puede producirles la muerte, y en las plantas adultas suele afectar sólo una o algunas de las ramificaciones o una disminución de la producción en cantidad y calidad. En este último caso, puede haber una infección temprana con un largo período de incubación, y los síntomas se hacen visibles con el aumento del área foliar, con la ocurrencia de

una stress térmico o hídrico, o al inicio del período reproductivo por el aumento de la demanda de agua y nutrientes.

Los síntomas generales consisten en un decaimiento generalizado de las plantas, o amarillamiento prematuro de las hojas, comenzando por las basales, que precede al marchitamiento y muerte o "quemado" (Lámina 9.3). En los primeros estadios de la enfermedad las raíces se ven saludables, pero cuando se seccionan verticalmente, los tejidos vasculares pueden mostrar una decoloración marrón hasta negra según la especie de *Fusarium* involucrada. En la base de los tallos se pueden observar lesiones de tejido muerto, acompañadas de estrangulamiento del cuello y zonas necróticas en base de tallos, y una intensa pudrición radicular.

A nivel mundial, se describe a *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* (Padwick) Matuo and Sato, como el principal responsable de esta enfermedad, sin embargo diferentes autores involucran a otras especies como *F. solani* (3, 35). Numerosos estudios han llegado a la conclusión que es *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* la forma prevalente entre los aislamientos realizados a partir de tejidos enfermos.

Este extenso género de hongos desde el punto de vista nutricional es un patógeno facultativo, capaz de sobrevivir alimentándose de materiales en descomposición, y presenta una alta variabilidad tanto en su morfología como en su especificidad. Esta característica lo convierte en un problema para su manejo, ya que la principal propuesta se basa en el desarrollo y uso de variedades resistentes. Debido a ello, actualmente se hacen grandes esfuerzos para estudiar la diversidad de fenotipos, de patogenicidad y virulencia en *F. oxysporum* f. sp. *ciceris* (15, 16, 17).

Para minimizar las pérdidas ocasionadas por esta enfermedad es necesario desarrollar un programa integrado, donde se asocien diferentes alternativas de manejo. Lotes que entren en rotación con especies diferentes. Debido a su polifagia, esta propuesta es difícil de sostener por completo, entonces se deberán distanciar lo máximo posible en el tiempo las sucesiones de cultivos que multipliquen la reserva de inóculo en el suelo y malezas.

El uso complementario de variedades tolerantes y de buen comportamiento es casi obligatorio, especialmente en lotes



complicados, aún teniendo en cuenta lo arriba mencionado respecto a la presencia de nuevas razas del patógeno que limitan esta estrategia.

Se deberá utilizar semilla de buena calidad fisiológica y sanitaria, recurriendo a un análisis de pre-siembra para determinar estos parámetros y decidir su uso. A esto deberá adicionarse la aplicación de un fungicida como terápico de semillas, cuidando su distribución uniforme sobre el tegumento seminal, generalmente rugoso, aumentando el volumen del caldo de aplicación y usar las dosis recomendadas.

Otra alternativa para mejorar la emergencia y retrasar las infecciones tempranas, es utilizar microorganismos antagonistas como bacterias y hongos benéficos. Diversas investigaciones han demostrado que el control biológico es una alternativa potencial al uso de fungicidas. Kaur y Muthamilan (18) mostraron un control efectivo del complejo de hongos causantes de la marchitez del garbanzo, mientras que Kumar y Dube (19) lograron disminuir la incidencia de *Fusarium* e incrementar la germinación, el crecimiento y el rendimiento del cultivo con la cepa RBT13 de *Pseudomonas fluorescens* Migula. Landa et al. (20) demostraron que diversas especies de *Bacillus*, aisladas de la rizósfera de garbanzo, poseen la capacidad para inhibir la germinación y el crecimiento de hifas de *F. oxysporum* f. sp. *ciceris,* mientras que Leisso y Burrows (22) las mezclaron con diversos fungicidas para mejorar la emergencia.

Las variaciones de las fechas de siembra y de la profundidad, introducen alteraciones en el ambiente de crecimiento, puede constituirse en un factor de estrés para la planta, aumentando la susceptibilidad del cultivo. Por ello se debe evaluar el contenido de agua del suelo y el perfil de distribución, el balance adecuado de nutrientes necesarios para un crecimiento en equilibrio, las fechas de primeras y últimas heladas, etc.

Enfermedades foliares

Tizón o Rabia del garbanzo

A nivel mundial se considera al tizón o rabia del garbanzo la enfermedad foliar más destructiva, especialmente en las zonas donde ocurren períodos frescos, húmedos y nublados y precipitaciones mayores a 150 mm durante el ciclo del cultivo. Es causada por el hongo *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labrousse, y prevalece en áreas entre 31 y 45° LN, y es ocasionalmente importante entre 26 y 30° LN (27).

Las pérdidas pueden alcanzar el 100% afectando la cantidad y calidad de granos y semillas.

Se caracteriza por atacar toda la parte aérea de la planta, hojas, tallos, pecíolos, vainas y semillas; los síntomas iniciales son pequeñas manchas necróticas en las hojas o tallos nuevos, donde es común ver círculos concéntricos de color negro formados por las fructificaciones del hongo (picnidios). La necrosis es producida por la acción de tres potentes fitotoxinas, cuya producción se correlaciona con la agresividad de las distintas cepas del organismo causal. Bajo condiciones favorables, estas manchas aumentan de tamaño rápidamente y provocan defoliación y muerte de la planta en un período de 3 a 7 días. La infección se produce con una temperatura óptima de 20°C asociada a 5-6 horas de mojado foliar, y la severidad aumenta en función de agua libre que dispongan las esporas para germinar.

La infección puede ocurrir temprano en el ciclo, generalmente asociada a la semilla o rastrojo infectado o iniciar en cualquier momento del ciclo, dependiendo de las condiciones ambientales predisponentes y la presencia de inóculo. Las manchas pueden afectar rápidamente el tallo principal, provocando la muerte de plántulas (Lámina 9.3). Cuando ya se ha iniciado la formación de granos, el hongo puede penetrar fácilmente la pared de las vainas e instalarse en la semilla, y así diseminar, introducir y permitir la supervivencia del patógeno con elevada eficiencia. Las semillas infectadas interna o superficialmente pueden o no mostrar síntomas, mientras que se observará reducción de calibre, arrugamiento y lesiones oscuras de diversas formas y tamaños en las muy afectadas.

Este hongo sobrevive en el rastrojo durante más de dos años, donde se desarrollan los órganos de reproducción del hongo, manteniendo la supervivencia del parásito. Las condiciones ambientales y las técnicas de cultivo utilizadas pueden propiciar o limitar el desarrollo de este parásito. Si bien el garbanzo es el principal hospedante de *A. rabiei*, en infecciones artificiales infecta lenteja (*Lens culinaris* Malik.), caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), arveja (*Pisum sativum* L.) y poroto (*Phaseolus spp.*), entre otros (27). Se informó como hospedantes a la alfalfa (*Medicago sativa* L.) y melilotus (*Melilotus* spp.). Se puede aislar con baja frecuencia de mostaza negra (*Brassica nigra* (L.) W. D. J. Koch), ortiga mansa (*Lamium amplexicaule* L.) y trigo (*Triticum aestivum* L.) (27). Si bien en hospedantes alternativos la enfermedad se presenta escasamente o lo hace en forma latente (asintomática), o con síntomas leves, es importante tener en cuenta que en nuestro país el garbanzo está en íntimo contacto con algunos de los cultivos mencionados, así como con malezas, y podrían ser reservorios o "puente verde" del patógeno.

El principal objetivo del manejo de esta enfermedad es evitar que la infección llegue a los lotes. El uso de variedades resistentes es la mejor herramienta por su alta compatibilidad respecto a la economía de recursos y preservación del ambiente. Debido a que en nuestro país las variedades en uso son susceptibles y/o moderadamente susceptibles, desde el ingreso de la enfermedad al país (34) se iniciaron estudios para conocer el comportamiento de las diferentes variedades frente a los aislamientos locales del patógeno. Por otra parte, en el año 2012 se introdujeron al país 150 genotipos portadores de resistencia múltiple desde ICARDA, con los cuales se plantearon ensayos para la evaluación de arquitectura del cultivo, producción y sanidad en tres ambientes naturales. A partir de estos resultados, continuará la selección para resistencia a Tizón mediante inoculaciones artificiales (Carreras et al., Capítulo 7, Sección 2). Además se han incorporado genes de resistencia desde fuentes ya probadas, y se encuentran en proceso de incorporación a la genética local (Carreras, com. pers.).

Antes de sembrar garbanzo, se deberá realizar una rotación de al menos 3 años para disminuir la cantidad de inóculo del rastrojo, manteniendo durante este período el lote libre de plantas voluntarias de la misma especie, o posibles malezas que pudieren actuar de reservorio.

Prácticas culturales tales como fecha de siembra, distancia entre hileras y la aplicación de riego suplementario, modifican el ambiente de crecimiento del cultivo, favoreciendo la proliferación de esta enfermedad. Los datos obtenidos por Saluzzo (28) y los primeros reportes de la presencia de Tizón en nuestro país citados por Viotti (33), muestran la importancia de evitar excesos de humedad en los meses invernales en las zonas tres y cuatro, definidas como "mediterranea" y de ambiente fresco y húmedo en invierno respectivamente (Saluzzo, Capitulo 4).

El inóculo primario puede encontrarse en las semillas infectadas: primer paso del ciclo biológico, pues las mismas introducirán al patógeno generando los primeros focos del Tizón, además de afectar la germinación y por lo tanto el stand de plántulas. El Análisis sanitario de las semillas es una medida imprescindible, ya que pueden mostrarse asintomáticas y pasar desapercibidas unidades enfermas.

El tratamiento de semillas con moléculas fungicidas como los bencimidazoles han mostrado eficiencia en el control del patógeno; la mezcla de dos o más principios activos como carbendazim o thiabendazole, a los que se les puede sumar triazoles y estrobirulinas, pueden aumentar la eficacia y evitar la generación de resistencia por parte *A. rabiei*.

La nutrición balanceada mantendrá a las plantas vigorosas y menos susceptibles a las infecciones. Es necesario el uso de inoculantes específicos y conocer el estado nutricional del suelo, para corregir la falta de algún nutriente y/o la incorporación de otros para mantener un balance adecuado. El agregado de potasio y fósforo en suelos con alto contenido de nitrógeno, así como la aplicación de micronutrientes foliares en los estadios reproductivos, pueden contribuir a reducir los niveles de enfermedad.



La protección química del follaje, mediante la aspersión de fungicidas, es una práctica habitual en algunos países. Sin embargo es importante evitar el desarrollo de cepas resistentes, tal como se ha informado recientemente en EEUU y Canadá respecto a las estrobilurinas como consecuencia del uso individual de estas moléculas. Experiencias locales han mostrado muy buen comportamiento de las mezclas con diferentes mecanismos de acción, como las estrobilurinas con triazoles aplicados ante la presencia de síntomas o a inicio de formación de vainas. La combinación de técnicas de protección, utilizando fungicidas y fosfitos, demostraron que el fosfito de potasio en la siembra mejora la emergencia y el stand final de plantas (30), y aplicados al follaje se sinergizan para el control de Tizón, aumentando los rendimientos en cantidad y calidad (30).

Tizón por Stemphylium

Es una enfermedad foliar que se presenta con alta frecuencia en los cultivos locales. Es producida por *Stemphylium sarciniforme* (Cav.) Wilts. y su desarrollo se ve favorecido por temperaturas frescas (15-20°C) y alta humedad relativa (mayor a 85%), especialmente cuando hay un excesivo crecimiento vegetativo. El período más propenso para su aparición en el ciclo es a partir de floración.

Los síntomas se observan tanto en los folíolos como en los tallos y las vainas. Se manifiestan como lesiones de color marrón oscuro con un centro más claro, generalmente ovalado o irregular, rodeadas de un halo amarillo. Las plantas sufren una defoliación prematura que se inicia en ramas basales (26). El patógeno produce fructificaciones en forma abundante sobre las lesiones. Las vainas afectadas originan granos o semillas arrugadas y de menor calibre. El inóculo que permanece en el rastrojo y/o semillas, se constituye en la fuente primaria para el próximo ciclo.

Es una enfermedad que generalmente no requiere control, salvo cuando se sinergiza con otras enfermedades foliares. En estos casos se aplican fungicidas a base de mezclas de triazoles y estrobilurinas.

Tizón por Alternaria

Alternaria alternata (Fr.: Fr.) Kiessler es otra de las enfermedades foliares de gran prevalencia hacia el final del ciclo del cultivo. Al inicio de la infección produce manchas acuosas, de apariencia violácea, con un borde clorótico, que luego se tornan de color marrón (26). En los tallos aparecen manchas alargadas de color marrón oscuro. También infecta vainas y semillas. Sobre las lesiones es posible distinguir abundantes fructificaciones. Su manejo es similar a *S. sarciniforme*.

Roya del garbanzo

Producida por un hongo biótrofo, *Uromyces ciceris-arietini* (Grogon) Jacz. and Beyer, cuya sintomatología se caracteriza por la presencia de pústulas sobre las hojas. Inicialmente se desarrollan en la cara abaxial y luego se extienden a la cara superior. Las uredosporas irrumpen a través de la epidermis produciendo lesiones que pueden coalescer. Su presencia en nuestro país fue reportada por Sillón en los Departamentos Castellanos y San Martín, en el centro de la provincia de Santa Fe, con posterioridad a la aparición de rabia, sin causar limitaciones al cultivo (Lámina 9.4). Generalmente aparece al final del ciclo, cuando los componentes del rendimiento ya están definidos (29).

Sanidad de semillas

La semilla juega un rol muy importante en el manejo de tecnologías para optimizar la producción. Según algunos autores, ella sola explica más del 70% del rendimiento potencial a alcanzar. En este cultivo también es aplicable el concepto de Calidad Total de la Semilla, dada por la sumatoria de las cuatro componentes o atributos que condicionan su capacidad para dar origen a plantas de alta productividad. Estos atributos contemplan el aspecto **genético**, **físico**, **fisiológico** y **sanitario**. Este último define el traslado de enfermedades del cultivo que le dio origen al siguiente, y es la causa



principal de la diseminación de enfermedades a lotes nuevos. A ello se debe sumar la presencia de ciertos microorganismos que le hacen perder su capacidad de germinación, disminuyendo así el porcentaje de unidades con posibilidad de generar una plántula normal.

El término **calidad** es relativo, y se puede expresar como nivel o grado de calidad solamente cuando es comparado con un estándar determinado. La Legislación de Semillas (INASE, Res. 20247/73), y específicamente las Normas de Producción de Semilla de garbanzo Identificada se encuentra en (INASE, Res.5/1987) (13).

Aspecto sanitario

Es necesario recordar que en Argentina la Certificación no contempla a la Sanidad dentro de las exigencias para la Fiscalización. Y por otra parte, si un lote de semillas posee un Poder Germinativo alto, no necesariamente implica que se encuentre "libre de patógenos". Por esta razón el atributo sanitario adquiere una importancia particular en el garbanzo, teniendo en cuenta las pérdidas que puede ocasionar la presencia de *Ascochyta rabiei*. Con la primera detección de ésta enfermedad en el país, se comenzó a adquirir conciencia de la importancia de la semilla de garbanzo como fuente de transmisión de enfermedades.

Tanto los patógenos de suelo como los foliares se transmiten a través de la semilla, siendo ésta la manera más eficiente de ingreso de dichas enfermedades a nuevas áreas y lotes de producción. Entre ellas se encuentran *Fusarium spp.*, *Ascochyta rabiei*, *Stemphylium sarciniforme*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora megasperma*, *Macrophomina phaseolina, Sclerotium rolfsii* y *Sclerotinia sclerotiorum*. Su presencia ha sido detectada en lotes de diferentes zonas de producción con intensidades variables (1, 31, 32).

Por otra parte, se suman algunos parásitos débiles que, debido a la riqueza nutricional de la semilla de garbanzo y a la textura de la cubierta seminal que le otorgan protección, logran un importante desarrollo produciendo el deterioro de la semilla durante el almacenamiento, y que culmina con la pérdida de su capacidad germinativa. Los hongos de mayor prevalencia son *Aspegillius spp.*,

Alternaria spp., *Penicillium spp.*, *Rhizopus stolonifer* (Ehrenberg: Fries) Vuillemin, *Nigrospora sp.* y levaduras. Estos están presentes en el campo y su presencia se ve favorecida con los daños mecánicos producidos por la trilla.

Jenkins et al. (14) recomiendan realizar un test fisiológico inmediatamente luego de la cosecha, para descartar semillas de mala calidad, y otro previo a la siembra, para los ajustes de densidad. La incorporación del test de sanidad, ayudaría a definir la conveniencia de guardar y/o sembrar materiales comprometidos por la presencia de patógenos.

Por lo arriba mencionado, el conocimiento del perfil sanitario del lote de semillas permitirá no sólo definir su uso, sino determinar cuál es la mejor combinación de principios activos de fungicidas para aplicar como terápicos de semilla, minimizando el riesgo de transmisión de enfermedades y protegiendo la emergencia de las plántulas.

Comentarios finales

Si bien se han tratado diferentes alternativas para minimizar el efecto adverso de los agentes patógenos en el cultivo de garbanzo, la **Resistencia de la Planta Huésped** a una enfermedad, es la más económica desde el punto de vista productivo y ambiental, ya sea que se use como estrategia única o como una componente del manejo integrado. Sin embargo, para lograr variedades resistentes a las principales enfermedades que se encuentran en el país, es necesario el trabajo interdisciplinario de diversos grupos con este objetivo común. A los proyectos de mejoramiento para la obtención de progenitores portadores de resistencia, se hace necesaria la integración de otros avocados a encontrar técnicas fiables y repetibles para la detección de las enfermedades tanto a campo como bajo condiciones controladas, así como el desarrollo de metodologías de inoculación, obtención y multiplicación de inóculo, evaluación productiva de las líneas obtenidas, etc.

Bibliografía

1. Aguaysol, C. N.; De Lisi, V.; Muñoz, L.; González, V. Fogliata, G. y L. D. Ploper. 2013. Marchitamiento de plantas en cultivos de garbanzo (*Cicer arietinum*) del norte argentino, causado por *Fusarium oxysporum* y *Rhizoctonia sp*. Avance Agroindustrial 34 (4): 25-27.
2. Alvarez, M. A. y A. Moreno. 1984. Identificación de hongos causantes de pudrición radicular en garbanzo (*Cicer arietinum*) Agricultura Técnica 44 (3): 253-256.
3. Alvarez, M. y C. Briner. 1987. Pudrición radicular del garbanzo por el hongo *Fusarium solani* (Mart). Sacc. Agricultura técnica 47 (1): 78-79.
4. Bayaa, B. y W. Chen. 2011. Ascochyta blight of chickpea. En: Chen W.; Sharma, H. C. y F. J. Muehlbauer (Eds.). Compendium of chickpea and lentil diseases and pests. APS Press, US. Pp: 34-40.
5. Berrada, A. F.; Shivakumar, B. G. y N. T. Yaduraju. 2007. Chickpea in cropping systems. En: Yadav, S. S.; Redden, R. J.; Chen, W. y B. Sharma. Chickpea breeding and management. Cromwell Press. Trowbridge, UK. Pp: 193-212.
6. Del Moral, J.; Rol, V.; López, M. y V. Chica. 1989. Ensayo para valorar la utilidad de la desinfección de semillas con fungicida en siembras de garbanzo. Cuadernos de Fitopatología 19: 62-65.
7. Díaz Franco, A. y N. Montes García. 2008. La Fitopatología en la Región Semiárida de Tamaulipas, México: Reseña Histórica. Revista Mexicana de Fitopatología 63 (26-1): 62-70.
8. Frezzi, M. J. 1956. Phytopathogenic species of *Pythium* identified in the Argentina Republic. An Annotated Bibliography of Chickpea Diseases. 1915-1976 (Abstr.) ICRISAT. Pp.: 11.
9. García, J. L.; González, L y T. Shagarodsky. 2008. Principales enfermedades del cultivo del garbanzo y posibles medidas de control. Agrotecnia de Cuba. "Alejandro de Humboldt" (INIFAT).

10. Gaur, P. M.; Tripathi, S.; Gowda, C. L. L.; Ranga Rao, G. V.; Sharma, H. C.; Pande, S. y M. Sharma. 2010. Chickpea Seed Production Manual. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India. 28 p.

11. Gonzalez, V.; Romero, M. B.; Reznikov, S.; Espeche, M. C.; Ruiz, S. y L. D. Ploper. 2007. *Fusarium oxysporum*, principal patógeno aislado de podredumbres de plantas de cinco cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum*) en Tucumán, Argentina. XXIV Jornadas Científicas de la Asociación de Biología de Tucumán.

12. Harveson, R. M.; Markell, S. G.; Goswami, R.; Urrea, C. A.; Burrows, M. E.; Dugan, F.; Chen, W. y L. G. Skoglund. 2011. Ascochyta blight of chickpeas. Plant Health Progress Online. file:///E:/GARBANZO/Chickpea-Harveson-et-al.-2011.pdf. Ingreso: 05/2015.

13. INASE. 1990. Tolerancias para la producción de semilla identificada de poroto, arveja, lenteja, garbanzo y haba. Resolución 11/1990.

14. Jenkins, L.; Moore, K.; Cumming, G.; Gil, R. y J.Thelander. 2011. Chickpea planting - seed quality issues in 2011. Date: 14-04-2011. Australian Government. Grains Research and Development Corporation. http://www.grdc.com.au/Research-and-Development/ GRDC-Update-Papers/2011/04/Chickpea-planting-seed-quality-issues-in-2011. Ingreso: 04/2015.

15. Jiménez Fernández, D. 2011. Estudio de la interacción de Fusarium spp. con cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) asociados a la fusariosis vascular mediante técnicas biotecnológicas. Tesis Doctoral. Edita: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Córdoba, España.

16. Jiménez Gasco, M. M.; Navas cortés, J. A. y R. M. Jiménez Díaz. 2005. Evolución de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, el agente de la fusariosis vascular del garbanzo, en razas patogénicas y patotipos. Boletín de sanidad vegetal. Plagas 31: 59-69.

17. Kaur, A.; Sharma, V. K.; Sirari, A.; Kaur, J.; Singh, G. y P. Kumar. 2015. Variability in *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* causing wilt

in chickpea. African Journal of Microbiology Research 9 (15): 1089-1097.

18. Kaur, N. P. y A. N. Muthamilan. 1992. Integrated control of chickpea wilt complex by *Trichoderma* and chemical methods in India. Tropical Pest Management 38: 372-375.
19. Kumar, B. S. D. y S. C. Dube. 1992. Seed bacterization with a fluorescent Pseudomonas for enhanced plant growth, yield and disease control. Soil Biology and Biochemistry 24: 539- 542.
20. Landa, B. B.; Hervás, A.; Bettiol W. y R. Jiménez-Díaz. 1997. Antagonistic activity of bacteria from the chickpea rhizosphere against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*. Phytoparasitica 25: 305-318.
21. Leisso, R. S.; Miller, P. R. y M. E. Burrows. 2010. The influence of biological and fungicidal seed treatments on chickpea (*Cicer arietinum*) damping off. Canadian Journal of Plant Pathology 31 (1): 38-46.
22. Leisso, R. S. y M. E. Burrows. 2007. Field evaluation of biological control and fungicide seed treatments for pre-emergence damping off of chickpeas. Pisum genetics: 39. Brief communications. http://pisum.narod.ru/pg/39/28.pdf. Ingreso: 06/2015.
23. Moore, K.; Ryley, M.; Cumming, G. y L. Jenkins.2011. Chickpea Disease Management Considerations for Northern Growers and Agronomists. North Pulse Bulletin. Pulse Australia. Pp.: 5.
24. Moore, K.; Ryley, M.; Knights, T.; Nash, P.; Chiplin , G.; Jenkins, L.; Brill R. and G. Cumming. 2011. Chickpeas - varietal selection, paddock planning and disease management in 2011. http://www.grdc.com.au/Research-and-Development/GRDC-Update-Papers/2011/04/Chickpeas-varietal-selection-paddock-planning-and-disease-management-in-2011-NORTHERN-REGION-Goondiwindi. Ingreso: 04/2015.
25. Nene, Y. L. 1980. Diseases of Chickpea. Proceeding International Workshop on Chickpea Improvement. ICRISAT, Hyderabaad, India. Pp.: 171-178.

26. Nene, Y. L.; Reddy, M. V.; Haware, M. P.; Ghanekar, A. M.; Amin, K. S.; Pande, S. y M. Sharma. 2012. Field Diagnosis of Chickpea Diseases and their control. ICRISAT. Information Bulletin N°28.

27. Pande, S.; Siddique, K. H. M.; Kishore, G. K.; Bayaa, B.; Gaur, P. M.; Gowda, C. L. L.; Bretag, T. W. y J. H. Crouch. 2005. Ascochyta blight of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review of biology, pathogenicity, and disease management. Australian Journal of Agricultural Research 56: 317-332.

28. Saluzzo, J. A. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. III Jornada Nacional de Garbanzo. INTA, EEA Salta. Pp.: 2-10.

29. Singh, G.; Chen, W.; Rubiales, K.; Moore, K; Sharma, Y. R. e Y. Gan. 2007. Diseases and their Management. En: Yadad, S. S.; Redden, R. J.; Chen, W. y B. Sharma. Chickpea breeding and management. Cromwell Press. Trowbridge, UK. Pp: 497-519.

30. Sillón, M.; Magliano Sillón, F.; Mariano, M. y V. Bonaglia. 2014. Evaluación de la estrategia combinada de fungicida y fosfito de potasio en cultivos de garbanzo en Santa Fe. Bolsa de Comercio de Santa Fé. Comisión Desarrollo de Legumbres. Junio 2014. https://www.bcsf.com.ar/codel.php. Ingreso: 03/2015.

31. Sillón, M. 2014. Patógenos que afectan el cultivo de garbanzo y su manejo. Bolsa de Comercio de Santa Fé. Comisión Desarrollo de Legumbres. Junio 2014. https://www.bcsf.com.ar/codel.php. Ingreso: 03/2015.

32. Viotti, G. 2012. Garbanzo: Cuidado con la siembra. Escasea la semilla de garbanzo de buena calidad. Revista Análisis de Semillas 6 (2): 22.

33. Viotti, G.; Carmona, M. A.; Scandiani, M.; Formento, A. N. y A. Luque. 2012. First Report of *Ascochyta rabiei* causing Ascochyta Blight of Chickpea in Argentina. Plant Disease 9 (9): 1375.

34. Viotti, G. 2012. Advierten sobre presencia de tizón en el garbanzo. En 2011 se detectaron en Córdoba varios focos de la enfermedad. La Voz del Interior. 06 de Enero.

http://www.lavoz.com.ar/cordoba/advierten-sobre-presencia-tizon-garbanzo. Ingreso: 01/2012.

35. Westerlund, F. V. y R. N. Campbell. 1974. Fungal root rots of chickpea in California. Phytopathology 64: 432-436.

CAPÍTULO 10

PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE GARBANZO

Julieta Reginatto, Mariano Toscano, Rafael Castro y Julia J. Carreras

Introducción

En 2003, José Cubero cita a Casiano Baso, quien menciona lo siguiente: "[…] *el trigo que se siembra hay que escogerlo de buena calidad, grueso, duro, terso, de color dorado y fértil en grado sumo; esto se comprueba en la elaboración del pan; hay que rechazar el grano picoteado y arrugado* […]. *Las legumbres todas semejantes a lo dicho* […]." (4). Esto fundamenta los diversos aspectos considerados en la semilla de garbanzo tales como forma, textura, presencia de lóbulos, color firme, dureza; todos ellos homogéneos y propios de cada cultivar. La observación de estas características asegurarán la producción de un grano de buena calidad que se disfrutará en un plato de comida en nuestra casa, en el comedor de los niños en la escuela, o de los soldados en un ejército, por ser su principal destino el consumo humano.

El productor agropecuario compra semilla de las especies donde se pueden desarrollar cultivares híbridos, mientras que es mucho más lenta la adopción de semillas en las especies autógamas como en garbanzo.

En este Capítulo se describe una experiencia desde la liberación de los cultivares de garbanzo hasta la producción de semillas colocada en una bolsa rotulada de poli papel. Aún persisten aspectos

para investigar, profundizar o modificar que serán necesarios abordar en el futuro.

La obtención de un cultivar es uno de los objetivos dentro de un programa de mejora. Este se caracteriza por un rendimiento alto y estable, con tolerancia a factores adversos bióticos o abióticos, y se diferencia por algún atributo en particular de los otros existentes en el momento de inscripción. Este nuevo cultivar dará una solución a una demanda específica del sector productivo.

La producción de semilla, se inicia a partir de un volumen pequeño de semilla genética hasta lograr un volumen mayor que es la semilla comercial con sus diferentes categorías.

Si bien la tarea del obtentor concluye con la producción de la semilla genética del cultivar logrado, es de interés que el productor agropecuario argentino tenga semilla comercial disponible de los cultivares desarrollados; tal situación ocurre en el caso del garbanzo.

Por tal razón fueron necesarios pasos previos tales como tener un Criadero; éste fue *Alpa Sumaj* perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. Por intermedio del mismo se abrió el registro para *Cicer arietinum* L. y se inscribió el cultivar Chañaritos S-156 en el Instituto Nacional de Semillas (INASE), según lo establece la Ley Nacional de Semillas y Creaciones Fitogenéticas N° 20247 (2).

Para la producción de semilla, se interactuó con la Cooperadora y el equipo de legumbres del INTA Cerrillos Salta. A partir de 15 kg de semilla genética - básica se llegó a un volumen de 10 Tn en 3 años agrícolas, y se vendió Semilla Identificada Nominada del cultivar Chañaritos S-156 en el norte de Salta, como se detalla en el Capítulo 7.3.

Estas acciones fueron relevantes para continuar con el Programa de Mejora y para ampliar las relaciones laborales con el sector privado, tales como los Semilleros Rosarito en el Valle de Lerma-Salta y Granaria de Vitulo Agro S.A. en Córdoba, tal como se describe en las Secciones 2 y 3 del Capítulo 7.

En este Capítulo se realizará una descripción de cada cultivar de garbanzo inscripto en INASE por parte del Programa de Mejora de



Garbanzo (UNC, INTA, UNSa) y los logrados por la Experimental Obispo Colombres de Tucumán. Luego se desarrollan los principales aspectos relacionados con la producción de semilla.

Cultivares de garbanzo inscriptos en el Instituto Nacional de Semillas

Chañaritos S-156

Unidad creadora: criadero Alpa Sumaj FCA-UNC.

Técnicos obtentores: Elvio Biderbost, Julia Carreras.

Características destacables: garbanzo tipo Kabuli, porte semi-rastrero en etapa vegetativa y semi-erecto en etapa reproductiva, apto para cosecha mecánica.

Características morfológicas: presenta hoja normal, de foliolos grandes y color verde oscuro. Color de la semilla crema y lóbulos poco asurcados.

Características fenológicas: días a floración 65, ciclo de 140-150 días, tolerante a frío en estado vegetativo.

Características sanitarias: tolerante a *Fusarium sp*.

Características tecnológicas: peso de 100 semillas 49 g. Contenido de proteínas 23%. Palatabilidad excelente. Tiempo de cocción menor a 56 minutos.

Inscripción en el Registro Nacional de la Propiedad de Cultivares: Cultivar N°374, Exp.326/90. 14-05-1992 (Lámina 10.1).

Norteño

Unidad creadora: UNC, UNSa, INTA.

Técnicos obtentores: Julia Carreras, Susana García Medina, Liliana Gray, Norma Collavino, Viviana Fraile, Claudio Panadero Pastrana, Elvio Biderbost.

Características destacables: garbanzo tipo Kabuli, porte semi-erecto en etapa vegetativa y en etapa reproductiva, apto para cosecha mecánica. Calibre de 9 mm.

Características morfológicas: presenta hoja normal, de foliolos grandes y color verde claro. Color de la semilla blanco amarillento y lóbulos poco asurcados.

Características fenológicas: días a floración 90, ciclo 150-170 días, tolerante a frío en estado vegetativo.

Características sanitarias: tolerante a *Fusarium sp*.

Características tecnológicas: peso de 100 semillas 59 g. Contenido de proteínas 23%. Palatabilidad excelente. Tiempo de cocción menor a 56 minutos.

Inscripción en el Registro Nacional de la Propiedad de Cultivares: Cultivar N° 1193, Exp.288.25-12-1998 (Lámina 10.2).

Kiara UNC-INTA

Unidad creadora: criadero Alpa Sumaj UNC, INTA.

Técnicos obtentores: Julia Carreras, María José Allende, Susana García Medina, Claudio Panadero Pastrana.

Características destacables: garbanzo tipo Kabuli, porte erecto, ramas con marcado zigzag. Altura de inserción primera vaina 33 cm, adecuado para cosecha directa.

Características morfológicas: presenta hojas normales y color de foliolos similar a Norteño, semilla de color crema claro con lóbulos pocos asurcados.

Características fenológicas: días a floración 85, ciclo 165 días.

Características sanitarias: tolerante a *Fusarium sp*.

Características tecnológicas: peso de 100 semillas 56 g. Calibre > 9 mm. Contenido de proteínas 23%. Tiempo de cocción menor a 56 minutos. Palatabilidad excelente.

Inscripción en el Registro Nacional de la Propiedad de Cultivares: Cultivar N°3268, Exp.0485647/10.19-11-2012 (Lámina 10.3).

Felipe UNC-INTA

Unidad creadora: criadero Alpa Sumaj UNC, INTA.

Técnicos obtentores: Julia Carreras, María José Allende, Susana García Medina, Claudio Panadero Pastrana.

Características destacables: porte erecto en etapa vegetativa y en reproductiva, apto para cosecha mecánica, tolerante al frio en vegetativo. Excelente tasa de multiplicación.

Características morfológicas: presenta hojas normales y color de foliolos similar a Norteño, color de la semilla blanco amarillento con lóbulos pocos asurcados.

Características fenológicas: días a floración 75, ciclo 150 días.

Características sanitarias: tolerante a *Fusarium sp*.

Características tecnológicas: peso de 100 semillas 51 g. Contenido de proteínas 23%. Tiempo de cocción menor a 56 minutos. Palatabilidad excelente.

Inscripción en el Registro Nacional de la Propiedad de Cultivares: Cultivar N°3267, Exp.0485572/10.19-11-2012 (Lámina 10.4).

TUC 464

Unidad creadora: Experimental Obispo Colombres de Tucumán.

Técnicos obtentores: Oscar Vizgarra, Clara M. Espeche.

Características destacables: porte erecto al momento de cosecha, adaptado a trilla directa, altura de planta 50,7 cm. Posee un buen comportamiento a frio.

Características morfológicas: color de la semilla crema, zigzag de los entrenudos leve.

Características fenológicas: días a floración 105, ciclo 155 días.

Características sanitarias: medianamente susceptible a *Fusarium sp.*

Características tecnológicas: peso de 100 semillas 34 g en secano y 39,7 g con riego (Lámina 10.5).

TUC 403

Unidad creadora: Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres.

Técnicos obtentores: Oscar N. Vizgarra, Clara M. Espeche.

Características destacables: posee porte semirastrero en estapa vegetativa y semierecto en cosecha. Altura de planta 47,55 cm.

Características morfológicas: el zigzag de los entrenudos es marcado.

Características fenológicas: se destaca por tener un ciclo corto, días a floración 70, 125 días a cosecha.

Características sanitarias: medianamente susceptible a *Fusarium sp*.

Características tecnológicas: peso de 100 semillas 35 g en secano y 37,5 g con riego (Lámina 10.5).

Producción de semilla de garbanzo

A partir de la semilla genética de un cultivar se inicia la etapa de producción, en la cual el valor intrínseco de la semilla es fundamental. Para la producción se consideran aspectos tales como zona, fecha de siembra, selección purificadora, secado, cosecha, beneficio y el control de malezas.



Conceptos de semilla y de grano.

La semilla es un óvulo fecundado y maduro qué incorpora un acervo genético de sanidad, poder germinativo, pureza varietal y física, de procedencia conocida. A medida que pasan los ciclos de siembra, el material se va modificando y puede perder algunas de las características mencionadas, principalmente por mezclas mecánicas, mutaciones, enfermedades, entre otros factores (6) (Lámina 10.6).

La semilla es el material portador de los avances genéticos que permiten aumentar el rendimiento, lograr calidad, obtener resistencia o tolerancia a enfermedades y a factores abióticos, como así también la estabilidad de la producción a lo largo de las campañas agrícolas. Un productor de garbanzo necesita semilla portadora de los atributos mencionados para iniciar el ciclo agrícola.

Ateca y Beltramini describen la semilla de garbanzo en el Capítulo 2 e indican que se caracteriza por presentar radícula prominente, tegumento delgado y sensibilidad a los golpes de acarreo. La emergencia de la planta ocurre en un ambiente frío y húmedo, condiciones muy favorables para las infecciones fúngicas. Por esta razón, es relevante conocer la sanidad del lote de semilla e iniciar las labores detalladas por Sillón y Viotti en el Capítulo 9.

Cuando se utiliza grano con dicho fin, aparecen problemas de orden productivo tales como bajo stand de plantas, distribución despareja, transmisión de enfermedades, mezcla de variedades de distinto ciclo, produciendo complicaciones en el momento de la cosecha. En lo comercial se observa falta de uniformidad en color, forma y cocción despareja entre otros inconvenientes, lo que se traduce en una disminución del precio de venta.

En Argentina, por disposición del INASE, la semilla de garbanzo debe comercializarse dentro de la categoría **Identificada** con la posibilidad de **Nominar** el cultivar. Son requisitos cumplir con un 98% de pureza físico-botánica y 80% de poder germinativo, como mínimo. Se trabaja en pos de lograr la categoría **Fiscalizada** para los nuevos cultivares.

Para la producción de semilla se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Elección de la zona

El lugar de producción de semilla donde se realizará la multiplicación es un aspecto que impacta directamente en la calidad del producto final. Saluzzo (Capítulo 4) define diferentes zonas para Argentina. La más adecuada para la producción de semilla se caracteriza por un clima árido o semiárido, con precipitaciones anuales bajas, y posibilidad de utilizar riegos complementarios cuando el cultivo lo requiera.

El Departamento Cruz del Eje, ubicado al oeste de la Provincia de Córdoba, se identifica con lo anterior, con alta heliofanía durante varios días del año. Lo mismo sucede en el Valle de Lerma en Salta. En ambos lugares se ha logrado producir semilla de los cultivares con excelente calidad de producto final, referido a tamaño, uniformidad de color, poder germinativo de 90%, pureza física (Lámina 10.6). También las condiciones ambientales de estas localidades ayudan a la obtención de un producto de excelente calidad sanitaria (3, 7).

Fecha de siembra

Tiene una relación directa con el adecuado desarrollo vegetativo para sortear los fríos del invierno y las altas temperaturas de primavera, que ocurren en el fin de ciclo. Luego la planta se prepara para iniciar la etapa reproductiva fundamental para una producción óptima. Las lluvias que se producen al culminar el ciclo de cultivo, principalmente en los meses de primavera (noviembre), impactan de forma negativa sobre la calidad de la semilla, disminuyendo principalmente el poder germinativo y la sanidad (Lámina 10.6).

La flor es el órgano más sensible a las temperaturas extremas. La temperatura óptima para la germinación del grano de polen es 25°C. Por encima de 35°C y por debajo de 15°C el cuaje disminuye. Varios factores son considerados en esta etapa relevante del ciclo de cultivo, la que fue descripta por Toledo en el Capítulo 5 y Biderbost en el Capítulo 7.1 como parte del conocimiento que brinda la experimentación local en el germoplasma disponible. También se encontrará más información sobre este tema en las referencias bibliográficas 5, 7, 8, 18, descriptas al final de este Capítulo.

Una fecha de siembra apropiada para el Norte de Córdoba es el 15 de mayo, ya que permite un adecuado seguimiento de cada una de las etapas del ciclo del cultivo. La cosecha se ubicará en la segunda mitad del mes de octubre, previo a la llegada de las precipitaciones estivales que son las que deterioran la calidad de la semilla. Para el Valle de Lerma, en Salta, la fecha de siembra se ubica entre fines de mayo o inicios de junio.

Con la fecha de siembra de garbanzo se relaciona la rotación de cultivos necesaria para mantener la fertilidad del suelo, el control de malezas, y fundamentalmente el corte de los ciclos de enfermedades e insectos; por ello las gramíneas son antecesoras adecuadas (Lámina 10.7).

Selección purificadora

Es un trabajo muy propio del mejorador-genetista. Con esta metodología se elimina de los lotes de producción de semilla, dentro de cada categoría, a toda planta que no corresponda al cultivar.

Para esta tarea es necesario conocer los descriptores que figuran en el expediente que se presenta en el INASE para la inscripción del cultivar, tanto en los Registros del cultivar como de la Propiedad del cultivar. En las categorías de semilla genética, original y comercial, la pureza genética debe estar en el orden del 99%, con una pureza física botánica del 98%.

Esta eliminación de fuera de tipo comercial empieza en el lote, continúa en las diferentes etapas del proceso de producción y puede llegar hasta antes del embolsado de la semilla.

Secado y cosecha

El momento de cosecha es decisivo para lograr una semilla con los atributos de calidad tales como: pureza genética, física, sanitaria y poder germinativo. La incidencia de lluvias durante la cosecha baja la calidad de la semilla, pues afecta principalmente su poder germinativo debido a que el tegumento de la semilla posee un

espesor muy delgado y se hidrata rápidamente (5, 7, 8, 9, 13, 18) (Lámina 10.6). La limpieza de la cosechadora es un prerrequisito antes de entrar a un lote; se puede utilizar aire a presión para eliminar restos de la trilla anterior, como así también descartar los primeros volúmenes cosechados para evitar mezclas con otras variedades.

Las semillas de leguminosas son sensibles al daño mecánico. En el caso de garbanzo, al encontrarse el embrión expuesto, su susceptibilidad es mayor, por lo cual la regulación de la maquina cosechadora merece especial atención (Ateca y Beltramini, Capítulo 2: Estudio morfológico, en este mismo libro).

La cosechadora de trilla axial es muy adecuada para garbanzo por su forma de trabajo. Con las máquinas convencionales bien reguladas, se pueden conseguir buenos resultados. Con el fin de minimizar el daño mecánico a la semilla, el sistema de trilla se deberá regular tratando de disminuir su agresividad al máximo. Para rotores axiales se usa una velocidad entre 200 y 350 rpm; en un cultivo deshidratado parejo se disminuyen las revoluciones durante la trilla. Si se presentan condiciones alternantes de secado de vaina desparejo, se puede incrementar las vueltas del rotor. Los especialistas en manejo de cosecha recomiendan no superar las 400 rpm en ninguna circunstancia. En cosechadoras convencionales se utiliza 50-100 rpm más que las axiales. En relación a la apertura del cilindro-cóncavo deberá ser de 30 mm para lotes de madurez uniforme y de 15 mm para lotes desparejos (9).

La humedad de la semilla próxima al 12% es la óptima para iniciar la cosecha; por debajo se incrementan los daños mecánicos y por encima se corre el riego de problemas en almacenamiento debido a la proliferación de hongos y bacterias (Lámina 10.6)

Al ser el garbanzo un cultivo de ciclo indeterminado, es necesario en la mayoría de las zonas donde se produce esta leguminosa aplicar un desecante, comúnmente glifosato o gramoxone, para cortar su ciclo. Esta práctica tiene tres objetivos: eliminar las malezas que puedan haber escapado al pre emergente, evitar el manchado de la semilla durante la cosecha y homogenizar la madurez del cultivo.



En la comuna de Chañaritos, del Departamento Cruz de Eje, las condiciones de estrés hídrico y altas temperaturas en el mes de octubre generan una madurez homogénea de las plantas. Esto permite evitar el uso del desecante, la semilla presenta los atributos de calidad, y la cosecha se realiza sin mayores problemas.

El momento adecuado para el secado de un lote es cuando el 90-95% de las semillas han alcanzado el estado de madurez fisiológica. Dicho estado es cuando la semilla comienza a tornarse verde clara y la vaina vira al color amarillo. Un indicador más simple es desecar cuando el 85% de las vainas presentan color amarrillo-marrón. El secado anticipado puede aumentar la presencia de granos color verde, de menor tamaño y reducir la viabilidad de la semilla (Lámina 10.8).

Almacenamiento, proceso y acondicionamiento

Para mantener la calidad de la semilla luego de cosechada, se deberá tener en cuenta la humedad relativa y la temperatura ambiental ya que son las variables que más influyen en el almacenamiento.

van Gastel et al. (18) relacionan la longitud del período de almacenamiento con la temperatura y humedad relativa para mantener la calidad de la semilla. Para un período de 9 meses de almacenamiento y temperaturas menores a 30°C, la humedad relativa no debería superar el 60%. Para 18 meses, las condiciones son 50% de humedad y 20°C de temperatura. Mientras menor sea la temperatura y la humedad ambiental del lugar de acopio, la calidad se perderá más lentamente. La humedad ideal de la semilla es del 10 al 12% para períodos cortos de almacenamiento (8 meses) (18).

Una experiencia local de este equipo de trabajo, confirma la correlación negativa entre humedad de la semilla al momento de la trilla por encima de lo recomendado y su viabilidad. En el caso de referencia se cosechó la semilla con 13,5% de humedad y un poder germinativo de 85%. El producto de la cosecha se almacenó en un silo bolsa. A los seis meses, el poder germinativo fue de 40%.

En el caso de largos períodos de almacenamiento, la semilla debe protegerse del ataque de insectos pulverizando periódicamente con productos autorizados. Cuando la época de cosecha coincide con alta humedad relativa, las semillas de garbanzo son más susceptibles a ser infestadas por gorgojos. Se ha comprobado que una dosis de 3 mg/l de fosfamina con 4 días de exposición a 25°C es adecuada para controlar los diferentes estados de desarrollo de *Sitophilus oryzae*, para este tratamiento la humedad de la semilla debe ser inferior al 12%. Por otra parte, una dosis alta de fosfamina (superior a 6 mg/l) y humedad por encima del 12% produce fitotoxicidad en la semilla y puede afectar su viabilidad (12).

Se recomienda hacer el traslado desde el campo a la planta de procesamiento en camiones tipo batea que hayan sido sometidos a una buena limpieza, aunque parezca obvio son recaudos a considerar mediante uso de escoba o sopladores. Se deberá tener especial cuidado en preservar la identidad de cada lote y evitar mezclas con otros materiales. Los lotes con semilla se identifican en cada momento de las tareas debido al recorrido que realizan en la planta de proceso La infraestructura de acopio de semilla se diseña y proyecta para recibir, acondicionar, procesar, embolsar y acopiar el producto logrado. Deberá ser un lugar limpio, fresco y de baja humedad ambiental. Previo al ingreso de la semilla, debe limpiarse la planta completamente, incluyendo el galpón, maquinas, acopios, norias, pozos de norias, etc., para no correr riesgo de mezcla con otras variedades o especies.

Cuando la semilla se recibe a granel en la planta se toma una muestra; la misma se forma a partir de varias sub-muestras que siguen un protocolo de calado de camión. A partir de esta se realiza un análisis donde se determina humedad (%), se detallan las clases de cada calibre y los defectos (daño por insectos, partido, manchado, inmaduro). Luego se envía al laboratorio para evaluar poder germinativo y sanidad.

En general, las variedades Kabuli sembradas en Argentina se caracterizan por presentar semillas de calibre 7-8-9 mm según cultivar. En el caso de genotipos Desi los calibres son menores (3).



A partir de esta muestra se diseña el proceso de acondicionamiento (tipo y calibre de zarandas a utilizar, el flujo que tendrá la mercadería en las máquinas, etc.). El primer tratamiento al que se somete la semilla es el de pre-limpieza, el cual tiene como objetivo eliminar los materiales más grandes y más pequeños que la semilla, además del polvo. Los pasos siguientes son para mejorar el lote por medio de la separación de las semillas de buena y mala calidad y clasificarla por distintos tamaños. La separación es posible porque las semillas presentan diferentes largos, anchos, espesores, pesos, formas, texturas y color según el cultivar (2, 6).

Diversas maquinas se combinan en una secuencia específica para lograr la separación adecuada (8, 18). Las más utilizadas son las clasificadoras de tamaño por zarandas, densimétrica y clasificadoras ópticas u electrónica.

A modo de ejemplo, la planta procesadora de semillas de legumbres situada en Colonia Caroya (Granaria de Vitulo S.A.) (Córdoba) y diseñada especialmente para garbanzo, consta de la siguiente combinación y secuencia de máquinas (Láminas 10.9 y 10.10):

1. Pre-limpieza: donde se separa por zaranda, extracción eólica y ciclón el material más grande y más chico, además del polvo.
2. Clasificadora por zarandas: mesa clasificadora por zarandas donde se separan los distintos calibres de semilla y el partido.
3. Mesa densimétrica o vibradora: cuya función es separar partículas con la misma granulometría pero con distintos pesos específicos o densidades; en esta instancia se separan y descartan granos picados, mordidos, blanqueados y afectados por hongos; es decir, que no difieren en tamaño pero sí tienen menor peso específico.
4. Clasificadora óptica/electrónica: la última máquina en la línea antes del embolsado. Separa por características cromáticas y otras propiedades ópticas. Se eliminan semillas manchadas y/o semillas de otras especies o variedades que difieran en color y que por características físicas similares a la semilla de garbanzo no hayan sido eliminadas en instancias anteriores del proceso.

5. Línea de embolsado con trampa de metales y extracción de muestras: última etapa de la línea de proceso; el producto final es la bolsa de semilla terminada. En este caso cada bolsa de poli papel contiene 35 kg de semilla.

Manejo de malezas en el cultivo de garbanzo

Se denomina maleza a cualquier especie vegetal que crece en el lote de producción de garbanzo. El problema de las malezas es la competencia que genera con el cultivo por agua, luz y nutrientes, provocando pérdida de productividad.

El garbanzo es un cultivo poco competitivo frente a las malezas, principalmente en sus primeros estadios debido a su lenta emergencia, baja tasa de crecimiento en las primeras etapas vegetativas y demora para cubrir el entresurco. Requiere estar libre de malezas durante los primeros 55 días para evitar la competencia y facilitar la cosecha (9). El período crítico, según estudios conducidos en India (10), se ubicaría en las primeras cuatro a seis semanas. En Argentina, con el uso de la siembra directa queda abundante rastrojo del cultivo antecesor y pueden prosperar las malezas, por lo cual son necesarias diferentes prácticas de manejo de malezas.

Las malezas no solo limitan alcanzar el potencial de rendimiento del cultivo en un ambiente determinado, sino que en garbanzo también afectan la calidad del producto final, incidiendo en el tamaño y manchando la semilla, con la consecuente disminución del precio de venta y complicaciones en la comercialización.

En la India, principal país productor de garbanzo en el mundo, se reportan pérdidas del 40 al 87% debido a las malezas. En Rusia van del 41 al 42%. En el oeste de Asia las mermas son del 23 al 54%. En Argentina, depende del manejo que se realice en el lote con respecto a rotaciones y herbicidas. Las diferencias en las pérdidas se deben a variaciones en las intensidades de infestación y las especies de malezas presentes (7, 8, 10).

Las principales malezas que pueden afectar al cultivo de garbanzo son especies de ciclo otoño-invierno-primaveral. Su composición y abundancia relativa depende de múltiples factores



entre los que se puede mencionar: zonas geográficas, características del suelo, cantidad de humedad, patrón de precipitación, temperatura, latitud, altitud, historial de los lotes, rotación de cultivos, manejo de cultivos, etc. La mayor diversidad se encuentra en especies latifoliadas anuales (Tabla 10.1).

Tabla 10.1: Malezas importantes en el cultivo de garbanzo.

Nombre científico	**Nombre vulgar**	**Nombre científico**	**Nombre vulgar**
Brassica rapa L.	Nabo	*Sonchus oleraceus* L.	Cerraja
Rapistrum rugosum L. All.	Mostacilla	*Senecio vira-vira* Hieron.	Senecio Plateado
Carduus spp.	Cardo	*Conyza bonariensis* (L.) Cronquist	Rama Negra
Parietaria debilis (L.) G. Forst.	Ocucha	*Lamium amplexicaule* L.	Ortiga Mansa
Bowlesia incana Ruiz & Pav.	Perejilillo	*Urtica urens* L.	Ortiga
Capsella bursa-pastoris L. Medik.	Bolsa de Pastor	*Polygonum aviculare* L.	Sanguinaria
Bromus catharticus Vahl.	Cebadilla Criolla	*Petunia axillaris* (Lam.) Britton, Stern & Poggenb.	Petunia
Avena spp.	Avenas	*Lolium multiflorum* Lam.	Raigras annual

El manejo de las malezas en este cultivo debe hacerse en forma integral, considerando todas las posibilidades, donde se combinen prácticas preventivas, manejos culturales y controles químicos.

Prácticas preventivas

Son las tareas que tienden a evitar la entrada de semillas de malezas al lugar de producción ya sea para este cultivo o los que integran el sistema de producción. Una de las fuentes de contaminación son las máquinas cosechadoras sucias por lo que es importante controlar y limpiar las cosechadoras antes de que ingresen en un campo.

Prácticas culturales

Diferentes prácticas de manejo permiten controlar malezas y minimizar su presencia durante el ciclo de cada cultivo. Por ejemplo:

Se puede incluir al garbanzo en una **rotación**. Los cultivos antecesores, ya sean cereales como maíz, sorgo, u oleaginosas como girasol deben ser buenos competidores frente a las malezas para disminuir la presión de las mismas en el lote.

La elección del lote con un historial de presión de malezas bajo, ayuda al desarrollo del cultivo. Aquellos con alta presión de malezas, principalmente dicotiledóneas, deben ser descartados para evitar el fracaso del cultivo. Es relevante un lote limpio en el momento de la siembra, sin malezas establecidas, ya que cualquier inconveniente en el control de estas, afectará la producción. Malezas suculentas como cardo (*Carduus spp.)*, pueden disminuir el rendimiento del cultivo por competencia y por manchado en cosecha, produciendo perdidas de calidad.

Con semillas de buena calidad (limpias y con alto poder y energía germinativa), habrá emergencia pareja y plantas vigorosas para competir con las malezas. El uso de semilla **Identificada** y **Fiscalizada** realiza un aporte en forma directa a un lote de producción al asegurar un buen grano a la cosecha. Una fecha de siembra temprana ayuda a una implantación uniforme, mayor crecimiento del cultivo en la etapa vegetativa, cierre de surcos, lo que redundará en una mejor competencia frente a malezas. Los lotes en siembra directa y bajo secano que logran un cierre de surco temprano, normalmente no presentan malezas en estado reproductivo; esto será diferente en lotes con riego y/o bajo manejo convencional.

Otro aspecto es la densidad de siembra y el espaciamiento, este último pasó de 0,70 m en la siembra convencional a 0,52 m en la siembra directa. También se aumentó el número de semillas en el surco para lograr una mayor competencia frente a las malezas. Para fechas de siembra tardías es conveniente el acercamiento de entresurcos para favorecer al cierre de los surcos.



Control químico

Uno de los principales inconvenientes del garbanzo en Argentina es la escasa a nula presencia de productos específicos inscriptos. Esto limita las recomendaciones que los técnicos pueden dar a los productores, las cuales deben ajustarse de acuerdo a las normativas de cada zona. Los productores realizan sus propias experiencias con diferentes herbicidas, y en la práctica se utilizan productos que actualmente no están registrados para el garbanzo.

El manejo químico de malezas combina la utilización de herbicidas en las diferentes etapas del cultivo: barbecho, pre-siembra/pre-emergencia y post-emergencia.

En barbecho, la estrategia es mantener el lote limpio de malezas para preservar y acumular agua que utilizará el cultivo. La clave en esta etapa es llegar al momento de la siembra con un lote limpio de malezas. En este período se pueden usar herbicidas no selectivos como glifosato; solos o en mezcla con herbicidas residuales. Si se usan residuales, se debe tener en cuenta el tiempo de residualidad del producto a utilizar para evitar fitotoxicidad.

En el período pre-siembra/pre-emergencia, la aplicación de herbicida es para controlar las malezas que están presentes, y los futuros nacimientos en las primeras etapas del cultivo. Se pueden utilizar productos residuales selectivos para garbanzo, resultando por el momento una herramienta efectiva. Se encuentran inscriptos dos productos residuales: S-metacloro y sulfentrazone. En otros países se utilizan metribuzín, pendimetalina, prometrina, imazetapir que no están registrados en Argentina. En la práctica, el productor argentino también está usando estos productos en dosis que varían según experiencias particulares. Es común usar imazetapir en dosis de 600 cm^3/ha (i.a. al 10%), prometrina en dosis de 1,5 a 2 lts/ha (i.a al 50%), solos o en mezcla con metribuzin o pendimetalina.

En el Valle de Culiacán, Sinaloa (México), presentaron resultados satisfactorios los herbicidas a base de acetoclor, pendimetalina e imazetapir aplicados en pre-emergencia en dosis de 2,5; 4,0 y 1,0 lts/ha, respectivamente (13, 14, 17). Algunos herbicidas utilizados en garbanzo, con buenos resultados en el control de malezas de hoja

ancha en diferentes países, son: cianazina, metalacloro, oxifluorfen, pendimetalina, prometrina y trifluralina (10, 11, 13, 14, 15, 16, 17).

Durante el período de post-emergencia, los productos químicos selectivos son más escasos. Para control de monocotiledóneas, como avena o cebadilla, se pueden aplicar graminicidas (fop y dim), aunque estos carecen de registro en el Senasa. Para las dicotiledóneas, el control se torna más complicado debido a que la mayoría de los herbicidas post-emergentes que se usan en otros cultivos de leguminosas, no son selectivos para el garbanzo.

En ensayos que se realizaron en el norte de Córdoba se probaron algunos productos post-emergentes (clorimuron, fomesafen, imazetapir, prometrina) a dosis de marbete y todos afectaron en mayor o menor medida al garbanzo, provocando fitotoxicidad.

En Tucumán, se observó que el cultivo no tolera a la mayoría de los herbicidas post-emergentes para latifoliadas citados a nivel mundial, ni tampoco a los utilizados localmente en otros cultivos de leguminosas para igual fin (2,4-DB, clorimuron, bentazón y fomesafen) (15). El benazolin es un herbicida postemergente utilizado para control de malezas de hoja ancha en garbanzo, que aplicado en estado de plántulas de las malezas ocasiona un buen efecto supresor sobre cerraja (*Sonchus oleraceus*) y senecio (*Senecio vira-vira*). Estas son malezas suculentas que provocan el manchado del grano.

Consideraciones finales

La Ley Nacional de Semillas y Creaciones Fitogenéticas N°20.247 se promulga en 1973, mientras que el decreto reglamentario y la creación del Instituto Nacional de Semillas, en 1991. A esto acompañó el incremento de variedades nacionales protegidas, entre otras numerosas relaciones con el sector agropecuario. Los obtentores tienen un instrumento legal para negociar sus autorizaciones con los multiplicadores o con los productores, considerando su interés público o privado. Por otro lado, los

agricultores tienen más opciones de diferentes variedades de garbanzo registradas (RNC registro nacional de cultivares y RNPC registro nacional de la propiedad de cultivares).

A la fecha hay registradas seis variedades de garbanzo: **Chañaritos S-156**, liberado en 1992, **Norteño** en 1998, **Kiara UNC-INTA** en 2012*,* **Felipe UNC-INTA** en 2012, **TUC 403** en 2014, **TUC 464** en 2014.

Ellas son un punto de partida para sostener e incrementar la producción de garbanzo, la cual se caracteriza por una tasa de multiplicación 1:20 para los cultivares Chañaritos S-156 y Norteño.

Por último el uso de bolsa blanca, por parte del productor agropecuario daña fuertemente la investigación realizada por los obtentores, desconociéndose la propiedad intelectual.

Bibliografía

1. Badiali, O. J. S/F. Acondicionamiento de semillas. FCA-UNC. Córdoba, Argentina.
2. Biderbost, E. y J. Carreras. 1991. Chañaritos S-156: nuevo cultivar de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Agriscientia VIII: 15-18.
3. Carreras, J.; Allende, M. J.; Saluzzo, A.; Ávalos, S.; Mazzuferi, V.; Ateca, N.; García Medina, S. y C. Panadero Pastrana. 2014. Chickpea crop in Argentina: An opportunity to diversify the national production. Legume Society. Legume perpectives. The timeless chickpea. Big hearts pulse within pods. The Journal of the International Legume Society 3: 36-38.
4. Cubero, J. I. 2003. Introducción al mejoramiento genético vegetal. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp.: 10-50.
5. De Miguel, E. 1991. El Garbanzo, una alternativa para el secano. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp: 33-97.

6. De Simone, M. y V. Failde de Calvo. 2002. El cultivo de poroto en la República Argentina. INTA Salta, Argentina. Pp.: 173-199.

7. Garcia Medina, S. 2005. Manejo del cultivo de garbanzo. Control y manejo de plagas y enfermedades. Herbicidas. http://anterior.inta.gov.ar/salta/info/documentos/legumbres/garbanzo.pdf. Ingreso 04/2015.

8. Gaur, P. M.; Tripathi, S.; Gowda, C. L. L.; Ranga Rao, G. V.; Sharma, H. C.; Pande, S. y M. Sharma. 2010. Chickpea Seed Production Manual. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Andhra Pradesh, India. Pp: 8-19.

9. Giordano, J.; Sanches, F.; Méndez, J.; Peiretti, J. y M. Bragachini. 2012. Eficiencia de cosecha de garbanzo. http: //www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/Eficiencia-Cosecha-Garbanzo.pdf. Ingreso: 04/2015.

10. Knott, C. M. y H. M. Halila. 1988. Weed in food legumes: problems, effects and control. En: Summerfield, R. J. (Ed.). Word crops: Cool season food legumes. Kluwer Academic Publishers, Holanda. Pp: 535-548.

11. Lyon, D. y R. Wilson. 2005. Chemical weed control in dryland and irrigated chickpea. Weed Technology 19 (4): 959-965.

12. Mazzuferi, V. E.; Carreras, J. y F. Casanoves. 2000. Uso de fosfamina para el control de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) en semillas de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y efectos sobre su viabilidad. Agriscientia XVII: 65-68.

13. Martínez Díaz, G.; Morales Gómez, J. y L. Duron Noriega. 2004. Capítulo 3-7. Siembra, cosecha, malezas. En: Morales Gomez, J.; Duron Noriega, L.; Martinez Diaz, G.; Nuñez Moreno, J. y A. Fu Castillo. El cultivo de garbanzo blanco en Sonora. Sonora, México. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agricolas y Pecuarias. Hermosillo, México. Pp.: 65-168.

14. Martinez, D. y P. Medina. 1988. Período Crítico de competencia de la maleza en el cultivo de garbanzo, en la Costa de Hermosillo, Sonora. IX Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza. Ciudad Juárez, México. Pp: 381-390

15. Olea, I.; Vinciguerra, F. y S. Sabaté. 2013. Manejo de malezas en garbanzo cultivado en secano en Tucumán. En: Vizgarra, O; Espeche, C. y D. Ploper. El cultivo de garbanzo en el Noroeste Argentino. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán, Argentina. Pp.: 79-84.

16. Papa, J. C. 2013. Control de malezas en garbanzo. http://inta.gob.ar/documentos/control-de-malezas-en-garbanzo/at_multi_download/file/INTA-control-de-malezas-garbanzo.pdf. Ingreso: 04/2015.

17. Soltero, D. L.; Pérez, J. F y A. J. Valencia Botín. 2009. Evaluación de herbicidas para el control de malezas en garbanzo de riego en la región Ciénaga de Chapala, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Revista UDO Agrícola 9 (4): 831-836.

18. van Gastel, A. J. G; Bishaw, Z; Niane, A. A.; Gregg, B. R. y Y. Gan. 2007. Chickpea seed production (Cap.20). En: Yadav, S.; Redden, R.; Chen, W. y B. Sharma (Eds.). Chickpea breeding and management. CAB International, India. Pp.: 417-444.

CAPÍTULO 11

MECANIZACIÓN EN EL CULTIVO DEL GARBANZO

Jorge F. Cosiansi, Rubén O. Coirini, Juan J. Godoy, Sergio Hayipanteli

Introducción

Los granos de garbanzo que se comercializan con mejor precio son aquellos que tienen tamaño grande, forma y color uniforme, características éstas que dependen de la variedad, sanidad, el momento de cosecha y el grado de selección que se le realice al grano cosechado.

La calidad del grano obtenido, ya sea para consumo o para semilla, depende de la genética y de las condiciones en que se desarrollan las plantas, tanto del suelo como del ambiente que las rodea. El manejo del cultivo se inicia desde la elección del cultivar a sembrar, teniendo en cuenta: fecha y tipo de siembra, convencional o directa, con riego o en secano, controles sanitarios antes y durante el cultivo, ocurrencia de heladas y precipitaciones, momento de cosecha y labores de beneficio de grano o de semilla. Muchas de estas actividades se satisfacen, de acuerdo a la escala de producción, con procesos de acondicionamiento a través de máquinas capaces de realizar de forma eficiente y eficaz estas tareas.

La calidad del material cosechado depende, entre otros factores, de la particularidad de la siembra, y esta a su vez de la calidad de los procesos de cosecha y post-cosecha, por lo cual esta interdependencia obliga a que todos los procesos deban de ser hechos con calidad excelente. Por lo tanto, la mecanización

incorporada en el ciclo del cultivo tiene que propender al mantenimiento de la calidad en cada una de las intervenciones.

Historia

En sus inicios, el cultivo de garbanzo en la Provincia de Córdoba se realizaba probablemente en chacras aledañas a la ciudad capital, para sustento de sus pobladores hacia finales del siglo XVI (Capítulo 1). Cuando el cultivo se realiza a principios del siglo XX en la zona de Cruz del Eje, la preparación del terreno consistía en arada con disco, rastreada, bordeado para riego por inundación de pre siembra y rastreado final. Para su implantación se utilizaban sembradoras de grano grueso con unidades de siembra separadas a 0,70 m, adaptando los orificios de las placas horizontales al tamaño de la semilla.

Una vez instalado el cultivo, se pasaba un aporcador abriendo surcos entre las líneas de siembra para combatir las malezas en forma mecánica y regar. La cosecha se realizaba arrancando o cortando con pala las plantas ya entregadas, disponiéndolas en manojos sobre los surcos, para posteriormente trasladarlas en acoplado hasta el lugar donde se emparvaba. El desgrane y limpieza se realizaba con maquinaria fija que era trasladada al pie de la parva, o pisando las plantas con caballos o tractor que luego se venteaban para obtener el grano. Estos métodos producían pérdidas de vainas y granos en el transporte y rotura de granos en el proceso de trilla, repercutiendo en la calidad de la semilla obtenida y en los rendimientos del cultivo que oscilaban entre 500 a 800 kg/ha.

Este sistema tenía altos costos en mano de obra y dificultades en la comercialización, por lo que los productores de esta zona en la década del 90' abandonaron casi por completo este cultivo.

A principios de la década del 2000, la incorporación de cultivares adaptados a la zona, nuevas maquinarias, técnicas de manejo del cultivo y canales de comercialización, trajeron aparejado un incremento en los rendimientos, incorporándose el cultivo a grandes extensiones, la exploración de nuevas áreas de la Provincia y la



exportación de granos, haciendo de este cultivo una alternativa con opción rentable en invierno.

Siembra

En el país se siembran principalmente dos variedades: Chañaritos S-156 y Norteño. Con respecto a las semillas, estas varían levemente en tamaño y color, lo cual minimiza las regulaciones de la sembradora para la siembra. Si bien Norteño se distingue por presentar una proporción mayor de semillas grandes (9-10 mm), en ambas el tamaño varía entre 7 y 10 mm con una concentración mayor entre 7-8 mm, por lo cual se realiza la selección de las semillas por tamaño. El calibre se tendrá que tener en cuenta con los nuevos cultivares Kiara UNC-INTA y Felipe UNC-INTA.

Las dos primeras variedades mencionadas son de ciclo largo e indeterminado, inician la floración entre la última quincena de agosto y primera de setiembre, realizándose la cosecha alrededor de la primera quincena de noviembre, dependiendo de la fecha de siembra y localidad de Argentina (13). En algunos casos, se observa en los lotes diferencias en la maduración que pueden ser ocasionadas por distintas condiciones ambientales o edáficas por lo que, para lograr un producto uniforme a la cosecha, se utilizan desecantes químicos.

Dado que en el proceso de siembra intervienen acciones físico-mecánicas, la uniformidad de todos sus parámetros garantizará una siembra de calidad.

Parámetros de calidad necesarios a tener en cuenta en las semillas y en la sembradora

En la semilla

Para el éxito en la producción de garbanzo una semilla debe reunir los atributos del cultivar a sembrar, con los más altos valores de pureza genética, poder germinativo, pureza física y sanidad por lo cual deberá considerarse:

1. que la semilla a sembrar sea de una sola variedad;
2. que esté limpia de elementos extraños y semillas dañadas;
3. que esté clasificada por tamaño en rangos de 1 mm;
4. que sea viable, con alto poder germinativo y energía germinativa o vigor;
5. que esté curada en prevención de patógenos e inoculada con bacterias fijadoras de nitrógeno.

En la sembradora

La semilla posee características físicas particulares que definen su comportamiento dinámico en el proceso de siembra, por lo que se tendrán en cuenta los siguientes parámetros en la máquina:

I – Que los *tubos de entrega* de semilla a los dosificadores se dispongan rectos, con una pendiente mayor a 50° y con una sección de por lo menos 9 veces el tamaño de la semilla, con paredes internas lisas, a fin de garantizar el abastecimiento fluido.

II – Entre los *dosificadores mecánicos* se pueden utilizar los de placa, evitando el uso de los dosificadores volumétricos porque son imprecisos y rompen las semillas. Para garantizar la eficacia y calidad de la siembra la placa deberá presentar las siguientes características:

1. Tener un gran número de orificios en dos o tres hileras para minimizar la velocidad de rotación y facilitar la carga de los mismos. Evitar el uso del orificio oblongo ya que produce siembras más imprecisas, en grupos de semillas, con la consecuente disminución de producción (Figura 11.1).
2. Los orificios deberán ser de sección circular para llevar una sola semilla. En la entrada deberán estar achaflanados y pulidos, con un diámetro algo mayor al largo de la semilla más grande, con un tallado cónico ampliándose hacia la salida y con una profundidad, dada por el espesor de la placa, igual al espesor de la semilla más grande (1, 7). Esto permitirá lograr un tratamiento suave y facilitar el ingreso, el enrase y la salida de las semillas. Se debe tener en cuenta, al momento de la siembra, las

variaciones de tamaño producidas por los aditivos incorporados para mejorar el desarrollo de las plantas.

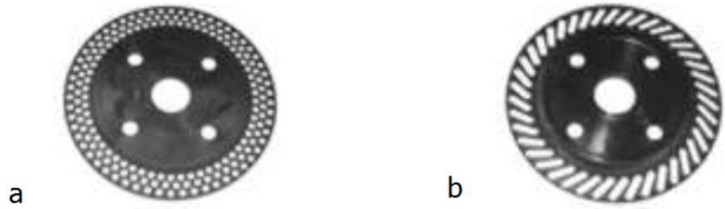


Figura 11.1: Placa de sembradora mecánica para dosificadores horizontales o inclinados a) con orificios circulares b) con orificios oblongos. © J. Cosiansi.

3. Para evitar el enrasado mecánico, con la consecuente acumulación y presión de la masa de semillas, como ocurre con la placa horizontal (Figura 11.2b) o vertical (Figura 11.2c), donde la salida de la semilla se orienta con el tubo de descarga y son proyectadas contra las paredes del mismo, es preferible la utilización de placas inclinadas que minimizan este efecto (3) (Figura 11.2a).
4. La velocidad periférica de rotación de la placa debe ser menor a 0,3 m/s para facilitar el llenado de los orificios y luego minimizar los rebotes de la semilla en el tubo de descarga por la desviación de la trayectoria de salida (Figura 11.2b).
5. Para garantizar la salida de las semillas de la placa, se requiere una ruedita con dedos radiales ubicados con el mismo paso de los orificios en cada hilera (Figura 11.2b).
6. La placa ciega, sobre la que se desplaza la placa cribada, debe conservar su superficie lisa, sin surcos y pulida para evitar la rotura del embrión cuando la semilla se desliza sobre ella.

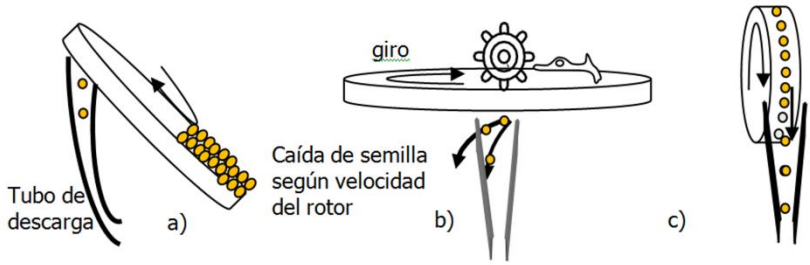


Figura 11.2: a) placa inclinada vista de costado b) placa horizontal vista de frente con dos trayectorias de caída de semilla según su velocidad de rotación, c) rotor vertical visto de frente.

III –*Dosificadores neumáticos* por aspiración (Figura 11.3b, c):

1. Si bien el orificio de succión es menor que el tamaño de la semilla, debe ser lo suficientemente grande para que defina una fuerza de sujeción en relación a su sección, a la presión de vacío y al caudal de aire aspirado.
2. El depósito de semillas debe tener un removedor que ayude a movilizar la semilla hacia el orificio de succión.
3. La cámara de semillas, al igual que el tubo de abastecimiento, debe ser lo suficientemente grande para que permita fluir fácilmente la semilla.

IV – El *tubo de descarga* debe ser de sección rectangular y longitudinalmente curvo y ubicado hacia atrás para neutralizar la velocidad de avance de la sembradora (Figura 11.2a).

En semillas grandes como el garbanzo, de mayor masa y frágiles, no se debería utilizar sembradoras con distribución en flujo de aire "air drill", debido a que la gran velocidad que le imprimen a las semillas dentro de los conductos hace que choquen en los divisores de líneas y se rompan (Figura 11.4).

La calidad de la semilla y el proceso de siembra repercuten directamente en la distribución futura de las plantas en el campo (Figura 11.3).



Figura 11.3: a) Semillas desparejas, b) tren de siembra con dosificador neumático, c) control de distribución. © J. Cosiansi.



Figura 11.4: Sembradora con conducción de las semillas por tubos y divisores en un medio fluido, aire. Fuente: http://www.exportadoresdecordoba.com/.

Semilla

Las semillas deben de ser protegidas de los patógenos del suelo y de los insectos que las puedan dañar.

La presencia de lóbulos o surcos pronunciados en el tegumento, propios de las semillas de garbanzo, facilitan el transporte de los patógenos del suelo desde su cosecha, hecho que obliga a tener un cuidado extremo en la uniformidad de la cobertura protectora de los productos químicos específicos aplicados sobre la superficie rugosa de la semilla, para preservarla de los patógenos existentes.

Para garantizar la presencia de rizobacterias se realiza una inoculación en dos etapas; una sobre las semillas y otra por chorreado sobre el suelo para obtener la cantidad de nitrógeno adecuada para lograr un mayor rendimiento de garbanzo y del cultivo que sigua en la rotación.

Para la aplicación de funguicidas, insecticidas e inoculantes, el productor suele usar distintos sistemas de curado:

1. Continuo: es el más sencillo y consiste en el chorreado del producto sobre la semilla en la boca de entrada del acarreador, mientras se trasvasa a la sembradora (Figura 11.5a).
2. Discontinuo: se realiza en recipientes de mezclado, como por ejemplo bateas fijas con palas móviles de batido (Figura 11.5b), o tambores rotativos con tabiques internos con eje de rotación centrado al tambor (Figura 11.5d), ubicado vertical o inclinado o de eje cruzado al tambor (Figura 11.5c y d).

En todos los casos, para la correcta incorporación del producto, se lo deberá asperjar sobre toda la superficie de la masa de semilla para asegurar la uniformidad de la aplicación.

De los dos sistemas utilizados comúnmente para la aplicación de curasemillas e inoculantes, el de proceso discontinuo permite controlar el tiempo de mezclado para garantizar la completa cobertura de las semillas.

Para la aplicación sobre la línea de siembra se coloca un tubo de descarga de las rizobacterias en medio líquido y se deja que chorree dentro o al costado del surco luego de depositada la semilla (Figura

11.6). El equipo es opcional y se monta en la sembradora. Está constituido por un depósito del líquido, una pequeña bomba y tantos tubos de descarga como abridores de surco tenga la sembradora.

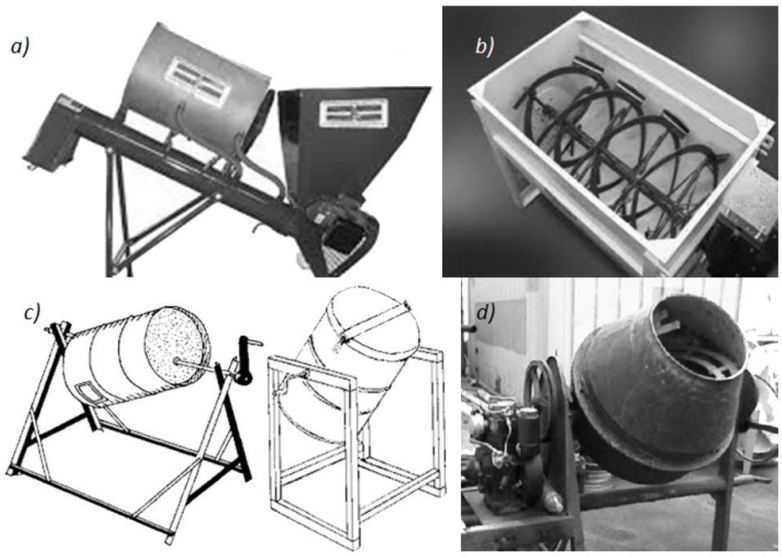


Figura 11.5: Mezcladores de semillas, a) Chimango con equipo inoculador; b) batea con eje horizontal; c) de tambor con eje cruzado; d) De tambor y eje centrado. Fuente: http://www.metechegaray.com.ar/.



Figura 11.6: a) Equipo fertilizador por chorreado en el surco montado en la sembradora. b) Sistema dosificador. Fuente: www.maquinas.vivavisos.com.ar.

Pulverizaciones

En el cultivo de garbanzo, el tipo de pulverizadora y la técnica de aplicación utilizada, junto con sus respectivos elementos (pastillas) y regulaciones (presión, velocidad, caudal), dependen directamente del tipo de plaga a controlar y del momento en que se realice el control químico.

Pulverizaciones en el control de malezas

En el manejo de malezas, y particularmente su control químico, es importante tener en cuenta la escasa disponibilidad de herbicidas que se pueden utilizar en post-emergencia con registro en el SENASA. En consecuencia el control químico de las malezas queda restringido al momento de pre-siembra y pre-emergencia siendo fundamental llegar con el lote lo más limpio posible de malezas a la siembra.

Las técnicas de pulverización adecuadas para el control de malezas no escapan a las normalmente utilizadas en barbechos de otros cultivos (10). El control se realiza en la época otoñal, con condiciones ambientales para la pulverización cerca de las ideales durante gran parte del día respecto a temperatura, humedad relativa y velocidad del viento (9). Estas buenas condiciones ambientales, sumado a que la maleza a controlar está muy expuesta a la pulverización, permiten manejar una técnica que genere gotas gruesas que van desde 250 a 375 micrones de diámetro volumétrico medio (DVM) (12) y con un número de gotas de 20 a 30 por cm^2, logrando de ésta manera buenos controles en las malezas y un muy buen manejo ambiental de la pulverización, al reducir al mínimo la deriva (11) (Tabla 11.1).

La elección de la pastilla a utilizar va a depender de los parámetros antes definidos. Las opciones en el mercado varían según los distintos fabricantes, en general son de abanico plano diseñadas para generar una gota gruesa, incluidas en estas las que tienen inducción de aire. La presión de trabajo utilizado, la velocidad y la dosis por hectárea va a ser aquella que según el fabricante de las pastillas permita lograr el tamaño y cantidad de gotas definidos

previamente, siendo importante el posterior control, análisis, y revisión de la pulverización a campo mediante el uso de tarjetas hidrosensibles (Figura 11.7).

Tabla 11.1: Clasificación de la gota de acuerdo a su DVM (12).

Clasificación	Símbolo	Color	DVM aproximado
Muy Fina	MF	Rojo	<100
Fina	F	Naranja	100-175
Media	M	Amarillo	195-250
Gruesa	G	Azul	250-375
Muy Gruesa	MG	Verde	375-450
Extremadamente Gruesa	EG	Blanco	>450

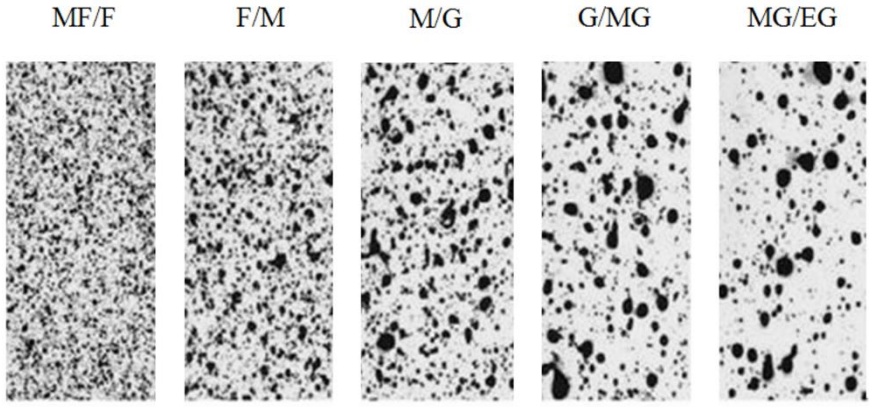


Figura 11.7: Impacto de la gota sobre tarjetas hidrosensibles.

Pulverizaciones en el control de insectos y enfermedades

El control químico de insectos y enfermedades en el cultivo de garbanzo requiere de técnicas de pulverización que difieren en parte de las utilizadas en el control químico de las malezas.

Vale recordar que la práctica de controlar plagas y enfermedades con agroquímicos debe estar inmerso en un manejo integrado de las plagas y enfermedades (monitoreo, alarmas tempranas, tecnología en insecticidas y fungicidas, etc.).

En la región de Córdoba, el insecto más importante es *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar), comúnmente llamada "oruga bolillera". Esta especie en el garbanzo tiene un comportamiento muy particular ya que desde recién nacida busca los frutos en formación y luego penetra en los mismos realizando un pequeño orificio para comer la semilla. Este comportamiento es de gran relevancia en el control químico ya que una vez dentro de los frutos es imposible llegar al objetivo de la pulverización.

El control químico de la "oruga bolillera", al realizarse sobre un cultivo ya desarrollado y que tiene una estructura con distintos estratos como tallos, hojas y frutos, probablemente necesite una técnica de pulverización que genere gotas que tengan más penetración en la canopia (Figura 11.8) y además que el número total de gotas sea mayor para lograr gran número de impactos/cm^2.

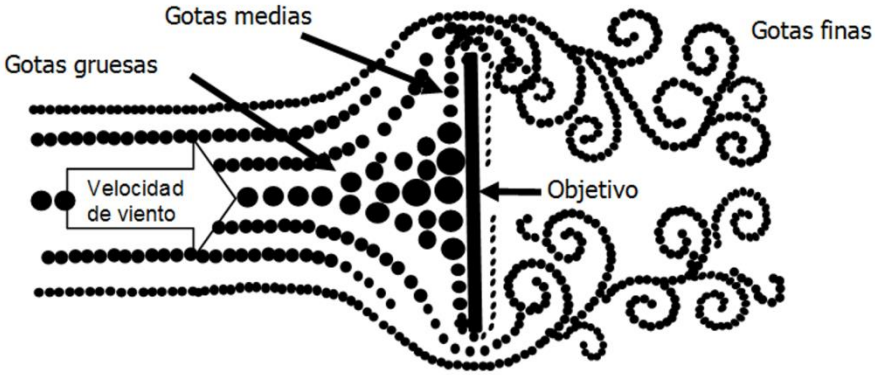


Figura 11.8: Flujo del líquido pulverizado sobre la canopia. Fuente: Fernandes dos Santos (5).

Estas dos características en una pulverización se pueden lograr con la utilización de pastillas de cono hueco (Figura 11.9) que, por el diseño, generan una mayor pulverización del producto dando mayor número de gotas y de menor tamaño (2). El mismo efecto se puede lograr aumentando la presión de trabajo de una misma pastilla, siempre y cuando la presión se encuentre entre los límites dados por el fabricante. El tamaño de las gotas a lograr en este tipo de

pulverizaciones va de los 200 a 250 micrones y el número de impactos en la parte media de la planta debería ser de 20 a 30 por cm^2, siempre considerando el riesgo potencial de deriva.



Figura 11.9: Esquema de pastilla de cono hueco. Fuente: http://flsprayers.com/.

En el control químico de enfermedades, la técnica de pulverización es semejante a la usada en el control de insectos, con la conveniencia en algunos casos de utilizar pastillas de mayor caudal, manteniendo la presión de trabajo para lograr un mayor número de gotas por cm^2.

Riego

El cultivo de garbanzo, al requerir poca cantidad de agua en su ciclo, puede realizarse en secano en zonas donde el agua acumulada en el perfil y la ocasional lluvia invernal cubran los requerimientos del mismo. En las zonas semiáridas se realizan riegos de pre-siembra y durante el cultivo para asegurar buenos rendimientos. Estos riegos pueden ser por manto, por surcos o por aspersión (8).

Manto

También denominado riego por inundación, se aplica principalmente cuando falta humedad en el suelo para la siembra. Para poder aplicar este sistema, el terreno debe ser trabajado de tal forma que las áreas a ser irrigadas, o parte de estas, estén prácticamente horizontales y rodeadas por bordos que contienen el agua (Figura 11.10a). En esta modalidad, una vez que la parcela se ha llenado de agua, se cierra la entrada a la misma, el agua no circula sobre el suelo, se infiltra o evapora. Este tipo de riego, además de consumir mucha agua, tiene también un efecto poco deseable de compactación del suelo (4).

Surcos o camellón

Se construyen en el momento de requerimiento del riego cuando ya han emergido las plantas siguiendo aproximadamente las curvas de nivel. Se debe cuidar que la pendiente sea uniforme (Figura 11.10b).



Figura 11.10: a) Riego por manto de presiembra. B) Riego por surco en floración. © R. Coirini.

Estos dos sistemas son poco eficientes, ya que se emplea mucha más agua de la necesaria.

Riego por aspersión

Consiste en un mecanismo que esparce el agua por toda la superficie como si fueran gotas de lluvia, permitiendo controlar más eficientemente la cantidad de agua aplicada. El más utilizado para grandes superficies es el de pivote central (Figura 11.11).

Los sistemas de pivote central riegan superficies de grandes dimensiones en forma circular. Se emplean en sitios donde el agua es un factor fuertemente limitante. La eficiencia del riego por pivote es de un 85% a 90% (14).

Es un sistema que se adapta a las ondulaciones del terreno (este no necesita ser plano). Dependiendo del fabricante y del diseño del equipo se pueden utilizar en terrenos con hasta un 30% de pendiente.



Figura 11.11: Riego por aspersión con pivote central. Fuente: www.Spanich.alibaba.comspanish.alibaba.com.

La distribución uniforme del agua a lo largo de la estructura se logra seleccionando el tamaño y la separación de los aspersores. Los aspersores ubicados cerca del centro del pivote necesitan entregar menor cantidad de agua que aquellos ubicados hacia el final. Con las

nuevas tecnologías en aspersores para pivotes, los fabricantes han logrado bajar aún más la presión de operación de los aspersores (hasta 6-10 psi = 0,42-0,7 bar), y con ello, la presión de operación de los pivotes y el consumo de energía. Estos pueden ser de accionamiento eléctrico o hidráulico.

- Los pivotes de accionamiento eléctrico detienen cientos de veces cada día sus motores. La velocidad de los motores eléctricos es fija y cada una de las torres del pivote describe una circunferencia distinta. Para que el pivote se desplace como un todo, deben detenerse las torres que van más avanzadas y esperar a que sean alcanzadas por las otras torres, luego se ponen nuevamente en funcionamiento.
- Los pivotes de accionamiento hidráulico regulan automáticamente la velocidad para cada una de sus torres, por lo cual, todas se encuentran en movimiento en forma simultánea, y a la velocidad requerida. Como todas las torres se mueven constantemente, la uniformidad en el riego es mayor.

No existen diferencias en el consumo de energía entre un pivote de accionamiento eléctrico y uno hidráulico. La suma del tamaño de los motores eléctricos del pivote de accionamiento eléctrico equivale al tamaño del motor que impulsa la bomba hidráulica del pivote de accionamiento hidráulico. Donde existe un pivote eléctrico se puede reemplazar este por un pivote hidráulico sin la necesidad de cambiar los cableados que alimentan de energía al pivote.

Los pivotes de accionamiento eléctrico son más complejos. Poseen cajas de control en cada una de las torres que operan los motores eléctricos. El mantenimiento es realizado por un operario con conocimientos en el área.

Los pivotes de accionamiento hidráulico tienen una bomba hidráulica central y motores hidráulicos en cada una de sus torres (similar a como opera la maquinaria pesada para el movimiento de tierra). Son simples de operar y mantener.

Los pivotes pueden ser operados desde simples tableros o por complejos sistemas computarizados con comunicación vía telefónica o radio. En este caso el pivote puede por ejemplo, ponerse en

funcionamiento dependiendo de la humedad del suelo o de las condiciones meteorológicas.

Cosecha

La cosecha del garbanzo depende tanto del acondicionamiento de las plantas, como de la eficacia del proceso de trilla o desgranado y limpieza de la vaina. Estos procesos a su vez dependen del estado del cultivo al momento de la cosecha en cuanto a tamaño y sanidad de las plantas, densidad de población, presencia de malezas y el porcentaje de humedad, tanto de las plantas, sus vainas y semillas como del ambiente que las rodea.

Garantizar un excelente comportamiento de cualquier máquina bien regulada en los procesos de recolección, trilla, separación y limpieza (Figura 11.12), un cultivo tipo debería tener una densidad de 23-28 plantas/m^2 a cosecha, preferentemente 12-14 plantas por metro lineal y una distancia de 52,5 cm entre líneas. Debe estar libre de malezas, con las plantas secas y una altura de 50 cm con 10 cm de despeje de las primeras ramas, aspecto presente en cada uno de los cultivares.

La calidad del grano depende de la uniformidad de su tamaño, el color, la forma. Para lograr homogeneidad de color se debe interrumpir el ciclo de desarrollo de la planta cuando alcanzó su madurez fisiológica y dejar que la planta se seque, de manera pareja. Para esto se puede optar por distintos tratamientos:

1. Mecánico: arrancando o cortando las plantas en su base y acomodándolas en cordones o en parvas en el campo.
2. Químico: con herbicidas que secan la planta en pie luego de 6 o 7 días.

Las plantas pueden presentar un estado de desarrollo muy diferente al momento de la cosecha, tanto dentro como entre lotes. Esto puede deberse a diversos factores tales como calidad de la semilla, siembra, condiciones ambientales, sanidad, fecha de

siembra, temperatura y humedad disponible en el suelo al momento de la misma.

Para la cosecha del cultivo en pie, las dimensiones, la morfología y la arquitectura del cabezal recolector se diseñan en función de las características estructurales que presenta el cultivo.

En la medida que esta armonización se pierde, como por ejemplo el menor desarrollo de la planta ubicada a la derecha de la Figura 11.12, habrá mayores dificultades para su recolección completa, dado que factores como el número y tamaño de las palas y el diámetro del molinete, entre otros, no se pueden modificar rápidamente.

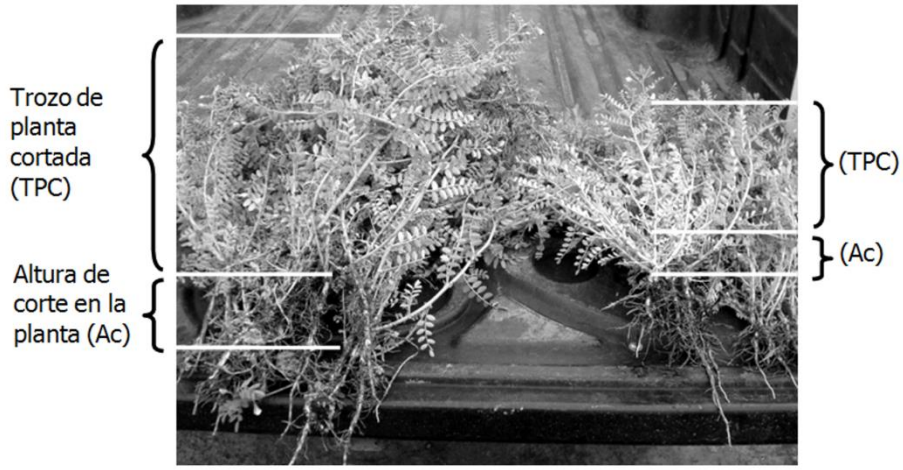


Figura 11.12: Diferencia de altura de planta y de inserción de las primeras vainas. © J. Cosiansi.

Lo mismo sucede con la densidad de plantas en el lote que define el caudal de material que ingresa en el cabezal y por ende en la cosechadora (Figura 11.13).



Figura 11.13: Un cultivo bien implantado presenta un estado óptimo a cosecha. © J. Carreras.

Algunas estrategias que se pueden probar para garantizar la recolección completa en cultivos desparejos o fuera de tipo son:

1. Trabajar con cuchillas nuevas para garantizar el corte.
2. Avanzar con la máquina en forma cruzada con un ángulo aproximado de 30°, a fin de que trabaje todo el ancho de la barra de corte.
3. Aumentar la superficie de ataque de la pala del molinete, disminuyendo el espacio entre los dientes ya sea aumentando su número, dientes más anchos, o cubrirlos con placas de goma (Figura 11.14).



Figura 11.14: Detalle de la distribución de los dientes en las palas del molinete. © J. Godoy.

4. Aumentar el número de vueltas del molinete y/o retrocederlo a medida que aumenta la probabilidad de que las plantas cortadas se caigan de la batea.
5. Elegir el cabezal que tenga acarreo transversal con cinta transportadora (draper o lona), respecto a aquel con tornillo sinfín (6).

En el momento del desgrane, las vainas secas de color amarillo, tienen baja resistencia para abrirse y liberan la semilla fácilmente, mientras que las verdes no se abren porque son flexibles y resistentes. De esta manera la baja resistencia de las vainas secas nos facilita la posibilidad de trabajar con un proceso de trilla suave, para tratar con especial cuidado la sensibilidad del tegumento y del embrión que está totalmente desprotegido. Esto garantiza la calidad del grano y más aún cuando se trata de semilla.

El factor principal que determina el daño mecánico en el proceso de trilla de cualquier tipo de cilindro y cóncavo, es la intensidad del choque cuando interactúan principalmente los elementos de trilla del cilindro con el grano. Por lo tanto se deberá disminuir la velocidad de rotación del cilindro de trilla, aunque esto sea en detrimento de la capacidad de labor, ya que la intensidad del choque es directamente proporcional a la velocidad. De esta manera si se observa grano dañado en la tolva, se deberá disminuir el número de vueltas del cilindro.

Los sistemas de trilla que se disponen actualmente son básicamente por fricción, distinguiéndose por la manera de desplazar el material dentro del área de trilla entre el cilindro y cóncavo. En el de flujo tangencial el material entra y circula perpendicular al eje de rotación del cilindro, mientras que en el de flujo axial lo hace en el mismo sentido. Esta diferencia le permite a este último, dentro de ciertas condiciones del cultivo, dañar menos al grano debido a que su sistema helicoidal de ingreso al área de trilla acelera lentamente el material. Este efecto se ve favorecido también con la incorporación de barrotes redondos en el cóncavo. En los sistemas de flujo tangencial se ha minimizado el efecto de rotura con la incorporación de un cilindro acelerador previo al de trilla (Figura 11.15b)



Figura 11.15 a) Sistema de trilla y separación de flujo axial constituido por dos cilindros casi concéntricos, el rotor interno y el estator externo. b) Trilla tangencial con cilindro acelerador. Fuente: www.seednews.inf.br.

Actualmente las máquinas cosechadoras tienen la posibilidad de variar la velocidad de las cadenas de acarreo, por lo tanto, al aumentarla se podría adelgazar la capa de material que se entrega al cilindro haciendo que la planta llegue con mayor velocidad disminuyendo el efecto del choque.

La necesidad de disponer de plantas secas al momento de la trilla garantiza la velocidad de paso del material procesado, minimizando las posibilidades de frenarse por adherencia a las paredes del cóncavo, del cilindro o en el resto de las partes fijas. En las máquinas de flujo axial, también disminuye la probabilidad de frenarse en los sistemas de separación y limpieza.

Cuando se observa que las plantas en el cultivo tienden a dejar caer sus ramas, habrá que colocarle al cabezal cortador puntones levantamieses para acomodarlas en posición de corte y que las pueda acompañar el molinete.

La posición del molinete y su velocidad juegan un papel importante, sobre todo cuando la cantidad de plantas y su desarrollo están fuera de estándar. Por lo tanto habrá que bajarlo, atrasarlo y aumentar las vueltas como se muestra en el dibujo (Figura 11.16).

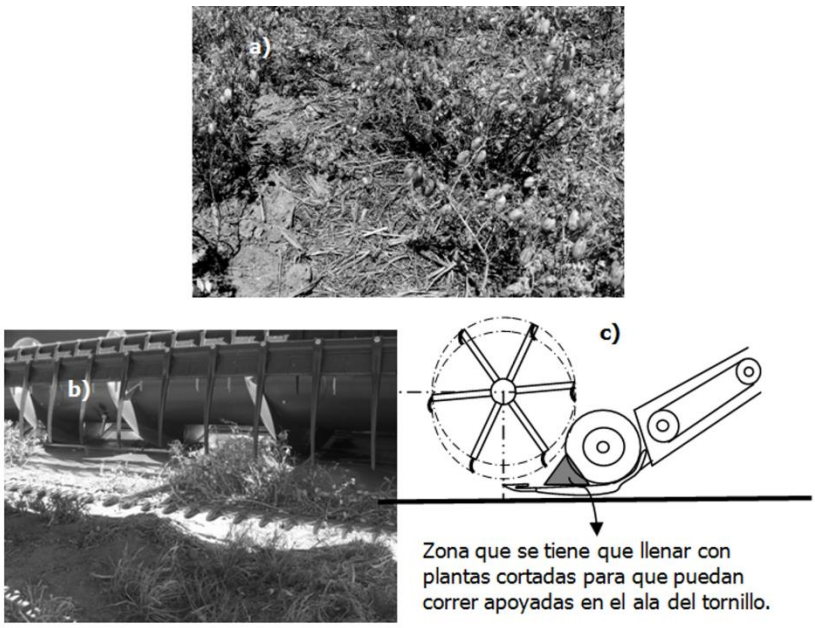


Figura 11.16: a) Densidad de material a cosechar. b) Cabezal de corte y recolección. c) Esquema del cabezal de corte. © J. Cosiansi.

Procesos especiales de cosecha para experimentación

Las distintas etapas de experimentación de esta especie traen consigo diversas exigencias relacionadas con el volumen de material a procesar y la calidad del tratamiento de trilla y de limpieza.

En el comienzo del desarrollo de un cultivar, cuando se seleccionan líneas, normalmente se dispone de unas pocas plantas, donde la cantidad de material a procesar es pequeña pero de un gran valor, por lo cual se busca trillarlas a mano para no perder ninguna semilla. Para reemplazar la trilla manual de vainas sueltas se desarrolló un mecanismo de trilla para trabajar en laboratorio con el propósito de garantizar la obtención del total de semillas logradas. Para esto se construyó un modelo con el formato tradicional de cilindro cóncavo para realizar un trabajo continuado, pero se reemplazaron las barras frotadoras del cilindro y los barrotes del

cóncavo de metal por sendas superficies ciegas y continuas de goma pegada tanto al cilindro como al cóncavo.

La goma utilizada posee una elasticidad similar a la de la palma de la mano, lugar donde se logra la trilla más suave. Tiene 20 mm de espesor, con una superficie rugosa de finos bastones transversales que mejoran la adherencia, su resistencia a la compresión es menor que la resistencia de la semilla, por lo cual no la puede romper, pero sí generar el rozamiento suficiente para romper las valvas de la vaina y liberar la semilla (Figura 11.17).



Figura 11.17: Cilindro cóncavo ciegos. Su principio de trilla es por fricción y compresión con superficies rugosas y blandas, que hace rodar a las vainas partiendo las valvas y liberando las semillas. © J. Cosiansi.

Para este proceso de trilla las vainas o cascabullos se extraen manualmente, como peinando las plantas, aprovechando que se desprenden antes de abrirse.

Para la trilla de volúmenes intermedios de material, generalmente plantas completas cortadas y agavilladas a mano, se acondicionó una máquina estacionaria con sistema de trilla tradicional con cilindro y cóncavo ciegos (3). Al cilindro se le colocaron barras frotadoras de caucho que minimizan el efecto del impacto y

disminuyen, al mínimo, la rotura de las semillas. Al cóncavo se le adicionaron planchuelas como barrotes que por su disposición superior no acumulan material al caer por gravedad (Figura 11.18).



Figura 11.18: Máquina abierta de trilla y limpieza estática para planta entera. A) Cilindro ciego, B) cóncavo ciego, c) barra frotadora de goma. © J. Cosiansi.

Cuando se necesita cosechar parcelas de mayor tamaño, existe una máquina trilladora automotriz pequeña que cumple con todas las funciones de corte, recolección, trilla, separación, limpieza y embolsado de la semilla obtenida de cada parcela. Esta máquina es de origen extranjero y puede recolectar hasta dos surcos trabajando a baja velocidad. Posee un sistema de limpieza por ciclón, que si bien no se utiliza en las cosechadoras de cultivos extensivos en esta máquina es eficaz aunque de proceso lento (Figura 11.19).



Figura 11.19: Cosechadora automotriz de dos surcos de ancho de corte para parcelas de ensayo. © J. Carreras.

En los tres tipos de sistemas de trilla descriptos para experimentación, son requisitos importantes la facilidad y verificación de la limpieza de la máquina para evitar la contaminación entre distintos materiales trillados. Es evidente que mientras más funciones tiene la máquina, más compleja es la misma y se tendrá menos garantía de lograr la calidad deseada.

Bibliografía

1. Bernaki, H.; Haman, J. y Cz. Kanafojski. 1972. Agricultural machines, theory and construction. Vol I. Scientific Publications Foreign Cooperation Center, Warsovia, Polonia. 883 p.
2. Cosiansi, J. F; Álvarez, V.; Hayipanteli, S.; Da Riva, D.; Rindertsma, L.; Petit, P.; Godoy, J. y M. Granatelli. 2015. Manual

de maquinaria Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias, UNC. 341 p.

3. Cosiansi, J. F.; Da Riva, D.; Álvarez, V.; Rindertsma, L.; Riera, E.; Moio, J.; Petit, P.; Bosetti, F; Naldini, D. y S. Hayipanteli. 2005. Desempeño del dosificador mecánico de eje horizontal para soja. Avances en Ingeniería Agrícola 2003-2005. Pp.: 53-58.
4. Díaz Ortiz, J. E. 2006. Riego por gravedad. Colección Ciencias Físicas, Exactas y Naturales. Universidad del Valle. Cali, Colombia. 195 p.
5. Fernandes dos Santos, J. M. 2005. Aspectos críticos na aplicação de defensivos agrícolas. XIII Reunião Itinerante De Fitossanidade Do Instituto Biológico. http://www.biologico.sp.gov.br/rifib/XIII%20RIFIB/santos.pdf. Ingreso: 10/2015.
6. Kanafojski, Cz. y T. Karwowski. 1976. Agricultural machines theory and construction. Department of Agriculture and the National Science Foundation. Washington DC, US. 896 p.
7. Kepner, R. A.; Bainer R. y E. Barger, 1972. Principles of farm machinery. John Wiley & Sons, Inc. NY, US. 376 p.
8. Leiton Soubannier, J. S. 1985. Riego y drenaje. Editorial UNED, Costa Rica. 179 p.
9. Leiva, D. 2013. Recaudos por deriva en pulverizaciones agrícolas. Publicación Técnica. INTA Pergamino, Argentina. 30 p.
10. Massaro, J. 2010. Criterios para la aplicación de herbicidas en barbechos químicos. INTA Oliveros, Argentina. 8 p.
11. Massaro, R. A.; García, A. y L. Magnano. 2014. Evaluación de técnicas de pulverización antideriva para el control de malezas en barbecho químico. Para mejorar la producción 52 - INTA EEA Oliveros, Argentina. Pp.: 147-150.
12. Pest Control and Fertilizer Application Committee. 2013. ASAE S-572 Spray Tip Classification by Droplet Size. Pp. 64-68. http://www.sherwoodpumps.com/FileAttachments/Spray/en-us/Spray%20Tip%20Classification%20by%20Droplet%20Size.pdf. Ingreso: 10/2015.

13. Saluzzo, J. A. y J. M. Fili. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. III Jornada Nacional de Garbanzo. INTA EEA Salta, Argentina. 20 p.

14. Splintor, W. E. 1979. Sistemas de riego a pivote central. Secretaria de Agricultura y Recursos hidráulicos. México. 32 p.

CAPÍTULO 12

EL COMERCIO DE GARBANZO

SECCIÓN 1

EL MERCADO MUNDIAL DE GARBANZO

Juan M. Garzón

Producción y consumo

En el trienio 2011/2013 se produjeron, en promedio, 12,2 millones de toneladas anuales de garbanzo en el mundo, según estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, según su sigla en inglés) (4).

Este volumen fue alcanzado con una asignación de tierras de 13,1 millones de hectáreas, lo que revela un rendimiento promedio mundial de menos de una tonelada producida por hectárea sembrada (0,93 Tn/ha).

De acuerdo a datos de la FAO, la producción mundial de garbanzo creció un 2,7% promedio anual en los últimos 20 años, por encima de la tasa poblacional (1,3%) y también de las tasas a las que se han expandido algunas otras legumbres relevantes (porotos, arvejas).

La expansión de la producción no ha sido lineal, se han dado ciclos de auge y ciclos de depresión. En el año 1999 la producción mundial fue de 9,4 millones de toneladas, cifra que sería superada 8 años después, en el 2007, cuando se alcanzaron las 9,7 millones de toneladas. Desde ese año hasta el 2013, último dato disponible para el conjunto de países, la producción se ha mostrado muy dinámica, alcanzando un nuevo récord productivo de 13,1 millones de toneladas en el 2013 (Figura 12.1.1).

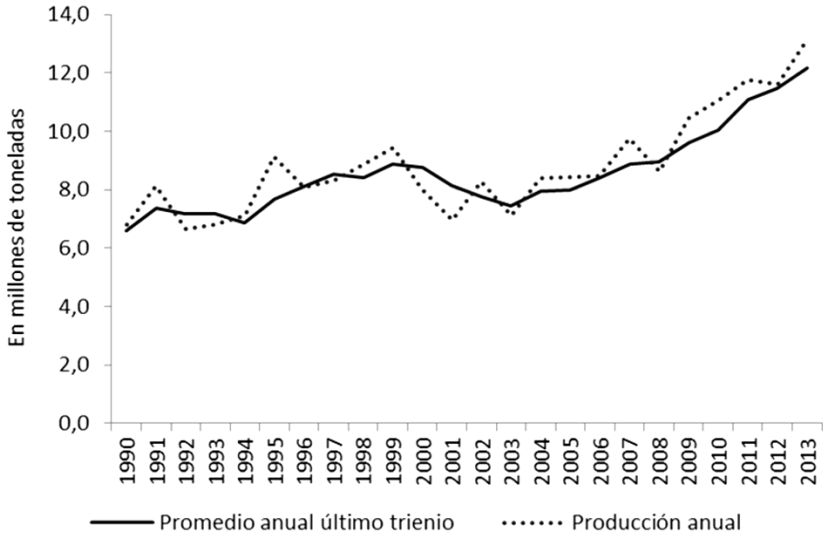


Figura 12.1.1: Producción mundial de garbanzo – Volumen anual y promedio en último trienio (en millones de toneladas). Fuente: Estimación propia a partir de estadísticas de FAO (4).

En la actualidad, el consumo mundial de garbanzo se concentra básicamente en el Asia. En efecto, los mercados de mayor tamaño y los de mayor consumo por habitante se encuentran en países del mencionado continente. Ocupan los primeros lugares Myanmar, Turquía y los Emiratos Árabes.



De acuerdo a estadísticas del Ministerio de Agricultura de la India[1], el consumo de 6,0 millones de toneladas anuales. La India sobresale del resto de países debido a que, además de tener un consumo por habitante muy alto, es uno de los países más poblados del planeta[2]. Otros mercados importantes en cuanto a volumen son los de Jordania, Pakistán y Etiopía.

En general, los países de mayor consumo de garbanzo son economías de ingresos bajos o ingresos medios (economías en vías de desarrollo). Los países menos desarrollados del Asia son los que consumen más garbanzo por habitante. También se encuentran altos consumos en varios países del África, que sufren problemas importantes de sub-desarrollo.

El escenario trazado en materia de consumo, indica que tanto el garbanzo como las restantes legumbres son productos que van perdiendo protagonismo en las dietas de las familias a medida que éstas mejoran su nivel de ingresos y pueden acceder a otras fuentes de proteínas, en particular de origen animal (lácteos, carnes, huevos).

De acuerdo a estimaciones propias, en el período 2008/2011 el consumo promedio por habitante de cuatro países líderes estaba en 6 kilos o más por año; estos eran Myanmar (6,9 kilos), Turquía (6,5 kilos), Emiratos Árabes (6,2 kilos) y la India (6 kilos). Nótese que el consumo medio mundial para ese mismo período estaba en el orden de 1,5 kilos por habitante[3]. Una referencia de un mercado de menor

[1] Se utilizan distintas publicaciones, en particular la serie "*Agricultural Statistics at a Glance*", Directorate of Economics and Statistics, Departament of Agriculture and Cooperation, Ministry of Agriculture. http://eands.dacnet.nic.in/latest_2006.htm

[2] La población de India ascendía a 1.233 millones de personas en 2013/2014 según Ministerio de Agricultura de la India.

[3] Estos niveles de consumo se estiman a partir de estadísticas de producción, exportación, importación y población según la base FAOSTAT. Reflejan una medida de consumo aparente pero que tiene algunas limitaciones. En particular, no se ajustan por producción destinada a semillas (que puede ser importante en el caso de los países productores), ni tampoco

consumo es Estados Unidos, con 0,2 kilos por habitante (4) (Figura 12.1.2).

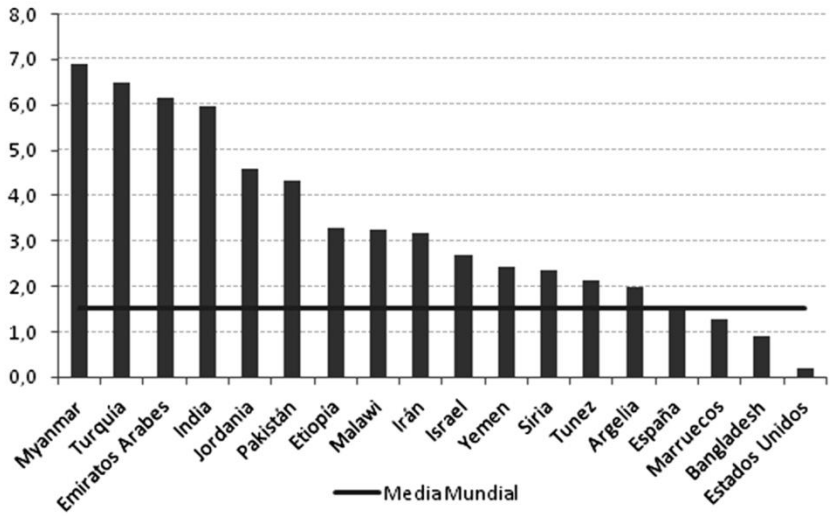


Figura 12.1.2: Consumo de garbanzo según países (en kilos año promedio por habitante, período 2008/2011). Consumo aparente, estimado a partir de datos de producción y de balance comercial. Fuente: Estimación propia a partir de estadísticas de FAO (4).

Entre los países más desarrollados, además de Israel, aparece España con un consumo cercano a 1,5 kilos promedio por habitante por año, aunque con una tendencia declinante considerando lo sucedido en las últimas décadas, no sólo con el garbanzo sino con las legumbres en general.

Los restantes países de Europa que muestran mayores consumos por habitante (entre 0,5 kg y 1 kg por año) son Italia, Reino Unido, Portugal y Grecia. Todos ellos, con excepción del Reino Unido, tienen costa sobre el Mar Mediterráneo y comparten patrones culturales que incluyen la alimentación.

---

se tiene en cuenta la posible variación en el nivel de las existencias en cada país.

La participación de las legumbres en la dieta alimenticia ha sido históricamente un rasgo común de muchos países que se recuestan sobre el Mediterráneo o que están próximos a éste, incluyendo no sólo los europeos sino también los del norte de África (Egipto particularmente) y los de medio oriente (Líbano, Jordania, Irak).

La producción, al igual que el consumo, se encuentra también muy localizada en el Asia. En este continente se destaca en forma sobresaliente nuevamente la India, país que produjo casi el 68% del garbanzo mundial durante el período 2011/2013. En un segundo lote, alejados del primer puesto, aparecen Australia, Pakistán, Turquía, Myanmar y Etiopía. Todos los países nombrados, con excepción de Australia, son en simultáneo grandes productores y consumidores de garbanzo.

Es muy importante recordar que se producen y consumen dos tipos de garbanzo en el mundo, las cuales se diferencian por su tamaño, forma y color: a) **Kabuli**, el grano es de tamaño medio a grande, redondeado, arrugado y de color claro; b) **Desi**, el grano es de tamaño pequeño, de forma angular y color oscuro (3).

El tipo Desi es dominante en producción, representa, en los últimos años, aproximadamente el 85% de la producción mundial[4] (Figura 12.1.3). India produce básicamente garbanzo Desi, aunque también participa en el mercado de garbanzo Kabuli. En este último mercado, además de la India, participan Turquía, México, Estados Unidos, Canadá, Argentina, entre otros productores (3).

[4] Según estimaciones de Clancey (2014).

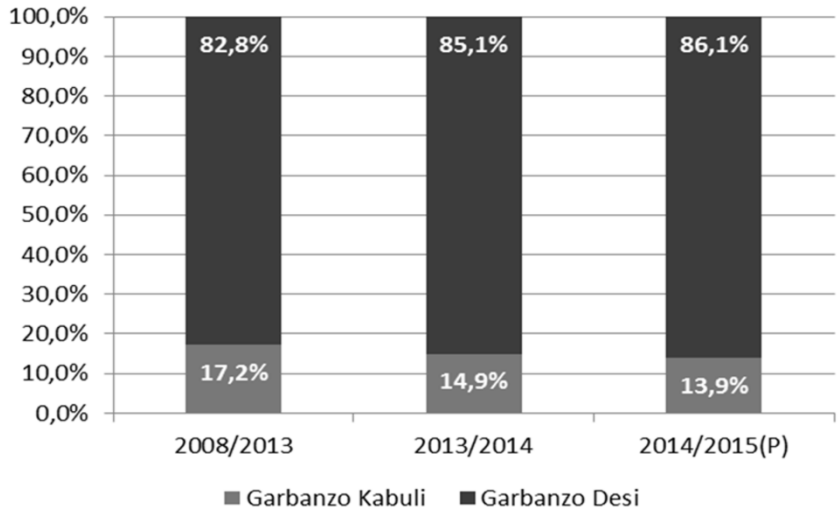


Figura 12.1.3: Tipos de garbanzo. Participación en producción mundial. Fuente: Elaborado con datos de Clancey, 2014.

Tamaño y dinámica del mercado mundial

De acuerdo a las estadísticas de Naciones Unidas[5], el comercio mundial de garbanzo promedió las 1,5 millones de toneladas en el período 2011-2013[6] (Figura 12.1.4), un flujo que representa casi el 13% de la producción mundial.

[5] Base estadística UNSD Commodity Trade (UN Comtrade), a la que se puede acceder a partir de un software desarrollado por el Banco Mundial en la siguiente dirección: http://wits.worldbank.org/about_wits.html

[6] Se mide el comercio mundial a partir de las exportaciones declaradas. Las importaciones declaradas arrojan un número más chico (1,3 millones de toneladas) para similar período. Si bien los resultados debieran ser coincidentes, pueden surgir discrepancias por la ausencia de estadísticas de comercio para algún país importador, por diferencias de imputación de pesos de productos entre países importadores/exportadores y/o por diferencias en el cuidado para registrar operaciones de exportación vs. importación.

La participación de las exportaciones/importaciones en el total de la producción mundial, al ser un promedio, probablemente no refleje exactamente la situación de los distintos países productores. De hecho, hay países productores que deben importar garbanzo para abastecer su mercado interno, mientras que hay otros países con mercados internos muy chicos, donde las exportaciones son claramente el destino dominante de la producción, caso de Argentina o de Australia, y donde el desarrollo productivo pasa por la capacidad de satisfacer la demanda externa.

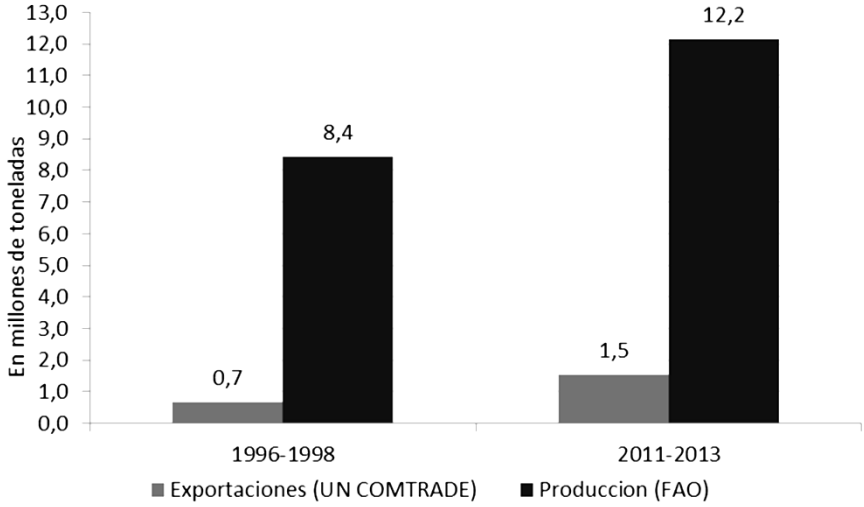


Figura 12.1.4: Producción y comercio mundial de garbanzo – Períodos seleccionados. Fuente: Elaboración propia con datos de UN COMTRADE (14) y FAO (4).

En los últimos quince años los volúmenes de comercio crecieron al 5,2% promedio anual. Se trata de una tasa mayor en relación a la de producción en ese mismo período (2,5%), lo que implica que el mercado externo pasó, en general, a ser más importante para los productores de garbanzo.

Exportadores líderes

Existe un conjunto de países que integra desde hace varios años el lote de exportadores que lideran el mercado mundial de garbanzo (Figura 12.1.4).



Figura 12.1.5: Exportadores Líderes de Garbanzo. Nota: El color más oscuro se utiliza para países donde domina la exportación del tipo Kabuli, el color claro para el tipo Desi. Nótese que la India, si bien es un productor principalmente del tipo Desi, exporta tipo Kabuli, la única permitida por el gobierno. Australia también produce y exporta tipo Kabuli pero su fuerte es el tipo Desi. Fuente: Elaboración propia (6, 7).

Este grupo es encabezado por Australia, quien posee entre el 35% y 45% del mercado mundial, porcentaje que va variando según las condiciones productivas del país y las de sus competidores. En los últimos años sus exportaciones no bajan de las 400 mil toneladas anuales, con un pico de 900 mil toneladas en 2012. Más del 90% del garbanzo que produjo Australia en las últimas cinco campañas ha sido exportado, lo que pone en evidencia que el crecimiento del sector depende exclusivamente de la evolución del mercado externo



y de la capacidad de inserción en ese mercado[7]. Australia exporta fundamentalmente garbanzo Desi aunque también coloca garbanzo Kabuli (entre 70 mil y 90 mil toneladas) (5). El garbanzo australiano tiene como destinos principales a tres países: India, Bangladesh y Pakistán (1, 6, 7, 8).

India se posiciona como segundo exportador mundial. En los últimos años ha colocado un promedio superior a las 200 mil toneladas. La situación de la India es particular debido a que también es un fuerte importador de garbanzo, por lo que su balanza comercial (medida en volúmenes) generalmente termina quedando con saldo negativo ya que las importaciones superan a las exportaciones.

Analizando datos históricos se observa que la India ha mejorado considerablemente su balanza comercial de garbanzo, que era más deficitaria a comienzos de este siglo que en la actualidad. Este país ha logrado mejorar su posición comercial a partir de exportaciones crecientes e importaciones relativamente estables. Hasta hace pocos años la India exportaba muy poco garbanzo. La mejora comercial se explica por un aumento de la producción; a fines de la década de los '90 la India producía en promedio unas 6 millones de toneladas de garbanzo; en los últimos años este promedio subió a 8,6 millones de toneladas, es decir se produjo un crecimiento de casi el 3% anual, que prácticamente duplica, la tasa poblacional (1,6%).

La India produce básicamente garbanzo Desi pero también garbanzo Kabuli (de alto calibre). El primer grupo de tipos domina los campos hindúes, mientras que los tipos Kabuli se encuentran menos extendidas y están más focalizadas en algunas regiones productoras, caso de la región de Malwa en el Estado de Madhya Pradesh. En el mercado interno hindú, por el poder adquisitivo del consumidor y por la forma en que se consume el garbanzo (generalmente transformado en harina), la preferencia está claramente volcada hacia las variedades de menor valor en el mercado que son los tipos

[7] Las estadísticas de Australia provienen de publicaciones varias del Departamento de Agricultura, en particular las series "*Australian Crop Report" y "Agricultural Commodity Statistics".* http://www.agriculture.gov.au/abares/publications (1).

Desi, por lo que buena parte de la producción de Kabuli se envía al exterior.

Otra característica de la India es la fuerte regulación e intervención pública que sufren los mercados del garbanzo y las otras legumbres que se producen y consumen en el país. Entre otras políticas, el gobierno realiza compras públicas, establece precios mínimos para los productores, subsidia a los consumidores domésticos e impone fuertes restricciones a la exportación de legumbres, con excepción de algunos productos, caso del garbanzo Kabuli y la producción orgánica. De lo anterior se deduce que el garbanzo que ha exportado en los últimos años la India sería del tipo Kabuli. Esto se verifica analizando los destinos principales que ha tenido el garbanzo de India, que incluye a países como Pakistán, España, Argelia, Turquía, Arabia Saudita, Emiratos Árabes, todos ellos, salvo Pakistán, son importadores conocidos de garbanzo Kabuli (9).

México se ubica en el tercer puesto del podio de exportadores mundiales. Exporta en promedio más de 100 mil toneladas al año, aunque con una gran volatilidad de sus envíos al exterior. En el 2011 el país azteca envió 52 mil toneladas al exterior, las que pasaron a ser 212 mil en el 2012, luego 114 mil en el 2013 y finalmente 181 mil toneladas en 2014.

México es un exportador de garbanzo Kabuli de muy alto calibre (10-12 mm) y valor en el mercado. Los precios que logra México por su garbanzo son difíciles de igualar por otros países. Sus principales compradores son España, Argelia y Turquía.

Si se comparan los precios FOB de exportación del garbanzo mexicano y argentino[8], se encuentra una importante brecha a favor del primero, con un premio de entre el 40%-50% a favor del garbanzo mexicano, que se amplía o se achica según los momentos

[8] El precio FOB (siglas en inglés de Free on Board) refiere normalmente al precio de venta acordado en una operación de exportación realizada por vía marítima, donde el vendedor se compromete a llevar la mercadería hasta el puerto convenido en su propio país y el comprador a hacerse cargo de los costos de traslado (fletes marítimos, seguros) hasta el mercado destino.

particulares del mercado.[9] Por ejemplo, hacia fines del año 2011, con poco garbanzo mexicano en el mercado, la diferencia de precios estaba por encima del 60%. En el 2014, con una oferta muy abundante de granos Kabuli a nivel mundial y algunos problemas de calidad en Argentina, el garbanzo mexicano logró una brecha de precios por encima del 70% durante varios meses (11, 12) (Figura 12.1.6).

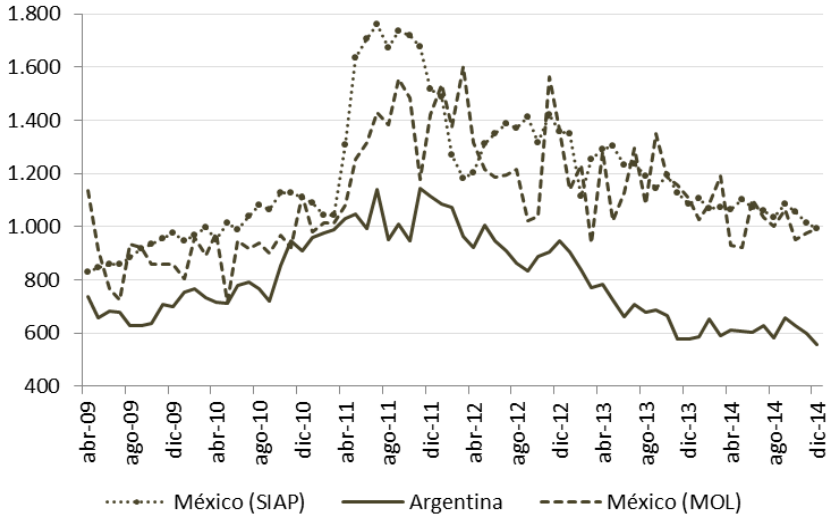


Figura 12.1.6: Evolución de los precios de exportación del garbanzo – México y Argentina. En US$ por tonelada. Fuente: Elaboración propia con datos de Mercosur On Line (8) y SIAP (11).

Del 4° al 10° lugar aparecen exportadores varios, que se ubican más arriba o más abajo del ranking dependiendo del ciclo comercial,

[9] Para México se utilizan dos fuentes para estimar precios de exportación, la base de estadísticas del Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) del gobierno de México (11) y la base de comercio exterior Mercosur On Line (MOL). Para Argentina los precios se estiman a partir de MOL (8).

año o período que se tome para armar el ordenamiento. En este grupo aparecen Rusia, Canadá, Estados Unidos, Argentina, Etiopía, Myanmar y Turquía.

Rusia se ha posicionado en los últimos años como un proveedor de garbanzo a precio muy bajo y competitivo. De acuerdo a estadísticas de Naciones Unidas (14), sus exportaciones habrían promediado 150 mil toneladas en 2011/2013, cifra que de ser correcta, ubicaría a Rusia como uno de los países líderes del mundo, peleando con México el tercer lugar del mercado (en volúmenes, no en calidad de producto, donde el país azteca lo supera ampliamente). Los dos destinos principales de Rusia durante esos años fueron la India y Turquía (13, 14).

Los canadienses tienen un garbanzo Kabuli de muy buena calidad (9-10 mm). Sus exportaciones se encuentran en un rango de 50 mil - 70 mil toneladas por año (2). Su comercio exterior está muy diversificado, llegando con volumen a varios países de Europa (Reino Unido, Italia, España), del Asia (Pakistán, Israel, Jordania, Emiratos Árabes) y a su socio mayor del NAFTA (Estados Unidos).

Estados Unidos y Argentina exportaron entre 40 mil y 85 mil toneladas anuales en el período 2011-2014 (Figura 12.1.7). Estos países también confluyen al mercado de garbanzo Kabuli, con buen material en ambos casos. Los dos principales mercados de Estados Unidos son España y Turquía, aunque también son importantes los envíos a Irán, Italia, Líbano y Canadá. Argentina, por su parte, tiene como principales compradores países de Europa, destacándose Italia, España y Portugal; otros mercados importantes son Turquía, Israel, Chile, Argelia y Jordania. En los últimos años se observa en ambos países un patrón de exportaciones similar: un período de importante expansión (2007/2012), seguido luego de dos años de ajuste, en particular en Argentina, donde las colocaciones bajaron de 86 mil toneladas a 43 mil toneladas entre 2012 y 2014.

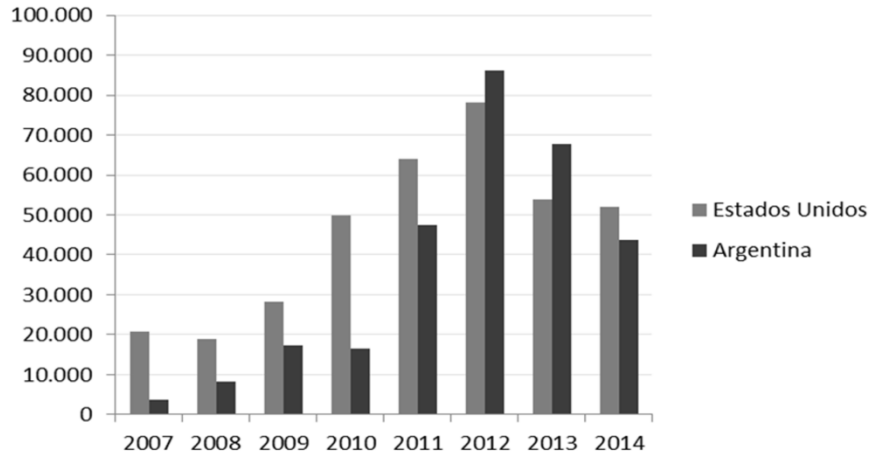


Figura 12.1.7: Exportaciones de garbanzo de Estados Unidos y Argentina 2007/2014. Volúmenes (toneladas). Fuente: Elaboración propia con datos de SENASA, UN COMTRADE y GATS – USDA (12, 13, 14).

Turquía es un caso particular. Se trata de un país que produce y consume mucho garbanzo y que participa en el comercio internacional de forma activa. Las estadísticas muestran algunas inconsistencias respecto de los volúmenes exportados por Turquía, debido a que existen diferencias entre las exportaciones que declaran las autoridades turcas y las que se encuentran registradas por los países importadores. Considerando ambas fuentes surge un rango de exportaciones de 25 mil - 50 mil toneladas anuales para los últimos años. La inconsistencia puede deberse a que Turquía, por su ubicación geográfica y vocación comercial, se posiciona como un centro de distribución en medio oriente y regiones cercanas, en el que ingresa garbanzo de otros países que no será consumido en Turquía sino que terminará siendo re-exportado a otros mercados.

Todos los exportadores tienen cierta estacionalidad en sus ventas al exterior; si bien las exportaciones se distribuyen a lo largo del año, esta distribución muestra una mayor concentración en algunos meses respecto de otros.

En el caso de México, para tomar una referencia, el 61% de las exportaciones se concentran entre los meses de mayo y octubre. Esta estacionalidad tiene que ver con el ciclo el cultivo, cuya cosecha arranca en el mes de abril.[10] En el caso de Estados Unidos sus exportaciones se concentran en el último trimestre del año, en los tres meses finales se exporta el 40% del volumen anual. En Argentina, poco más del 40% de las exportaciones anuales observadas entre 2010 y 2014 se realizó en el primer trimestre (12) (Figura 12.1.8 y 9).

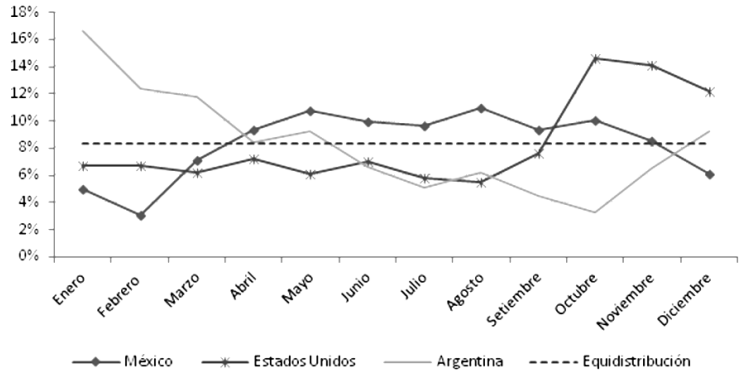


Figura 12.1.8: Exportaciones de garbanzo de México, Argentina y Estados Unidos – ¿Cómo se distribuyen las ventas externas a lo largo del año? – Promedio período 2010/2014. Participación de cada mes en exportaciones totales del año. En el caso de Estados Unidos se trabaja con datos para los años 2010, 2011, 2012 y 2014. Fuente: Elaboración propia con datos del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de México, SENASA y GATS (USDA) (11, 12, 13).

[10] Lo usual es que el garbanzo se siembre en otoño/invierno y se coseche en primavera/verano. Se trata de evitar períodos de mucha lluvia o de muy altas temperaturas. En el hemisferio norte, dependiendo los países y la zona, la ventana usual de siembra se da entre los meses de noviembre y febrero y la cosecha entre los meses de abril/agosto. Lo contrario sucede con los productores del hemisferio sur. En países muy grandes como India y con gran diversidad de climas, se observa siembra de invierno y verano, aunque la más importante es la de invierno en el caso del garbanzo (*Rabi Season* o *Rabi crop*).

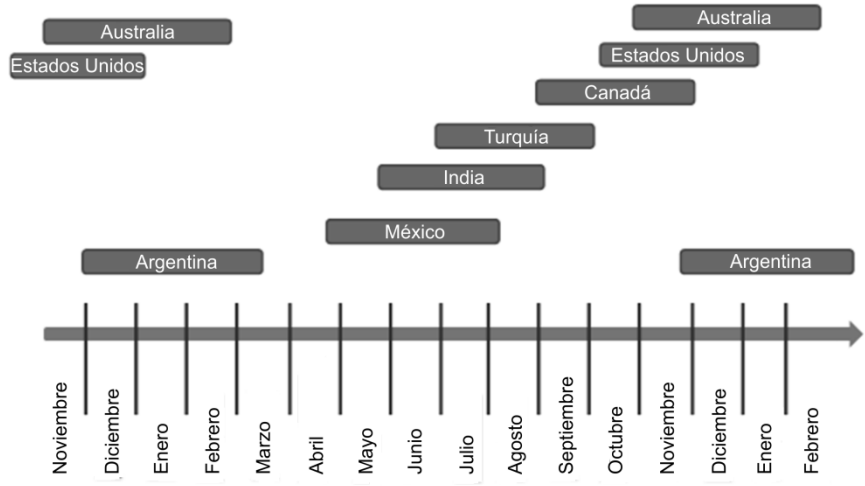


Figura 12.1.9: Secuencia de ingreso al mercado de los principales exportadores mundiales. Fuente: Elaboración propia.

Importadores líderes

Existe un grupo de países que lideran las importaciones de garbanzo Kabuli, principalmente los de mayor tamaño. En este grupo se encuentran España, Portugal, Turquía, Argelia, Arabia Saudita y otros países de Medio Oriente. De acuerdo a estimaciones de García A. (5), el mercado del Kabuli de mayor calibre absorbe un volumen anual de unas 300 mil toneladas, destacándose Turquía (85 mil toneladas), Argelia (45 mil toneladas) y España (40 mil toneladas). El mercado completo del tipo Kabuli, entendiendo a este mercado como aquel que está dispuesto a pagar un poco más por el garbanzo (en relación a lo que se paga por el tipo Desi), puede estar en el orden de las 600 mil toneladas (5).

Respecto al mercado del tipo Desi, se destaca claramente la India entre los importadores importantes con un volumen de compras, en 2012/2013, de más de 400 mil toneladas. Esto representa más del 40% del mercado estimado en el orden de las

900 mil toneladas. Otros dos países importadores muy relevantes son Pakistán y Bangladesh, con importaciones globales del orden de las 180 mil y 150 mil toneladas respectivamente. Pakistán, al igual que la India, es un gran productor de garbanzo, por lo que sus compras externas están muy influidas por el resultado de sus cosechas, lo que implica que frente a un año productivo bueno sus importaciones pueden reducirse significativamente (y viceversa). Otros importadores de Desi son Arabia Saudita, Emiratos Árabes Unidos, Irán, entre otros.

Nótese que la división entre mercados Kabuli y Desi no es taxativa. Hay países que compran las dos variedades de garbanzo, en función de que en sus propios mercados internos existe demanda por ambos tipos de productos. Por ejemplo, Arabia Saudita registra operaciones de compra con México, India y Estados Unidos, exportadores de Kabuli, y también operaciones de compra con Australia, su principal proveedor, país que como ya se mencionara es líder mundial en exportación de garbanzo Desi. Pakistán es otro ejemplo, en el año 2012 compró unas 40 mil y 5 mil toneladas de garbanzo a la India y la Argentina, exportadores de Kabuli, pero más de 80 mil toneladas a Australia, 29 mil toneladas a Etiopía, 27 mil toneladas a Myanmar, tres países que producen básicamente tipo Desi[11].

En una sección previa se refirió a la dinámica expansiva que ha tenido el comercio mundial en los últimos quince años. El análisis indica que la expansión del comercio ha estado impulsada por la mayor demanda de algunos importadores, en particular de tres de ellos, India, Bangladesh y Pakistán. También han crecido en forma importante las importaciones de Arabia Saudita, Emiratos Árabes, Jordania y Turquía. Nótese que los países cuyas importaciones crecieron más rápidamente en los últimos años son en general

[11] Nótese que las estadísticas de comercio mundial que se disponen refieren a volumen de garbanzo comprado pero no a su variedad. La metodología para aproximar la variedad y distinguir entre Kabuli y Desi se basa en los precios a los que quedaron registradas las operaciones (el tipo Desi cotiza con un importante descuento respecto al tipo Kabuli) y también al origen de la producción (dado que todos los países se especializan más en uno de los dos tipos de garbanzo).

compradores de garbanzo Desi, es decir, no son países que están dispuestos a pagar precios muy altos por el garbanzo. Los países europeos, que sí priorizan calidad y consumen el garbanzo sin procesamiento alguno, han tenido poco movimiento en sus importaciones.

Destinos y precios de exportación

El principal destino del garbanzo argentino es la región del Mar Mediterráneo, en particular tres países europeos (Italia, España y Portugal) y uno euroasiático (Turquía). En el año 2012, casi el 70% del garbanzo exportado tuvo como destino a esa región del mundo. Latinoamérica se ubica en un segundo escalón, liderado por Chile, Brasil, Colombia y Venezuela. Finalmente, la tercera región que absorbe garbanzo argentino son dos países asiáticos ya destacados anteriormente por su gran mercado interno, India y Pakistán (8) (Figura 12.1.10).

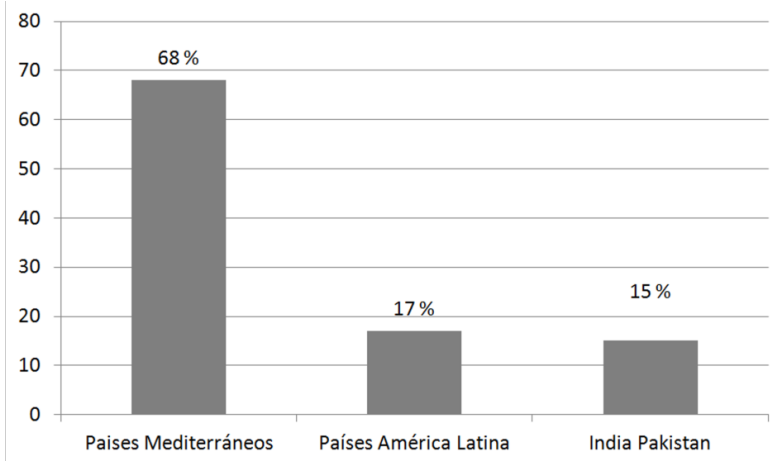


Figura 12.1.10: Destinos de Exportación del Garbanzo de Argentina. Participación regional. Año 2012. Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas MOL (8).

Resulta interesante presentar los precios de venta que ha logrado Argentina en cada una de estas regiones. La idea es mostrar las diferencias y la dispersión de valores. Se toman como referencia operaciones registradas en el 2012. A partir de precios mensuales, se determinan valores máximos y mínimos del año y también el valor promedio.

El valor de venta promedio a la región del Mediterráneo (región ampliada, incluye otros países que no tienen costa sobre el mar pero que están cerca, caso de Jordania) fue de casi US$ 1000 por tonelada en el año referido. Este valor coincide bastante con el observado para América Latina (US$ 980), pero no con el de las ventas a India y Pakistán, que promediaron US$ 790 (20% menos).

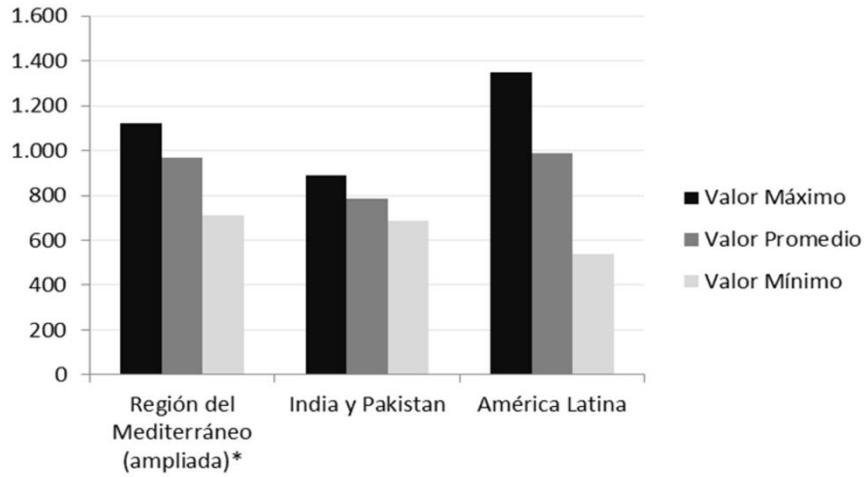


Figura 12.11: Precios de exportación (dólares por tonelada) según región. Valores máximos, promedios y mínimos. Año 2012. Fuente: Elaboración propia en base a estadísticas MOL (8).

Incluso dentro de cada macro-región, se observa una dispersión significativa en cuanto a precios de venta, que puede explicarse por factores varios, entre los que pueden señalarse[12]:

- el mes del año en el que se efectivizó la operación (el precio internacional del garbanzo se va moviendo a lo largo del año);
- diferencias en la calidad del producto (tamaño, variedad, estado general);
- diferencias relativas al consumidor del producto en el país de destino (nivel de ingresos de las familias, formas en que se consumirá el garbanzo, etc.).

En la región del Mediterráneo (ampliada), se encuentran valores máximos cercanos a US$ 1100 (operaciones con Turquía, Emiratos Árabes Unidos, Túnez) y valores mínimos de US$ 700 (Argelia). En Latinoamérica la dispersión se muestra muy significativa, con valores máximos de US$ 1300 (Venezuela) y valores mínimos de US$ 550 (Uruguay).

Puede deducirse del análisis previo que: una estrategia inteligente de producción y exportación de garbanzo debe intentar maximizar el precio de venta del producto. Para ello se requiere, por un lado, estudios de mercado y prospectivos permanentes que identifiquen los destinos que más valoran el garbanzo, las épocas del año donde la competencia es a priori menos intensa, las barreras comerciales que impone cada país, etc., y por el otro, un trabajo sostenido de los actores de la cadena vinculados a la producción (genetistas, semilleros, productores primarios, industrias de selección, organismos sanitarios, etc.) para desarrollar productos de alta calidad y adaptados a las preferencias de cada mercado externo.

[12] Otro elemento que puede influir sobre la dispersión de valores, difícil de captar a partir de las estadísticas que se disponen, tiene que ver con el lugar convenido para la entrega o traspaso de la mercadería (por caso, en operaciones marítimas, el valor acordado en la operación diferirá según se convenga entregar el producto en puerto de exportación o en puerto de destino).

Bibliografía

1. Australian Government. Agriculture Commodities, números varios. Department of Agriculture. http://www.agriculture.gov.au/abares. Ingreso: 04/2015.
2. Canadian Government. Agriculture and Agri-Food Canada, Crops Market Information. Canada Outlook for Principal Field Crops http://www.agr.gc.ca/eng/home/?id=1395690825741. Ingreso: 04/2015.
3. Clancey, B. 2014. Trends in world pulses markets. Global Pulses Conclave, India Pulse & Grain Association, IPGA. http://es.slideshare.net/ipga/stat-global-pulses-conclave?related=3. Ingreso: 04/2015.
4. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). Base estadística FAOStat. http://faostat3.fao.org/home/E. Ingreso: 04/2015.
5. Garcia, A. 2014. Kabuli Chickpeas panel, Global Scenario & Price Outlook. The Pulses 2014 Conclave, INDIA. http://www.ipga.co.in/kabuli-chickpeas-global-scenario-outlook. Ingreso: 04/2015.
6. Garzón, J. M. 2012. ¿Cuánto más puede crecer el garbanzo en Argentina? Jornada de Actualización Técnica Grupo CREA, Zona Norte Jesús María. http://www.ieral.org/. Ingreso: 04/2015.
7. Garzón, J. M. 2013. Actualidad y perspectivas de la producción de garbanzo en Argentina. Documento de Trabajo N°120. IERAL de Fundación Mediterránea. http://www.ieral.org/. Ingreso: 04/2015.
8. MERCOSUR ON LINE URUNET. Estadísticas de comercio exterior de Latinoamérica. http://mercosuronline.com/. Ingreso: 04/2015.
9. Ministry of Agriculture of India. Agricultural Statistics at a Glance. Departament of Agriculture and Cooperation, Directorate of Economics and Statistics http://eands.dacnet.nic.in/latest_2006.htm. Ingreso: 04/2015.

10. Pulse Australia. Australian Pulse Market News. http://www.pulseaus.com.au/marketing/market-news. Ingreso: 04/2015.
11. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Gobierno de México. http://www.siap.gob.mx/. Ingreso: 04/2015.
12. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria (SENASA). Gobierno de Argentina. http://www.senasa.gov.ar/estadistica.php. Ingreso: 04/2015.
13. United States Department of Agriculture (USDA). Foreign Agricultural Service, Global Agriculture Trade System (GATS), http://apps.fas.usda.gov/gats/default.aspx. Ingreso: 04/2015.
14. World Integrated Trade Solution (WITS), World Bank. Base estadística UN Comtrade http://wits.worldbank.org/about_wits.html. Ingreso: 04/2015.

CAPITULO 12

EL COMERCIO DE GARBANZO

SECCIÓN 2

EL CULTIVO DE GARBANZO, UNA OPORTUNIDAD PARA ARGENTINA

Daniel A. G. Tubelo, Myriam Giorgetti y Claudio Panadero Pastrana

Introducción

En noviembre de 2012 la ONU (Organización de las Naciones Unidas) anunció que en Filipinas había nacido la persona número 7000 millones. Si una persona consume para su mantenimiento 2200 calorías por día, es posible imaginar la cantidad de calorías que se necesitan para sustentar la población total de nuestro planeta. Si se graficara el crecimiento poblacional del planeta y la producción de energía del mismo (petróleo), se obtendrían dos curvas exponenciales (10). Del mismo modo, se podría recrear una curva exponencial con el crecimiento económico, evidenciado en la creación de dinero y el volumen de actividad económica (burbujas económicas) a nivel global y de la pérdida de sustentabilidad del medio ambiente en la tierra. Estos gráficos nos indicarían que nuestra especie vive un momento coyuntural en que las tasas de producción

energética, pérdida de biodiversidad, degradación ambiental etc., son elevadas.

Las "legumbres para granos secos" (poroto, lentejas, habas y garbanzos) representan la base proteica alimenticia de aproximadamente la mitad de la población mundial. Solamente la India cuenta hoy con 1300 millones de habitantes. Si se suma la población de India, la de Medio Oriente y el norte de África, se puede aproximar a un 25%-30% de la población mundial que tiene como base proteica en su alimentación diaria las legumbres de invierno (habas, garbanzo, lentejas).

Estas especies contienen entre 18% y 25% de proteínas. El consumo por habitante y por año en el norte de África es de 10 kg para garbanzos, habas y lentejas. Para Siria, Libia, Irak, Israel, Líbano y Jordania, el alimento consumido más importante es la lenteja con unos 12 kg por habitante por año. En India, Pakistán y Turquía, la principal fuente de proteína es el garbanzo con un consumo de 6 a 7 kg por habitante y por año.

La producción mundial de garbanzo desde el año 2005 al 2013 osciló entre las 10.000 y 12.000 millones de Tn, de las cuales se estima que un 10% correspondió a lo que se denomina mercado internacional de garbanzo. Este mercado se caracteriza por no ser transparente como los mercados de cereales y oleaginosas a nivel internacional. El precio promedio histórico del garbanzo de los últimos 30 años a nivel internacional es de 420 dólares la tonelada.

A partir del año 2000 se experimentó por primera vez en el mundo un crecimiento global anual de la producción, que oscilo entre el 0,5% y 1,5%; esto provocó la incorporación al consumo, de un alto porcentaje de personas que no tenían acceso a esta legumbre. El aumento de consumo, permitió que Argentina se incorporara al mercado internacional de garbanzo junto con Canadá, Australia, México y otros países menores.

El promedio mundial de rendimiento por hectárea de garbanzo es de 700 a 900 kg/ha. Argentina junto a Canadá y EEUU, han alcanzado la punta tecnológica en el cultivo de garbanzo con rendimientos de 1200 a 3000 kg por hectárea. Argentina es pionera en el uso de tecnología de siembra y cosecha directa incorporada a



este cultivo. Desde el punto de vista de las resistencias y/o tolerancias, el garbanzo es el cultivo de grano más tolerante a estrés ambiental y biológico (Panadero Pastrana, com. pers.). Esto permitió un buen desarrollo adaptativo en amplias áreas de nuestro país, oscilando su rendimiento, según sea a secano o bajo riego, entre 800 a 3000 kg/ha. Esta amplitud de rendimiento fue posible merced al desarrollo tecnológico llevado a cabo por la Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de Salta y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Estas instituciones hace más de 25 años que vienen contribuyendo al desarrollo de variedades y aportes tecnológicos para la producción de este cultivo ya sea en secano o bajo riego. Se destaca el apoyo brindado por emprendedores privados para el desarrollo tecnológico del mismo.

Se estima que la Argentina tiene la posibilidad de contar con un mercado internacional de aproximadamente 70.000 Tn (repartidos en 25.000 Tn para América de sur, 20.000 para Europa y 25.000 para el norte de África y Medio Oriente), lo que representaría un total de 50.000 a 60.000 hectáreas afectadas a este cultivo. Los más importantes competidores de Argentina son México y Canadá; México por la calidad (diámetro de semilla) y Canadá por la presentación del producto (empaque y limpieza) (Panadero Pastrana, com. pers.).

Dada la potencialidad de éste cultivo en amplias áreas de nuestro país, en este capítulo se intenta demostrar la oportunidad que tiene la Argentina de contribuir a la producción de alimentos de alto valor biológico para el resto del mundo.

Esta Sección se compone de 1) Comercio internacional de garbanzo; 2) estudio de las exportaciones de garbanzo de la provincia de Salta, y 3) encuesta a compradores, distribuidores y referentes del comercio de garbanzo en nuestro país.

Situación mundial del garbanzo

Situación mundial de la producción y del consumo de garbanzo

Según los últimos datos de la FAO (5) sobre superficie cosechada de garbanzo a nivel mundial, se observa una evolución ascendente durante las temporadas más recientes, alcanzando un récord de 13,5 millones de hectáreas en el año 2013. Como se puede visualizar en la Figura 12.2.1 entre 2005 y 2013 el área cosechada aumentó un 33%.

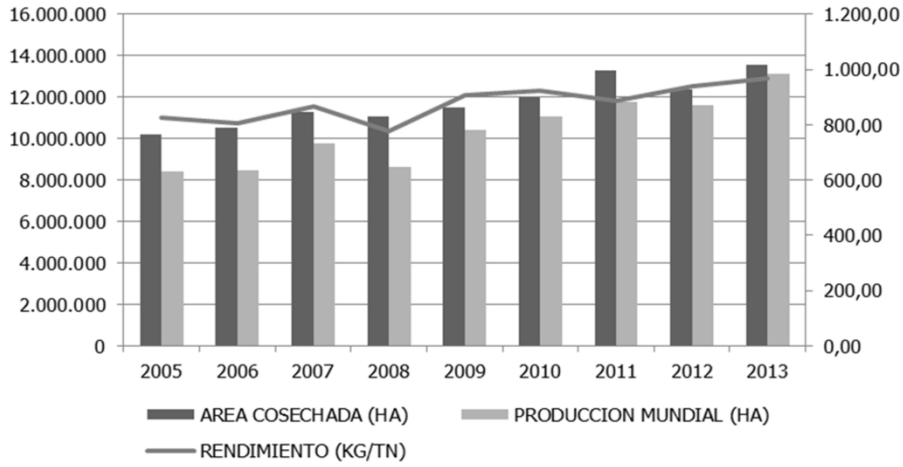


Figura 12.2.1: Evolución de la producción mundial de garbanzos. 2005 – 2013, FAO (5).

La producción total, si bien ha seguido una trayectoria similar a la de las áreas cosechadas en el periodo bajo estudio, ha presentado variaciones porcentuales oscilantes debido a que existen importantes diferencias de rendimientos promedio entre un año y otro. De 8,43 millones de Tn cosechadas en 2005, se pasó a 13,1 millones de Tn en 2013, lo que equivale a una variación de 56% en el transcurso de este lapso de tiempo.

Lo concreto, según se puede apreciar en la Figura 12.2.1, es que entre 2009 y 2013 se ha conseguido un nivel de producción bastante

superior al de cualquiera de los años precedentes. Esta producción viene creciendo levemente por encima de la tasa poblacional, copiando lo que sucede con el resto de las legumbres y también con el conjunto de los cereales.

En el mercado mundial se pueden identificar, por un lado, países que son muy relevantes en materia de consumo y producción, y por el otro, países muy importantes en el comercio internacional (principales exportadores e importadores).

En la Figura 12.2.2 se muestra la participación de los 7 principales países productores para el año 2012 y en la Tabla 12.2.1 se visualiza la evolución de la producción por país entre los años 2009 y 2012.

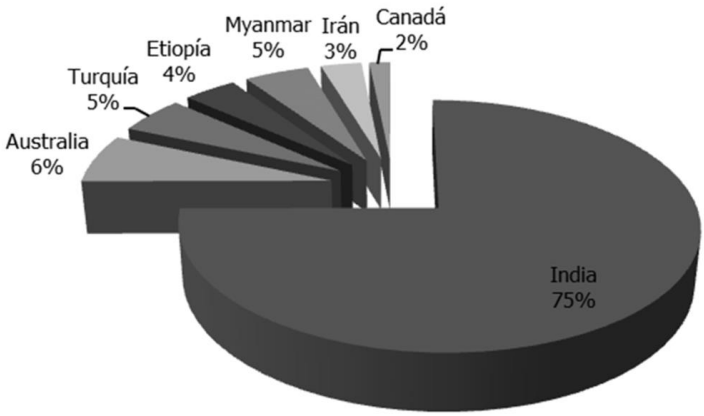


Figura 12.2.2: Participación relativa de los 7 principales países productores de garbanzo. Año 2012, FAO (5).

Cuadro 12.2.1: Producción por país en orden de importancia (Tn).

	2012	**2011**	**2010**	**2009**
India	7.700.000	8.220.000	7.480.000	7.060.000
Australia	673.371	513.338	602.000	445.000
Turquía	518.000	487.477	530.634	562.564
Etiopía	409.733	400.208	322.839	284.640
Myanmar	500.000	473.102	441.493	403.947
Irán	315.000	290.243	267.768	208.913
Canadá	161.400	90.800	128.300	75.500
República Unida de Tanzania	119.984	71.182	38.290	22.670
Pakistán	291.000	496.000	561.500	740.500
México	271.894	72.143	131.895	132.496
Malawi	67.000	75.000	47.921	48.455
Yemen	58.560	56.980	60.100	50.567
República Árabe Siria	55.913	50.052	42.928	57.351
Argentina	52.000	55.000	19.500	18.500
Federación de Rusia	46.000	58.000	60.000	50.000
Estados Unidos de América	151.137	99.881	87.952	s/d
Marruecos	33.499	45.734	56.620	52.130
Israel	21.940	15.680	16.785	18.379
Argelia	27.675	24.051	23.474	17.840
España	21.900	32.408	30.143	21.568

Fuente: Elaboración propia en base a datos de FAO (5).

Situación del comercio internacional del garbanzo

El comercio internacional de garbanzo según las estadísticas divulgadas por FAO y por el International Trade Centre (ITC) de Naciones Unidas, muestran que los principales importadores mundiales de esta legumbre son países asiáticos, que se ubican especialmente en el sur del continente y que rodean o están cercanos a la India.

Según datos de la FAO (5), en el año 2011 Pakistán fue el importador más importante con el 34% del volumen total (Figura 12.2.3). India tuvo una participación del 18%, Argelia del 8%, Emiratos Árabes Unidos con el 10%, Bangladesh con el 12%, España con el 5%, Reino Unido con el 4%, Jordania con el 4%, e Italia con el 3% del total.

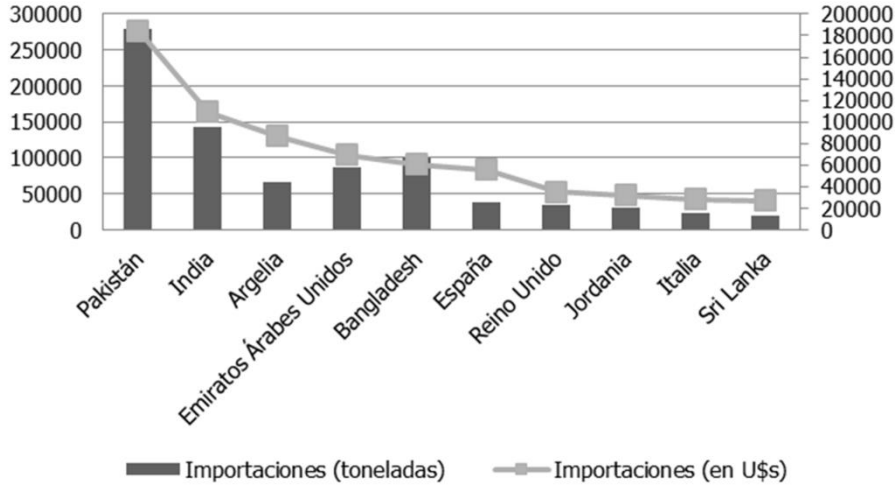


Figura 12.2.3: Importadores mundiales de garbanzo. Los diez países principales importadores para el año 2011. Expresado en Tn y en millones de dólares.

En este aspecto cabe destacar que India, Pakistán y Bangladesh, presentan un comportamiento altamente fluctuante de sus importaciones entre un año y otro, ello se origina por gran variabilidad de sus cosechas. Esto se debe a que los resultados productivos de las siembras dependen en un alto grado de las condiciones meteorológicas imperantes durante el período de cultivo. La oportunidad e intensidad con que se presentan las lluvias monzónicas en las zonas de producción provocan efectos muy significativos sobre los rendimientos de los cultivos, lo que es determinante sobre la oferta interna en estos países.

Los exportadores que han dominado el mercado de garbanzo en el trienio 2009/2011 han sido Australia (40%), India (14%), México (9%), Canadá (6%) y Turquía (5%); estos valores se pueden apreciar en la Figura 12.2.4.

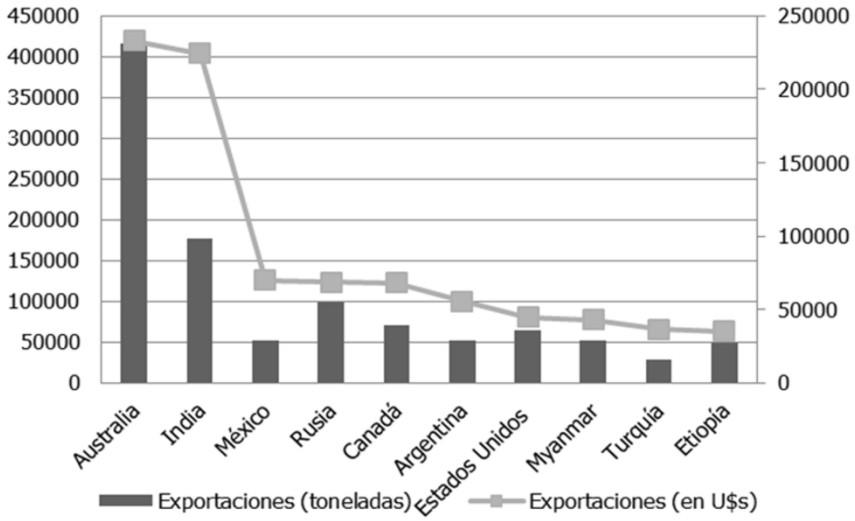


Figura 12.2.4: Exportadores mundiales de garbanzo. Los diez países principales exportadores para el año 2011. Expresado en millones de dólares y en Tn.

A grandes rasgos, se puede mencionar que existen dos tipos comerciales principales que se diferencian por su tamaño, forma y color:

- **Kabuli**, el grano es de tamaño medio a grande, redondeado, arrugado y de color claro.
- **Desi**, el grano es de tamaño pequeño, de forma angular y color oscuro.

El garbanzo tipo Desi es el más comercializado en el mercado mundial, representando aproximadamente el 60% del total comercializado. En el caso del garbanzo Desi los exportadores líderes

son Australia, Etiopía y Myanmar, mientras que los principales importadores son la India, Pakistán y Bangladesh.

Los principales exportadores de garbanzo Kabuli son México, India, Canadá y Estados Unidos. En el año 2012, Argentina ingresó al grupo de los exportadores líderes. Por su parte, los principales importadores de este tipo son países de la Unión Europea, Argelia, Turquía y Egipto.

Estas clasificaciones no son taxativas. Algunos países importadores adquieren los dos tipos comerciales de garbanzo, siendo el ejemplo Pakistán que en el 2011 compró 140.000 Tn de garbanzo Desi a Australia y casi 40.000 Tn de garbanzo Kabuli a India. El comercio mundial de garbanzo va creciendo en los últimos años a una tasa superior a la poblacional, estimada en un 3% promedio anual. Esta expansión está impulsada por el mayor consumo en países tales como Bangladesh y Pakistán, cuya producción interna no alcanza a abastecer todo su mercado. Los mencionados países son de bajo nivel de desarrollo económico, prefieren en general tipos Desi y pagan relativamente menos.

Comparación interanual de las exportaciones de garbanzo correspondientes a la provincia de Salta

Las exportaciones de garbanzo han tenido fuertes vaivenes, en parte explicado por las variaciones de las exportaciones en general y la coyuntura económica del país; la otra causa se debió a la fuerte sequía ocurrida en el año 2010, registrándose la menor producción de esta legumbre. Se exportan garbanzos únicamente para uso comercial, para consumir de diversas formas, excluyendo las variedades para siembra, que se reservan para el mercado interno o se guardan en los respectivos campos para la futura campaña (3, 7).

Como se puede observar en la Tabla 12.2.2, comparando con el total de legumbres, la exportación de garbanzo que realiza la Provincia de Salta es muy reducida, tanto en la cantidad de dólares

que ingresan por la venta de esta legumbre como por la cantidad de toneladas vendidas.

Tabla 12.2.2: Evolución de las exportaciones de legumbres en general y de garbanzo en la provincia de Salta. Porcentaje de participación del garbanzo en el total. Periodo 2010 – 2014, INDEC (8).

	LEGUMBRES		GARBANZO		% de garbanzo en el total	
AÑOS	DOLARES FOB	CANT TN	DOLARES FOB	CANT TN	DOLARES FOB	CANT TN
2010	197.273.264,71	249.197,05	4.792.314,73	5.778,08	2,43%	2,32%
2011	266.592.828,18	282.253,58	22.182.640,45	20.600,56	8,32%	7,30%
2012	265.966.397,07	255.901,51	19.461.773,09	19.420,76	7,32%	7,59%
2013	88.299.065,79	81.186,09	8.338.242,51	10.696,61	9,44%	13,18%
2014	199.607.303,60	179.371,32	4.660.087,79	7.455,26	2,33%	4,16%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de exportaciones de INDEC (8).

El año 2013 fue excepcional, ya que si bien el volumen de legumbres exportado se redujo considerablemente, las exportaciones de garbanzo crecieron hasta llegar a un máximo tanto en volumen como en precio. Como se puede advertir, hubo un efecto volumen mayor que el efecto precio, porque el volumen exportado creció más que la cantidad de dólares generados por dichas exportaciones.

En la Figura 12.2.5 se observa que en la campaña 2012 hubo un efecto precio mayor que el efecto producción, dado que el volumen exportado fue más elevado en términos de dólares que en términos de cantidad de toneladas. En tanto, en las campañas 2013 y 2014 se revirtió el proceso y se dio un efecto cantidad como se mencionó en el párrafo precedente.

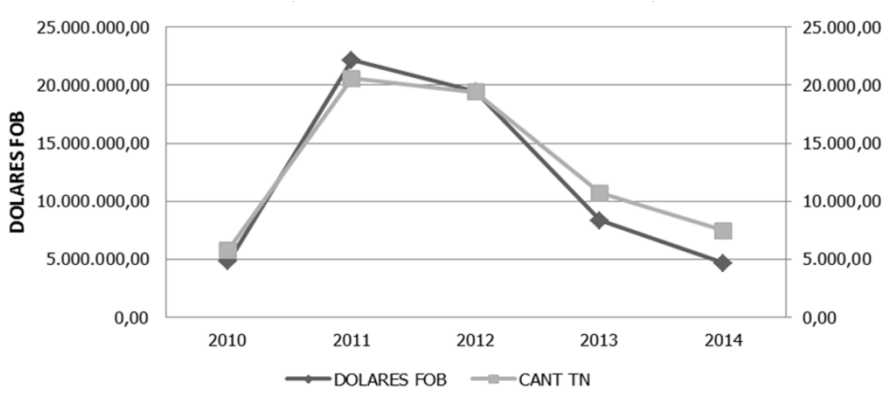


Figura 12.2.5: Evolución de las exportaciones de garbanzo según cantidad de Tn y dólares FOB. Provincia de Salta. Periodo 2010 – 2014. Fuente: Elaboración propia en base a datos de exportaciones de INDEC (8).

Destinos de las exportaciones

En el año 2010 se destinaron a Italia el 27% de las exportaciones, a Brasil el 25%, a Cuba el 6% y a Portugal el 6%, los otros sitios fueron a países asiáticos y sudamericanos (Figura 12.2.6).

En el año 2011 las exportaciones se diversificaron a países de Medio Oriente, a Turquía le correspondió el 21%, Portugal el 15%, Italia el 12% y a España un 9%. El resto abarca a países sudamericanos, africanos y de Medio Oriente (Figura 12.2.7).

En el 2012 las ventas se diversifican a algunos países de Medio Oriente, Turquía compró el 21% de las exportaciones, Brasil el 7%, España 7% e Israel un 6%; luego a los países sudamericanos, africanos y europeos (Figura 12.2.8).

En la distribución de las exportaciones en el año 2013 a Italia le correspondió el 23%, a Brasil el 13%, a España el 13% y a Turquía el 11%, luego los países sudamericanos, europeos y del Medio Oriente (Figura 12.2.9).

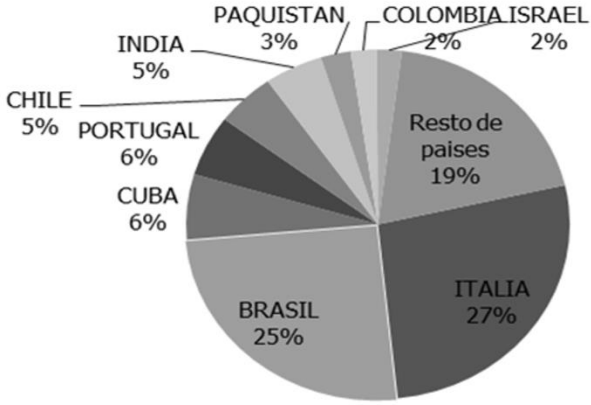


Figura 12.2.6: Montos de exportaciones de garbanzo, expresados en porcentajes. Provincia de Salta. Año 2010. Fuente: Elaboración propia en base a datos de exportaciones de INDEC (8).

.

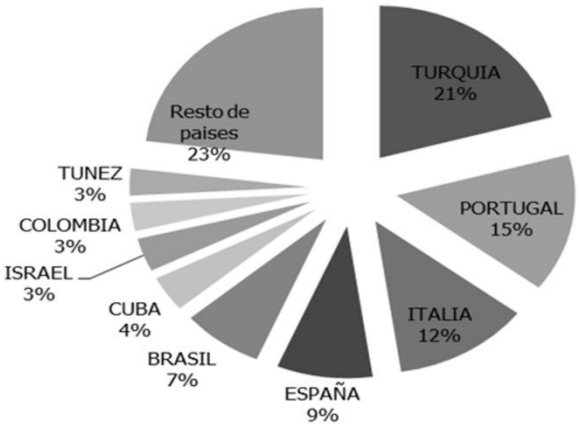


Figura 12.2.7: Montos de exportaciones de garbanzo, expresados en porcentajes. Provincia de Salta. Año 2011 Fuente: Elaboración propia en base a datos de exportaciones de INDEC (8).

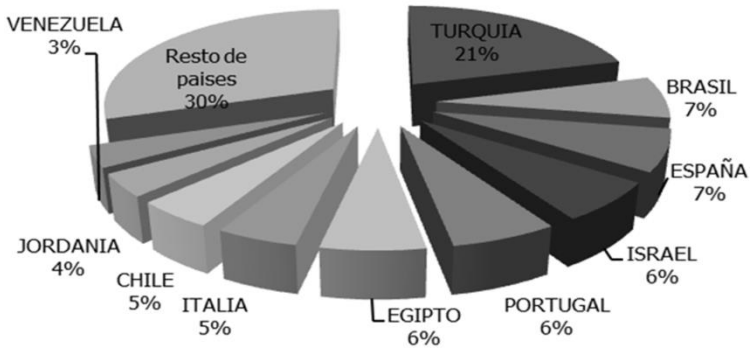


Figura 12.2.8: Montos de exportaciones de garbanzo, expresados en porcentajes. Provincia de Salta. Año 2012.Fuente: Elaboración propia en base a datos de exportaciones de INDEC (8).

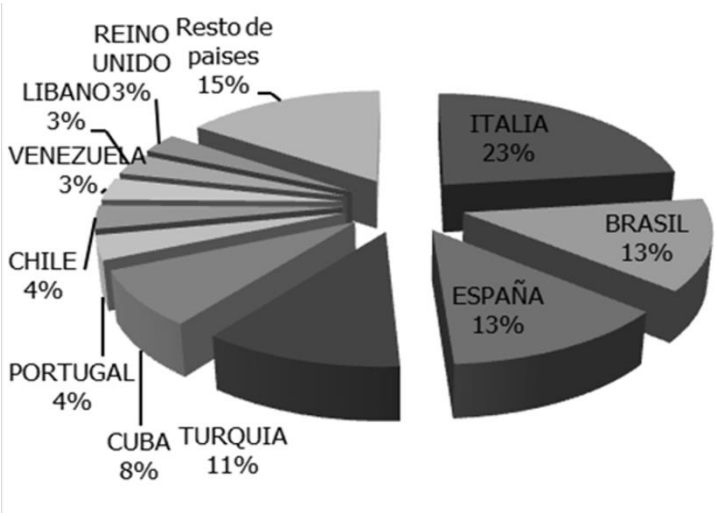


Figura 12.2.9: Montos de exportaciones de garbanzo, expresados en porcentajes. Provincia de Salta. Año 2013.Fuente: Elaboración propia en base a datos de exportaciones de INDEC (8).

Los países más importantes en relación a las exportaciones en el año 2014 fueron Cuba con el 47%, Italia con el 9%, Jordania con el

9% y Chile con el 8%. El porcentaje correspondiente a los países sudamericanos, africanos y de Medio Oriente fue del 27% (Figura 12.2.10).

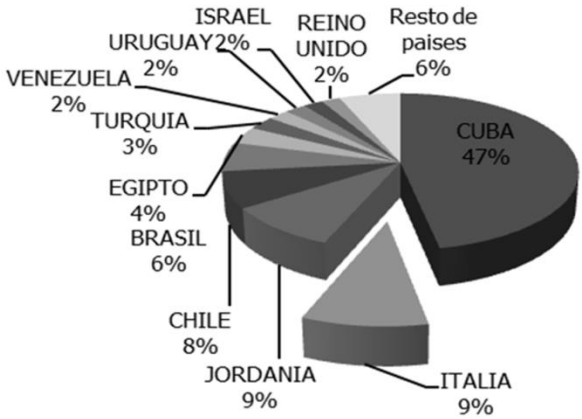


Figura 12.2.10: Montos de exportaciones de garbanzo, expresados en porcentajes. Provincia de Salta. Año 2014.Fuente: Elaboración propia en base a datos de exportaciones de INDEC (8).

Encuesta a procesadores, comerciantes, consumidores y referentes de garbanzo

Para conocer la demanda de garbanzo y la tipología de los consumidores de dicha legumbre, se realizó una encuesta en los principales mercados de las ciudades de Córdoba (Mercados de Abasto, San Miguel, Norte y Sur); Tucumán (Mercofrut); Salta (Cofruthos) y Jujuy (Cooperativa de Feriantes en ciudad Perico) (1, 2, 4, 5, 6, 9, 11, 12, 13, 14). La encuesta constaba de 23 preguntas diferentes y amplias relacionadas directamente con el consumo.

El análisis de los resultados muestran lo siguiente: los comerciantes prefieren vender garbanzo suelto. Una cadena de ventas de productos alimenticios y/o dietéticos ofrece en todas sus sucursales de Córdoba y Tucumán el llamado "garbanzo chileno".

Los consumidores desconocen el nombre de las variedades. El mayor consumo es en otoño-invierno asociado a guisos, puchero,

pasta o puré de garbanzo y en verano se incorpora en ensaladas. Los prefieren de tamaño mediano a grande y de color crema (Figura 12.2.11), el grupo etario de mayor edad es el habitual demandante y en menor cuantía los jóvenes. La calidad del producto es buena, aspecto relevante. La demanda se asocia a las colectividades sirio-libanesa o árabes e hijos de inmigrantes, y en Córdoba se suma la colectividad armenia.

Con respecto al orden de preferencia de las legumbres secas, se ubica primero la lenteja, le sigue el poroto alubia o pallar y luego el garbanzo (Figura 12.2.12). Para algunos procesadores-distribuidores de garbanzos del mercado interno, el consumo de este producto viene descendiendo lentamente.

El aumento de consumo de garbanzo, a futuro mediato, por parte de personas vegetarianas, veganas, celíacos está inevitablemente ligado a la difusión del producto, reconocer sus cualidades nutritivas, y diversidad de uso en la preparación de comidas, tal como se propone en los Capítulos 14 y 15.



Figura 12.2.11: Demanda por tamaño de grano, color claro: tamaño grande, color oscuro: tamaño mediano. Fuente: Tubelo, 2009 (15).



Figura 12.2.12: Orden de preferencia de leguminosas de grano seco por parte de los consumidores, donde L.P.G., de color claro, se refiere a lenteja, poroto, garbanzo, y P.L.G., de color oscuro, a poroto, lenteja, garbanzo. Fuente: Tubelo, 2009 (15).

Bibliografía

1. Calatrava Requena, J. 1994. Análisis de encuestas: Diseño y ejecución del Plan de Muestras. Curso "Comercialización de Productos Agrarios y Alimentarios". Período 93/94. IAMZ. Zaragoza. España.
2. Ceverio, R.; Brieva, S. y L. Iriarte. 2010. Guía para identificar oportunidades de mercado para productos agroalimentarios no tradicionales. Ediciones INTA Balcarce, Argentina. 60 p.
3. Cono Agropecuaria. 2012. Informe sobre pronósticos para el garbanzo. Pp.: 1-9.
4. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Costos agropecuarios de la producción de garbanzos. Campaña 2013. http://www.eeaoc.org.ar/. Ingreso: 05/2015.

5. Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO). Base estadística FAOStat. http: //faostat3.fao.org/home/E. Ingreso: 04/2015.
6. Gambaro, A. 2002. Curso de Posgrado Medición de la Satisfacción del Consumidor: Técnicas de Estudios. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.
7. Garzón, J. M. 2013. Documento de trabajo: Actualidad y perspectivas de la producción de garbanzo en Argentina. Año 19, Edición Nº 120. Elaborado por la Fundación Mediterránea.
8. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). Series desde 2010 a 2014 de exportaciones de garbanzo de la Provincia de Salta. Bases estadísticas enviadas por INDEC.
9. Kraeutler, E. y C. Roty. 1995. La consommation des légumes et des fruits á domicile en 1995. Infos. CTIFL. Nº 120. París, Francia. Pp.: 14-19.
10. Martenson, C. S/F. The Crash Course. Crecimiento Exponencial. https://www.youtube.com/watch?v=d66CpooNEH8. Ingreso: 06/2015.
11. McCormick, M.; Lacaze, M. L. y A. M. Pereyra. 1999. Características de los hogares y hábitos alimentarios en Buenos Aires y sus alrededores. Cuadernos del CE Agro Nº 1 (Revista de estudios sociales, económicos y técnicos del sistema agroalimentario): 35-48.
12. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación-SAGPyA. Estimaciones Agrícolas; ficha general y resúmenes. República Argentina. http://www.minagri.gob.ar/site/. Ingreso: 05/2015.
13. Tubello, D. A. G. 1997. Análisis del Mercado Europeo del aguacate: Perspectivas para la oferta de los Países del Cono Sur Americano. Tesis M.Sc. Centro de Investigación y Desarrollo Agrario (CIFA: Granada). IAMZ. Pp.: 49-154.

14. Tubello, D. A. G. 2004. Modelo de análisis de las preferencias del consumidor de palta (aguacate) en el Noroeste Argentino, distrito ciudad de Salta, República Argentina. Tesis Doctoral: Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos (ETSIA), Universidad Politécnica de Madrid (UPM). Madrid, España. Pp.: 66-123.
15. Tubello, D. A. G. 2009. Características del mercado internacional, nacional y regional (consumo) del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). XXXII Congreso Argentino de Horticultura. Salta, Argentina. 18 p.

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

Este Capítulo, subdividido en ocho Secciones, tiene como objetivo dar a conocer el comportamiento del cultivo de garbanzo en las Provincias de Salta (Sección 1), Tucumán (Sección 2), Catamarca (Sección 3), San Luis (Sección 4), La Pampa y Rio Negro (Sección 5), Buenos Aires (Sección 6), Santa Fe (Sección 7), y Córdoba (Sección 8). En cada Sección se comenta como se incorporó el garbanzo a los sistemas productivos, el tipo de manejo que se realiza, el potencial de rendimiento de los cultivares y el aporte que cada Provincia hace a la producción nacional.

Los autores, además de trabajar en las Provincias que se mencionan en cada Sección, son referentes en cuanto han brindado su conocimiento al desarrollo del cultivo. Otras Provincias, que quizás participen o hayan experimentado con el cultivo, no fueron consideradas por no contar con el aporte de los técnicos para la tarea de elaboración del Capítulo.

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

SECCIÓN 1

SALTA

Ana Fekete y Susana García Medina

Introducción

El garbanzo es un cultivo tradicional en la zona sur de la Provincia de Salta (departamentos de Metán y Rosario de la Frontera), introducido por los españoles probablemente a fines del siglo XVI (Capítulo 1); se lo menciona como cultivado en las primeras décadas del siglo XVII. Posteriormente, españoles e inmigrantes de países árabes, los que formaron las Sociedades Española y Sirio-Libanesa, en distintas ciudades, contribuyeron a su difusión.

El cultivo se realiza en el área del Río Juramento y el Departamento de Anta, al este, y Joaquín V. González, Gaona y Quebrachal, al oeste de Salta. Estas zonas se caracterizan por tener un clima cálido con inviernos secos, la precipitación anual es de 450 a 500 mm concentrados en el período estival (diciembre-marzo).

Los productores con establecimientos rurales de tamaños medianos a pequeños, inician el cultivo a mediados del siglo XX con

la población denominada Sauco tipo Kabuli, semilla de color beige, tegumento rugoso, forma lobulada, tamaño mediano, con ciclo de 160 a 180 días. Luego se introdujo el cultivar Blanco Lechoso Español y Mexicano, de semillas grandes, tegumento claro, crema, más tierno para cocción, precoces, con ciclo de 140 a 150 días desde siembra a cosecha.

La tecnología utilizada hasta la década del 80', aunque mecanizada, fue bastante rudimentaria. Con el sistema convencional se araban y rastreaban los suelos. Se hacía únicamente un riego de pre-siembra por inundación, formando una pirca como en el arroz, cargando el perfil con 400 a 500 mm de agua, que debía alcanzar hasta las primeras lluvias de octubre-noviembre. No se sistematizaban los suelos, y con riegos post-siembra las plántulas morían en áreas con depresiones por efecto de los hongos de suelo. Como consecuencia de este tipo de riego se producía lixiviación de los minerales, empobrecimiento del suelo, escasa fertilización y rendimientos bajos. Luego del riego se rastreaba y se realizaba siembra mecánica a 0,70 m entre surcos. Durante el período vegetativo se pasaba un rolo pesado para quebrar los tallos principales a los fines de suprimir la dominancia apical para producir mayor ramificación y cobertura de los entresurcos.

El control de malezas se realizaba con cultivador. La cosecha era manual y se hacía con palas o azadas, luego se procedía al hilerado y uso de trilladora fija. Los granos producidos eran de bajo calibre debido a la gran evapotranspiración en noviembre, se adelantaba la madurez de cosecha por las altas temperaturas y la baja humedad relativa.

En la década de los 80', en los suelos degradados los rendimientos eran de 600-800 kg/ha. Luego se inician los desmontes, y en tales suelos se logran rendimientos de 1800 kg/ha con granos de mejor calidad (1). El manejo que contemplara sistematización de los campos, uso adecuado del agua de riego y rotaciones de cultivos entre otros factores, fue necesario ser considerado para atemperar el efecto del desmonte.

A partir del 2003 comienza un cambio significativo en el cultivo de garbanzo debido a varios factores; entre ellos nuevas variedades

en el país, las tecnologías de siembra y cosecha directa, el uso de protección vegetal a través de agroquímicos, la siembra en superficies más grandes, los nuevos sistemas de riego por aspersión, y buenos precios internacionales.

Se produce un aumento de la superficie de siembra en las Provincias de Córdoba, Salta y Tucumán, llegando a las 60.000 ha en 2009. Posteriormente se incorporan Santa Fe, Entre Ríos y Buenos Aires, alcanzado aproximadamente las 100.000 ha en el año 2012.

En Salta, la expansión de la superficie se realiza por adopción de nuevas tecnologías, tales como sistema de siembra, cosecha directa en secano, siembra a 0,52 m entre surcos cuando los otoños son húmedos, y aplicación de herbicidas de pre y post-emergencia temprana. Tanto en el norte de Salta (San Martín, Las Varas, Macapillo, Río Juramento, Anta) como en el sur (Metán), hay cultivos extensivos.

En el caso de Macapillo se riega en pre-siembra por inundación sobre el barbecho, pero este sistema favorece el ataque de *Fusarium sp*. en suelos ondulados y con mayor presencia de malezas.

El uso de riego hace imprescindible la sistematización de los suelos. En Quebrachal, usando semilla de las variedades Chañaritos S-156 y Norteño, se ha demostrado a través de la experimentación del INTA en macroparcelas en finca de productor, que el garbanzo responde al riego post-siembra (3 momentos de riego por surcos) y a la fertilización, obteniéndose muy buenos rendimientos y alta calidad de grano. En la zona, los productores pequeños sembraban la población de Sauco o el llamado Sauco Salta, del Semillero SMS (Gaona) seleccionado por calibración.

En la actualidad, existen dos zonas de producción con distintas condiciones agroecológicas y con manejos diferentes: la zona ubicada en el Valle de Lerma y el área de influencia del Río Juramento Anta, Rosario de la Frontera y Metán.

Valle de Lerma

En esta zona se practican dos tipos de riego. Por inundación donde las labores previas consisten en arado o cincelado profundo, luego se rastrea, se empareja el terreno, se realizan bordos para riego por inundación y se pasa una rastra de pre-siembra. El otro riego de pre-siembra es por gravedad, para lo cual es deseable sistematizar el suelo para mejorar la eficiencia de uso del agua y evitar encharcamientos; la pendiente es alrededor del 0,6% y los surcos se distancian a 0,50 m. En este último sistema el caudal utilizado es menor que por inundación, y permite distribuir el agua uniformemente en el perfil, además de rastrear y sembrar en menor tiempo sin erosionar el terreno. El volumen de agua en este sistema de riego llega hasta los 100 mm, mientras que por inundación se aplican más de 300 mm, produciéndose lixiviación de minerales y degradación de los suelos.

Actualmente el sistema de riego por gravedad, tanto en pre-siembra como en cultivo, se utiliza en lotes de producción de semillas en el Valle de Lerma, con un manejo más intensivo, realizando tres o cuatro carpidas en el entresurco para el control de malezas, especialmente después de cada riego.

El cultivo prospera favorablemente con 350 a 400 mm durante su ciclo, con humedad especialmente en el período de floración y formación de granos. Para lograr buenos rendimientos serán necesarios 4 o 6 riegos, con precaución de no mojar el cuello de las plantas para evitar la propagación de enfermedades.

El éxito del cultivo depende muchas veces de la competencia con el cultivo de tabaco que requiere atención, riego y mano de obra en primavera, simultáneamente en la etapa de mayor desarrollo del cultivo de garbanzo. Las malezas son la causa principal de la merma de rendimiento y de calidad de grano, además de dificultar la cosecha. En esta zona es fundamental cosechar en noviembre, antes de las lluvias fuertes de diciembre, que provocan pérdidas de calidad de las semillas.

Anta, Metán y Rosario de la Frontera

En el área de influencia del Río Juramento (Figura 13.1.1), se realizan cultivos en secano y siembra directa aprovechando la humedad residual del otoño. Algunos establecimientos de grandes superficies poseen sistemas de riego por aspersión de pivote central o avance frontal. En las rotaciones, el garbanzo puede formar parte del sistema, para lo cual la cobertura del suelo se protege mediante el uso de barbechos. El control de malezas suele realizarse con productos químicos. En pre-emergencia y en post-emergencia temprana, el más frecuentemente usado es imazetapir en dosis de 0,5 l/ha. En las etapas de pre-floración, los herbicidas pueden disminuir el cuaje y la formación de granos y cascabullos. Suelen usarse graminicidas selectivos del grupo fop y dym y nuevamente imazetapir para control de latifoliadas en dosis de 0,4 l/ha.



Figura 13.1.1: Zonas de producción: 1) Valle de Lerma, 2) Anta, Metan, Rosario de la Frontera

En el año 2012, en la Estación Experimental Obispo Colombres (EEAOC), se evaluó el herbicida benazolin, encontrándose una buena selectividad con las variedades Chañaritos S-156 y Norteño con dosis de 0,6 l/ha (2).

Superficie de garbanzo en Salta

La superficie sembrada con garbanzo fue aumentando lentamente durante los años 2010 y 2011, duplicándose en el año 2012 debido a un aumento en el precio. Durante el año 2013 solo se sembraron 175 ha por la gran fluctuación de precios en el mercado (3, 4, 5, 6, 7) (Figura 13.1.2).

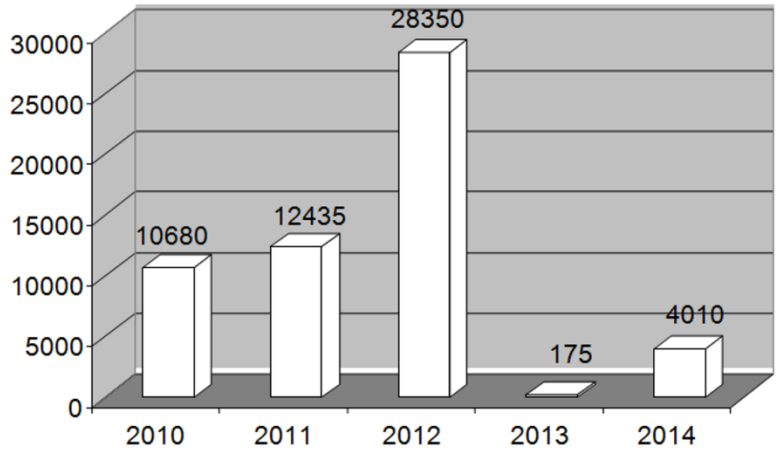


Figura 13.1.2: Superficie sembrada (ha) desde 2010 a 2014 en Salta.

Bibliografia

1. García, A.; Fekete, A.; Pastrana Panadero, C. y J. Carreras. 2007. Cartilla de divulgación de garbanzo. I Jornada Nacional de Garbanzo. INTA EEA Salta, Argentina.
2. Olea, I.; Vinciguerra, F. y S. Sabaté. 2014. El cultivo de garbanzo en el Noroeste Argentino. Pp.: 79-84.
3. Paoli, H; Volante, J.; Noé, Y; Vale, L. y J. Mosciaro. 2010 Monitoreo de cultivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Ediciones INTA. Año 10, Nº24. 6 p.
4. Paoli, H; Volante, J.; Noé, Y; Vale, L. y J. Mosciaro. 2012 Monitoreo de cultivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Ediciones INTA. Año 12, Nº28. 8 p.
5. Paoli, H; Volante, J.; Noé, Y; Vale, L. y J. Mosciaro. 2013 Monitoreo de cultivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Ediciones INTA. Año 13, Nº30. 8 p.
6. Paoli, H; Volante, J.; Noé, Y; Vale, L. y J. Mosciaro. 2014 Monitoreo de cultivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos. Ediciones INTA. Año 14, Nº31. 29 p.

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

SECCIÓN 2

TUCUMÁN

Clara Espeche y Oscar Vizgarra

En la región del Noroeste Argentino (NOA), y en especial en la Provincia de Tucumán, el cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum* L.) constituye una alternativa de diversificación en lo que respecta a cultivos invernales, donde el trigo (*Triticum aestivum* L.) es el más generalizado.

Las condiciones agroecológicas de algunas zonas de la Provincia de Tucumán, permiten realizar con éxito este cultivo. Si bien durante el período invernal las precipitaciones son escasas, ya que el régimen hídrico es el monzónico, el agua acumulada en el perfil del suelo en los meses estivales deja en la mayoría de los años unos 200 mm de agua acumulados hasta los 2 m de profundidad, lo que permite realizar con éxito la siembra de esta leguminosa bajo secano. En otras zonas donde las precipitaciones son menores y erráticas, se realiza el cultivo bajo riego, principalmente por aspersión.

Los productores fueron interesándose por este cultivo en forma paulatina. En muchos casos estuvieron motivados por los precios elevados con los que se vendía el grano y además porque lo visualizaron como una alternativa más rentable que el trigo. Sin embargo, no es de esperar que el garbanzo desplace al trigo, ya que este último es usado en muchas zonas del este de Tucumán (donde las precipitaciones son menores) como cultivo de cobertura y en otras, donde la erosión hídrica es importante, se cultiva por el volumen y calidad de rastrojo que deja luego de la cosecha.

En el año 2004 se sembraron en la Provincia 200 hectáreas de garbanzo pertenecientes a un solo productor. En los años siguientes se incrementó la superficie, registrándose unas 2500 hectáreas en el año 2008, llegando a 28.000 hectáreas en el año 2012 (3) (Figura 13.2.1).

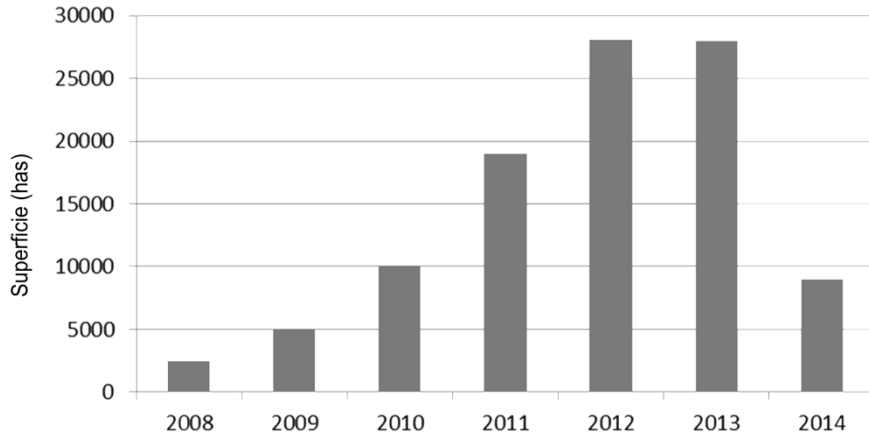


Figura 13.2.1: Superficie sembrada con garbanzo en la Provincia de Tucumán (2008-2014).

En la Figura 13.2.2 se consideran los principales departamentos en los que se realiza el garbanzo. En el Departamento de Burruyacú, ubicado al norte de la Provincia, se siembra en secano y bajo riego (1) más del 50% de la superficie total. En el año 2012 se sembraron

casi 17.000 hectáreas. En el 2014, el 70% de la superficie sembrada con garbanzo en Tucumán correspondió a este Departamento.



Figura 13.2.2: Principales departamentos de la Provincia de Tucumán donde se siembra garbanzo: 1) Burruyacú, 2) Cruz Alta, 3) Leales, 4) La Cocha.

En el Departamento de Cruz Alta se siembra poco garbanzo, variando entre el 2 y 9% de la superficie total. En el departamento de Leales, los porcentajes van del 5 al 16% de la superficie total, y se realiza principalmente bajo riego. En el sur de la Provincia, Departamento de La Cocha, la superficie sembrada varía entre 1500 a 2400 hectáreas, significando en algunas campañas el 7% y en otras hasta el 45% (1); se realiza en secano y bajo riego.

Los rendimientos promedios del cultivo varían entre 1500 y 2400 kg/ha. Sin embargo, en algunas campañas (2012 y 2013) se registraron lotes con 500 a 700 kg/ha debido al bajo contenido de humedad del suelo en el momento de la siembra, ya que las lluvias estivales fueron muy escasas (2).

En la Tabla 13.2.1 se muestran los rendimientos de los ensayos conducidos por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) durante las campañas 2011-2014.

Tabla 13.2.1: Rendimientos promedios de las variedades TUC 403 y TUC 464 en ensayos llevados a cabo por la EEAOC.

Campaña	Localidad	TUC 403	TUC 464	Promedio de los ensayos
2011	La Ramada (Dpto. Burruyacú, Tucumán)	1100	1400	1123
	Los Altos (Dpto. Santa Rosa, Catamarca)	1800	2290	1900
2012	La Ramada	1700	1900	1768
	Los Altos	900	1000	870
2013	Los Altos	2170	2017	1800
2014	La Ramada	1300	1428	1400
	Viclos (Dpto. Leales, Tucumán)	1300	700	1000

Bibliografía

1. Fandos, C.; Scandaliaris, P.; Carreras Baldres, J. I. y F. J. Soria. 2014. Trigo y garbanzo en la campaña 2014 en la Provincia de Tucumán: área cultivada y comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial/ Relevamiento satelital de cultivos en la provincia de Tucumán. EEAOC N°100. Pp.: 28-34.
2. Mamani Gonzales, S. Y.; Espeche, C.; Vizgarra, O. N. y L. D. Ploper. 2013. Resultados y análisis de la campaña 2012 de garbanzo en Tucumán. Avance Agroindustrial 34 (1): 7-10.

3. Vizgarra, O. N.; Espeche, C. y L. D. Ploper. 2013. Evolución del cultivo del garbanzo en la República Argentina. Publicación Especial N°48: El cultivo del garbanzo en el Noroeste argentino (9-11).

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

SECCIÓN 3

CATAMARCA

Gabriela Alemanno

La superficie cultivada con garbanzo en la República Argentina tuvo un gran crecimiento en los últimos años. Este creciente interés en el cultivo fue en gran parte resultado del incremento en el precio del grano. Coincidentemente hubo un mayor aporte de tecnología al productor (13, 14). En los últimos cinco años, Argentina demostró que el garbanzo es un cultivo competitivo tecnológicamente (7) y comercialmente constituye el negocio de "los alternativos" (8) o "especialidades", superando en la campaña 2011/12 las 73.000 ha (9). Además, los productores buscan alternativas al trigo como arveja, colza, aromáticas y mostaza (10).

En la región del Noroeste Argentino (NOA), en la Provincia de Catamarca, donde el trigo (*Triticum aestivum* L.) es el cultivo invernal más difundido, el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) constituye una alternativa de diversificación con muy buenas perspectivas (11).

Catamarca está incluida dentro de las principales provincias productoras de garbanzo junto con Salta, Córdoba, Tucumán, Jujuy, Santiago del Estero y Santa Fe (1, 3, 6, 7, 12, 13, 14). En esta Provincia la siembra de garbanzo también se viene incrementando fuertemente en los últimos años.

Las condiciones agroecológicas en algunas zonas de la Provincia, permiten realizar con éxito este cultivo. De acuerdo al mapa de las regiones agroeconómicas argentinas, el cultivo de garbanzo en Catamarca se realiza principalmente en la zona de umbral al Chaco semiárido, que se caracteriza por un régimen de lluvias estivales con 600 a 800 mm anuales y con temperaturas de verano elevadas (2). También comprende la Zona Agroeconómica de cultivos de Secano y Producción Intensiva (5), que abarca el Departamento Santa Rosa (95%) y el Departamento El Alto (10%). Si bien durante el período invernal las precipitaciones son escasas, el agua acumulada en el perfil del suelo en los meses estivales permite, en la mayoría de las campañas, realizar con éxito la siembra de esta leguminosa en secano. Algunas limitaciones pueden ser el ambiente cálido y seco en invierno (13). En otras zonas, como en las Sierras Subandinas y Pampeanas con Ganadería y Forestales (por encima de los 500 m de altitud) (2), con precipitaciones entre 400 a 900 mm se produce el cultivo en secano en las campañas en que la humedad acumulada en el suelo permite la siembra.

En secano el cultivo de garbanzo se produce bien; el requerimiento hídrico es de alrededor de 300 mm y la eficiencia en el uso del agua (EUA) está entre los 6 y 8 mm/kg producido, mientras que en trigo la EUA es de 8 a 11 mm/kg producido. Esto le provee un nicho productivo adicional cuando las reservas de agua en el suelo no son lo suficientemente adecuadas. Los nutrientes más limitantes para la producción del garbanzo son fósforo (P), calcio (Ca), azufre (S), molibdeno (Mo), boro (B) y zinc (Zn). Respecto a la nutrición nitrogenada, los principales aportes para este cultivo provienen del proceso de fijación biológica del nitrógeno (FBN). Es por eso que realizar una buena inoculación con los rizobios adecuados para este cultivo, es esencial para que el mismo no sufra "hambre de N".

Experiencias realizadas en otras provincias como Córdoba, han demostrado que la doble inoculación es más eficiente que la inoculación simple y que para el garbanzo es más crítica que para otras leguminosas (12). Durante el año 2011, la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) realizó, por primera vez, la estimación de la superficie cultivada con garbanzo en la Provincia de Tucumán y áreas de influencia en el oeste de la Provincia de Santiago del Estero y el noreste de la Provincia de Catamarca. En el noreste de Catamarca, las parcelas con garbanzo presentan menor tamaño con respecto a Burruyacu, principal zona productora de Tucumán, siendo similares en las dimensiones a los lotes situados en los departamentos tucumanos de Graneros y La Cocha (4).

De acuerdo a los datos del Monitoreo de Cultivos del Noroeste Argentino (PRORENOA) (9), registrados a partir de sensores remotos sobre los cultivos extensivos de invierno realizados en Catamarca en las campañas 2010/14, se registra al cultivo de garbanzo por teledetección a partir de 2011 con una superficie de 450 ha, registrándose en 2012 el máximo con 5210 ha, disminuyendo a 2300 ha en la campaña 2014. No se cuenta con datos del programa de la campaña 2013, debido a la marcada sequía del período estival 2012-2013, condiciones desfavorables para la siembra invernal de garbanzo. De acuerdo a Fandos et al*.* (4) el área ocupada con garbanzo en el 2011 en el NE de Catamarca, captada por imágenes satelitales, fue de 1000 ha (Figura 13.3.1).

En la Figura 13.3.2 se consideran los principales departamentos en los que se realiza el garbanzo. El Departamento de Santa Rosa, ubicado al noreste de la Provincia con respecto a la Capital, es donde se siembra más del 85% de la superficie con garbanzo en Catamarca. Para la campaña de 2015, se estima una superficie de 1500 ha. Esta disminución de la superficie a sembrar, con respecto a la campaña anterior se debe a que los productores tienen problemas de comercialización del producto en grano por los bajos calibres obtenidos (5). Los suelos son en general de tipo franco-arenosos finos y franco-limosos, con porcentajes de materia orgánica del 1,2 al 1,5%. Se obtienen rendimientos promedio de 2000 kg/ha +/- 25%.

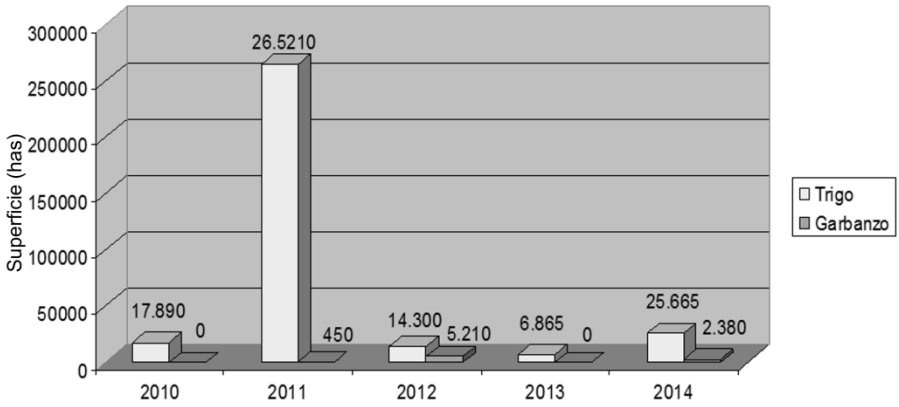


Figura 13.3.1: Superficie sembrada con trigo y garbanzo en la Provincia de Catamarca durante los años 2010 al 2014.

Los cultivares utilizados en orden decreciente son Norteño, Blanco Sinaloa y Canadiense, y en menor superficie la variedad Chañaritos S-156. Se utiliza curasemillas, inoculantes específicos y se fertiliza con fósforo. Se observan algunos problemas de *Fusarium sp*. en pos-emergencia, floración y llenado de grano. En cuanto a plagas, aparece la "oruga bolillera", que ataca brotes tiernos. Su control se realiza con insecticidas del grupo di-amidas (12).

Otro Departamento importante es Paclín y, en menor grado, El Alto. En Belén (oeste de Catamarca) se realizó una experiencia con la variedad Chañaritos S-156 en 2006 con manejo semi-mecánico y manual del cultivo y con riego por superficie. Se obtuvieron buenos rendimientos a campo y buen comportamiento ante plagas y enfermedades. En el período del 90/95 la ONG Bienaventurados los Pobres (BP) sembró en el Departamento Tinogasta (oeste de Catamarca), en las localidades de Medanitos, Tatón y Los Nacimientos, pequeñas superficies (parcelas de 5x5 y 10x10 m) con garbanzo (variedades tipo Kabuli) y vicia asociados a huertas. El objetivo era observar qué leguminosas de invierno, destinadas al autoconsumo, se adaptaban a la zona brindando los mejores resultados.

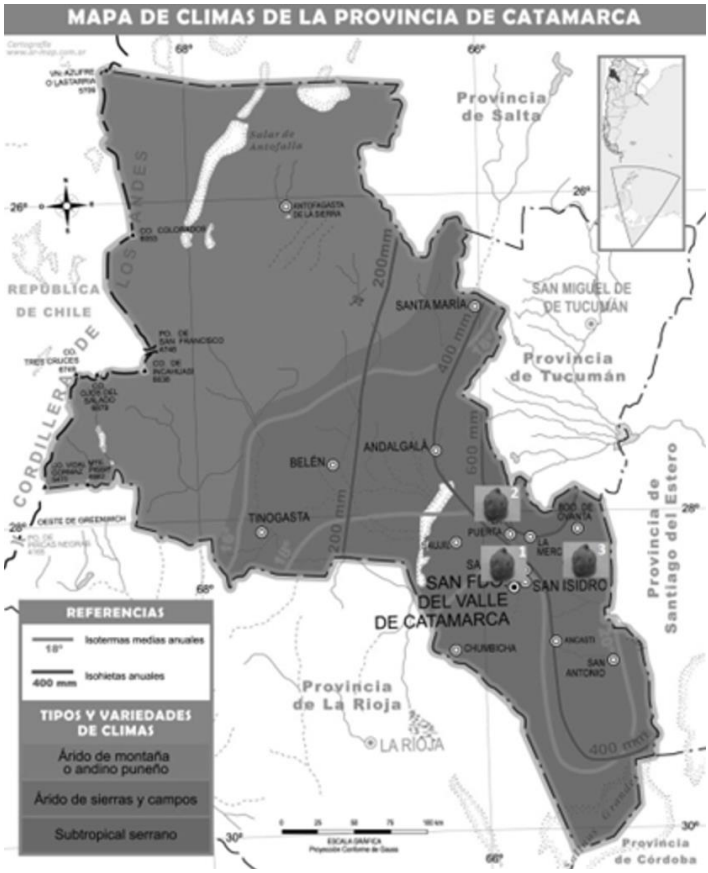


Figura 13.3.2: Principales departamentos de la provincia de Catamarca donde se siembra garbanzo. 1) Paclín, 2) Santa Rosa, 3) El Alto.

En la Tabla 13.3.1 se presentan los datos de distribución de la superficie en hectáreas cultivadas con trigo y garbanzo en Catamarca por departamentos, datos obtenidos por el PRORENOA en el período de 2011 a 2014. Santa Rosa alcanzó la máxima superficie de 4490 ha en 2012, seguido por Paclín con 720 ha en la misma campaña, observándose una disminución de la superficie cultivada con trigo. Durante la campaña 2013 no hubo registro de datos para garbanzo por sensores remotos.

Tabla 13.3.1: Distribución de la superficie cultivada en Catamarca por departamentos (ha) de 2011 a 2014.

Campaña	Departamentos	Trigo (ha)	Garbanzo (ha)
2011	Paclín	1180	270**
	El Alto	-	-
	Santa Rosa	25.030	180**
2012	Paclín	680	720
	El Alto	60	n/d
	Santa Rosa	13.560	4490
2013	Paclín	1295	n/d
	El Alto	-	-
	Santa Rosa	5570	n/d
2014	Paclín	1260	85***
	El Alto	-	-
	Santa Rosa	24.405	2295

n/d: No captado por teledetección. ** Se trata de superficie captada por teledetección. Los valores obtenidos pueden variar tanto por diferencias entre la superficie sembrada y cosechada, como por la dificultad que plantea su captación por teledetección. *** Valor estimado: Las imágenes disponibles no facilitan la detección del cultivo de garbanzo en sus diferentes etapas de crecimiento y desarrollo.

Bibliografía

1. Alemanno, G. A.; Carreras, J. J. y R. O. Coirini. 2001. Garbanzo: Alternativa productiva para el Noroeste Cordobés. UNC-FCA/ INTA-AER Cruz del Eje. Pp: 26.
2. Bravo, G.; Bianchi, A.; Volante, J.; Alderete Salas, S.; Semponi, G.; Vicini, L.; Fernández, M. L. y A. Picolo. 2001. Regiones Agroeconómicas del Noroeste Argentino. Pp: 4-5. http://inta.gob.ar/documentos/regiones-agroeconomicas-del-noroeste-argentino. Ingreso: 14-05-2015. Ingreso: 04/2015.

3. Cámara de Legumbres de la República Argentina (CLERA). 2012. Perfil del mercado de garbanzo. Artículos. www.clera.com.ar. Ingreso: 06/2015.

4. Fandos, C.; Scandaliaris, P.; Carreras Baldrés, J.; Soria, F. y O. N. Vizgarra. 2011. Área ocupada con garbanzo en Tucumán y zonas de influencia en la campaña 2011. Reporte Agroindustrial. Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. EEAOC. Boletín N°58.

5. Gallo, H.; Lovell, H.; Sabadzija, G.; Lolina Muscará, D.; Perea, M. y B. Álvarez Parma. 2005. Regionalización Socio-Productiva de la Provincia de Catamarca. Pp: 26-29.

6. Marginet Campos, J. L. 2010. El garbanzo y sus perspectivas. SAGyP – Dirección de Industria Alimentaria. http://www. ambiente-ecologico.com/ediciones/alimentos/001_Alimentos_ ElGarbanzo_JoseLuisMarginetCampos.php3. Ingreso: 06/2015.

7. Pastrana, C.; García, S.; Fekete, A. y J. Carreras. 2010. Avances en el cultivo de garbanzo. Panorama Agropecuario de Salta y Jujuy. Año 11, N°55: 16-20.

8. Pérez, D.; Paredes, V.; Espeche, C.; Devani, M.; Bisagra, O. y G. Rodríguez. 2011. Resultados económicos de los cultivos de garbanzo y trigo en Tucumán en la campaña 2010 y perspectivas para el 2011. Boletín electrónico. http:/www.eeaoc.org.ar. Ingreso: 04/2015.

9. PRORENOA. Monitoreo de cultivos del noroeste argentino a través de sensores remotos. Informes y mapas de campañas agrícolas (cultivos extensivos) desde el año 2000 a la actualidad. 2010-2014. http://inta.gob.ar/…/monitoreo-de-cultivos-del-noroeste-argentino-a-traves-de-sensores-remotos. Ingreso: 04/2015.

10. Ríos Satuf, I. 2013. Exportación agrícola de especialidades a Brasil. El Caso de los garbanzos. Período 2010-2012. FCE-Rosario. Tesina de grado de la carrera Licenciatura en Comercio Internacional. Pp: 7-8.

11. Saluzzo, J. A. y J. M. Fili. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. http://inta.gob.ar/documentos/adapatación-del-cultivo-de-garbanzo-en-función-de-la-variabilidad-ambiental/at-multi-download/file/Jornada garbanzo/pdf. Ingreso: 04/2015.
12. Stoller Crop Health Leader. 2015. El Cultivo de garbanzo estrategia nutricional de Stoller. http://www.stoller.com.ar/blog/cultivos_y_productos/el_cultivo_de_garbanzo__.html. Ingreso: 04/2015.
13. Vizgarra, O. 2007. Crecen los cultivos de garbanzo y de lenteja en Tucumán. La Gaceta Rural. Viernes 11 de Mayo 2007.
14. Vizgarra, O. N.; Espeche, C. M.; Luchina, J. N. y L. D. Ploper. 2011. Resultados y análisis de la campaña 2010 de garbanzo. Avance Agroindustrial 32 (2): 25-27.

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

SECCIÓN 4

SAN LUIS

Fernando M. Orecchia

La región norte de San Luis (Quines-Candelaria) y sudoeste de Córdoba (Villa Dolores) (Figura 13.4.1) se caracteriza por el clima seco, suelos sueltos de textura gruesa y la posibilidad de riego tanto por manto como por pivote, con excelente calidad de agua superficial como subterránea; similar al ambiente #2 descripto por Saluzzo en el Capítulo 4 (4). Estas condiciones crean un ambiente propicio para lograr buena producción de garbanzo, con excelente calidad de producto.

Las lluvias se concentran principalmente entre fines de primavera, verano y parte del otoño, siendo el promedio histórico de 540 mm (Figura 13.4.2). La temperatura media de la región está entre los 18,5 y 20°C, con medias máximas de 25°C y medias mínimas de 11,5°C. El promedio de heladas anuales está entre 15 y 20 heladas/año, registrándose entre los meses de mayo y agosto. Se puede tomar como fecha de primera helada el 25 de mayo y la última

el 25 de agosto; excepcionalmente se han registrado algunas heladas a mediados de abril y en octubre (Regantes Quines, com. pers.).

La superficie sembrada con garbanzo oscila entre las 1000 y 1500 ha. El cultivo se desarrolla en su totalidad bajo sistemas de riego por pivote central y siembra directa. La fecha de siembra puede ir desde el 20 de mayo hasta el 20 de junio. Los cultivares más utilizados son Norteño, Chañaritos S-156 (1, 2) y con menor participación Mexicano.

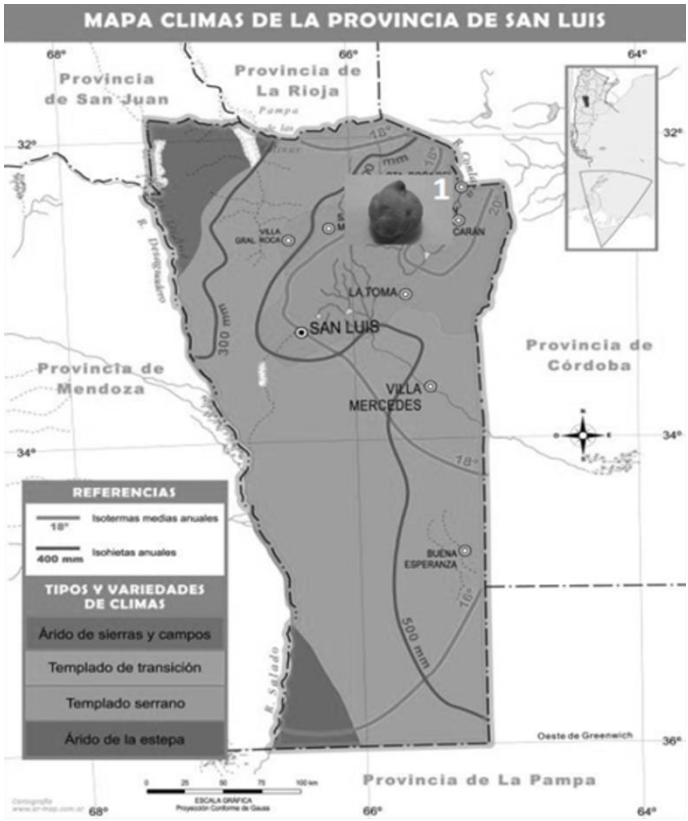


Figura 13.4.1: Ubicación de la zona de producción de garbanzo en San Luis: Quines-Candelaria.

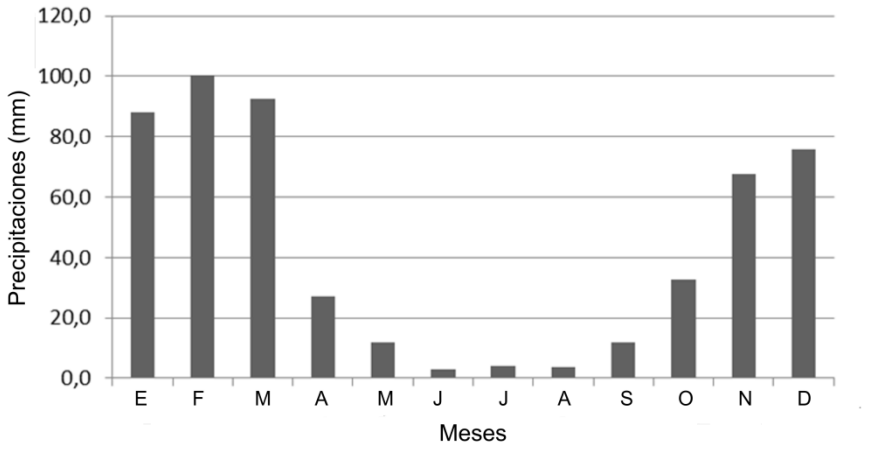


Figura 13.4.1: Precipitaciones registradas (campañas 2011/12 al 2013/14) La Candelaria-San Luis (32°48´LS, 65°45´LW, 410 msnm).

Se realizaron experiencias con siembras tempranas y tardías, en relación a las fechas mencionadas, con resultados muy dispares; en las siembras tempranas hubo efectos de heladas tardías que afectaron la floración y en las siembras tardías hubo efectos de las altas temperaturas al final de la primavera. La densidad de siembra utilizada es de 32 a 34 semillas/m^2 y el distanciamiento entre surcos de 0,40 a 0,52 m (3). Las semillas se inoculan con bacterias tipo *Bradyrizobium* y se curan con fungicidas para protección de patógenos de suelo. El riego utilizado es de 250 a 300 mm que se suma al aporte del agua de lluvia acumulada en el perfil previo a la siembra y a las lluvias ocurridas al final de ciclo, completando los 400 mm.

La cosecha se realiza en forma directa con el previo desecado químico, y se efectúa entre el 20 de noviembre y el 10 de diciembre. Los rendimientos son excelentes y estables (Figura 13.4.3), obteniendo más de 2500 kg/ha en promedio (excepto en el año 2013). La baja probabilidad de ocurrencia de lluvias y baja humedad relativa ambiente durante el periodo formación de granos y cosecha, garantizan excelentes condiciones para lograr una calidad superior

del producto. El manejo del cultivo y las condiciones ambientales posibilitaron la expresión del calibre 9 y 8, aspecto esencial en el momento de venta del producto (Tabla 13.4.1).

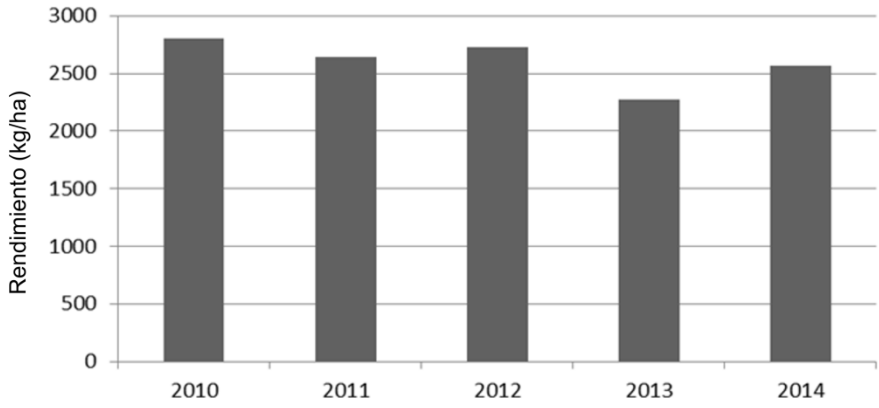


Figura 13.4.2: Rendimientos históricos garbanzo Candelaria-Quines-San Luis.

Tabla 13.4.1: Calidad de grano en cosecha de Chañaritos S-156, Candelaria, 32°48´LS, 65°45´LW, 410 msnm), San Luís.

Clasificación	**9**	**8**	**7**	**Caída 7**	**Partido**	**Total**
% de granos según calibre natural	26,35	50,30	17,30	5,05	0,55	100,0
% de granos según calibre sin daños	24,85	47,00	14,50	5,05	0,55	86,35
% descarte	1,50	3,30	2,80	5,05	0,55	13,65

Calibres: 9, 8, 7. Caída 7: se refiere a lo que queda por debajo de dicha zaranda.

Se instaló una planta de procesamiento de alta tecnología en la localidad de Quines, inaugurada en 2015, lo que permite pensar que el cultivo se va a desarrollar con mayor potencial en esta zona, esperándose la incorporación de otros cultivares para diferentes destinos en el futuro.

Bibliografía

1. Biderbost, E. y J. Carreras. 1991. Chañaritos S-156: nuevo cultivar de garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Agriscientia VIII: 15-18.
2. Carreras, J.; García, S.; Gray, L.; Collavino, N.; Fraile, V.; Pastrana, C. y E. Biderbost. 1997. Norteño cultivar de garbanzo para exportación (*Cicer arietinum* L.). Congreso Argentino de Horticultura. Pp.: 126.
3. Carreras, J.; Allende, M.; Orecchia, E.; Rosso, M. y J. Saluzzo. 2006. Siembra directa de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Norte de Córdoba: efectos de la densidad de siembra en el rendimiento. XXIX Congreso Argentino de Horticultura, Catamarca, Argentina. Pp.: 26-27.
4. Saluzzo, J. A. y J. M. Fili. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. http://inta.gob.ar/documentos/adapatación-del-cultivo-de-garbanzo-en-función-de-la-variabilidad-ambiental/at-multi-download/file/Jornada garbanzo/pdf. Ingreso: 02/2015.

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

SECCIÓN 5

LA PAMPA-RIO NEGRO

Ricardo Ré

La Pampa

La siembra de garbanzo en secano en forma extensiva en La Pampa se inició en el año 2011, por iniciativa de firmas exportadoras privadas. Se vislumbraba como una buena alternativa de producción de invierno para la región semiárida pampeana, con márgenes de utilidad mayores a los cereales tradicionales, y como excelente antecesor del maíz o soja de segunda (4, 8).

El área de cultivos agrícolas en La Pampa se encuentra ubicada al Noreste de la Provincia, comprendida entre los 35 a 38° LS y los 63 a 65° LW. Esta región se divide en dos unidades geomorfológicas que resultan contrastantes, la Planicie Medanosa al este y la Planicie con Tosca al oeste. Geográficamente y en forma aproximada, ambas se encuentran al este de la Ruta Nacional N°35 y divididas entre sí por las vías del FFCC que une las localidades de Realicó al Norte y Catriló al centro-este de la Provincia. La Planicie con Tosca es uniforme y

suavemente ondulada, y se caracteriza por la presencia de un manto de costra calcárea a profundidad variable (40 a 200 cm). La Planicie Medanosa es plana a ondulada, libre de impedancias en profundidad, con sectores medanosos y presencia de médanos vivos (Figura 13.5.1) (4).

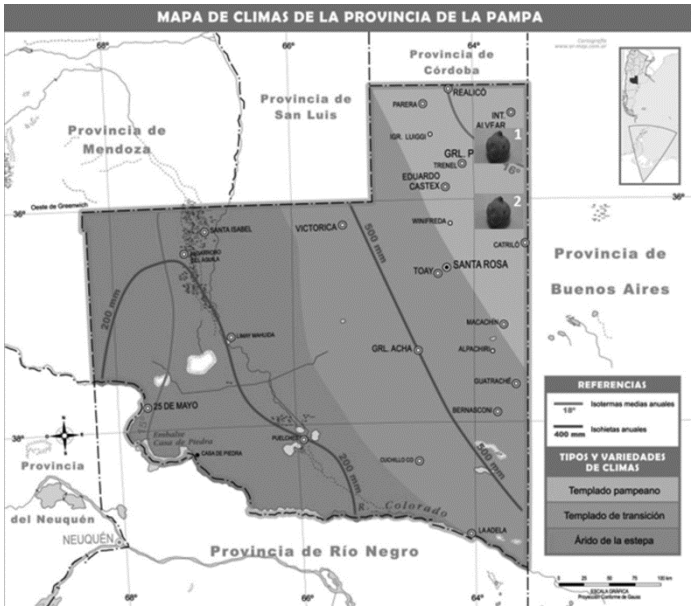


Figura 13.5.1: Ubicación de la zona de producción de garbanzo en La Pampa: 1) Trebolares, 2) Arata.

La mayoría de los suelos que componen esta región son haplustoles énticos, arenosos a franco-arenosos, muy susceptibles a la erosión eólica, con un contenido de arena entre 60 y 80%, baja retención hídrica (80-100 mm/m suelo), bajos niveles de materia orgánica (1,2-1,5%), muy bajos contenidos de nitrógeno (N) y azufre (S), pero bien provistos de fósforo (P) (>20 ppm). Presentan un ligero a moderado nivel de acidez, con pH que varía entre 5,2 y 6,5 debido principalmente al avance de la agricultura sobre los tradicionales sistemas ganaderos ó mixtos en los últimos veinte años (7).

Las precipitaciones promedio en esta región noreste suman alrededor de 800 mm anuales, estacionadas en primavera, verano y otoño, con mayores registros en la Planicie Medanosa, es decir hacia el este. Hay muy baja influencia positiva de la capa freática y los inviernos son secos y muy fríos. El período libre de heladas es de 174 días, con fecha media de primera helada el 14/4 y de última el 22/10.

En los comienzos del cultivo, en el 2011, se sembraron dos lotes en campos de productores que resultaron aceptables en cuanto a rindes y márgenes económicos. Se comprobó que podía ubicarse bien en la rotación como cultivo de invierno, antecediendo a soja o maíz de segunda. Se observó que era necesario ajustar la fecha de siembra del garbanzo. La sementera entregada como antecesor fue excepcional, con buena fertilidad actual y adecuada estructura. Esto pudo verificarse en los cultivos posteriores de soja, maíz y verdeos de invierno ó cultivos de cobertura (1).

Los lotes mencionados se sembraron en la Planicie Medanosa, en la localidad de Trebolares al noreste de la Provincia, a 125 msnm, sobre suelo franco arenoso profundo. El otro en la Planicie con Tosca en Van Praet, al norte, a 150 msnm, sobre suelos similares pero con costra a 90-100 cm. En ambos casos se utilizó la misma tecnología, en siembra directa, con semilla del cultivar Chañaritos S-156 y como cultivo antecesor maíz. La fecha de siembra se ubicó del 30/7 al 6/8, con una densidad de 30 semillas/m^2 (entre 110 y 130 kg/ha según peso de 1000 semillas), a 0,42 cm (chorrillo) y 0,52 cm (placa) entre surcos. Se aplicó fertilizante (6, 7) a razón de 50 kg/ha superfosfato simple en la línea de siembra y se inoculó con doble dosis de *Rhizobium sp.*, con fungicida fludioxonil + metalaxil (Maxim XL). Se observó una buena nodulación.

La emergencia resultó algo despareja por problemas de vigor en la semilla empleada. De todas maneras se logró un stand aceptable y el cultivo presentó buen comportamiento, de lento desarrollo pero muy resistente a heladas, buena estructura de planta, muy buen enraizamiento y anclaje. Posiblemente se debió ajustar la distancia entre líneas de modo que el canopeo cierre antes el entresurco.

Las sementeras se mantuvieron libres de malezas hasta los 60 días de la siembra. Los herbicidas residuales empleados fueron

imazetapir 600 cc/ha + metolaclor 96% 1,2 l/ha aplicados en pre-emergencia, combinados con 2 l/ha de glifosato para eliminar las malezas presentes. Posteriormente hubo algunos problemas con cardo ruso (*Salsola kali* L.), quinoa (*Chenopodium album* L. Bosc ex Moq.), yuyo colorado (*Amaranthus sp.*) y amor seco *(Bidens laevis* (L.) Britton Sterns Poggenb.).

Sanitariamente se apreciaron cultivos saludables, con pocos problemas de insectos y enfermedades. Se detectó la presencia de pulgones y de trips en baja cantidad, y en floración-llenado algunos brotes atacados por isoca bolillera (*Helicoverpa gelotopoeon* Dyar), también en forma leve. En cuanto a enfermedades, sólo se observaron algunos manchones con *Fusarium sp*.

Finalmente la cosecha se realizó sobre fin de año, del 28 de diciembre al 5 de enero, en forma directa mediante previa aplicación terrestre de paraquat como desecante a razón de 2 l/ha. En el primer caso el rinde fue de 1200 kg/ha con picos de 1700 kg/ha, obteniéndose buena calidad y buen porcentaje de calibres grandes (3). En Van Praet se complicó la cosecha por enmalezado con cardo ruso y el resultado fue de 600 kg/ha.

Durante 2012 se produjo una gran expansión de la superficie sembrada, al igual que en el resto de la pampa húmeda, llegando en el NE de La Pampa a cultivarse unas 2000 ha.

La variedad utilizada predominantemente fue Chañaritos S-156, aunque se probaron algunos lotes de Norteño dado que posee mayor porcentaje de calibres superiores a 8 y 9 mm, de mayor valor de venta (3).

En cuanto a herbicidas se utilizó en general metolaclor (0,9-1 l/ha.) en mezclas con sulfentrazone hasta 300 cc/ha. con muy buen resultado con cardo ruso (*S. kali*) y suficiente residualidad. En algunos lotes con girasol guacho como maleza problema se agregaron 120 cc/ha. de flumioxazin con regular performance. En ningún caso se reportó fitotoxicidad.

Los cultivos se presentaban excelentes, pero la primavera resultó demasiado lluviosa, con registros superiores al doble de la media, con más de 350 mm entre agosto, setiembre y octubre. Esta situación,

sumada a un otoño muy húmedo que permitió previamente la recarga hídrica de los perfiles, llevó a una gran saturación de suelo, con problemas de encharcamiento en los sectores más bajos. Estas condiciones fueron acompañadas por alta humedad relativa del aire lo que generó la aparición explosiva de rabia (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labrousse). Se realizaron controles con distintos tipos de fungicidas, triazoles solos o en mezcla con estrobilurinas, con resultados deficientes que no pudieron evitar las desastrosas mermas de rendimiento. En general, no se cosecharon la mayoría de los lotes pues rendían 2 a 3 qq/ha, con semilla de baja calidad e infectada.

En Arata (180-200 msnm) (Figura 13.5.1), al oeste de General Pico, zona más seca y de suelos con tosca pero con mayor contenido de limo y arcilla, la cosecha fue razonable con 1700 kg/ha. En este caso no hubo saturación de suelos, dato significativo pues el productor de este campo siguió sembrando en 2013 y 2014 con resultados aceptables, obteniendo rendimientos de 1600 y 2300 kg/ha respectivamente (5).

En las campañas 2013 y 2014 la superficie descendió drásticamente a unos pocos cientos de hectáreas, con rendimientos dispares. Influyó negativamente la caída de los precios internacionales debido a las abundantes cosechas de la India, hecho que suscitó el desinterés de los exportadores.

Para la campaña 2015 se estima un leve incremento de la superficie a sembrar, atento a la baja de los precios del trigo y cebada y a la posibilidad de colocación de mercadería de mayor calidad comercial en función de las nuevas variedades Kiara UNC-INTA y Felipe UNC-INTA, próximas a sembrarse comercialmente.

Río Negro

Choele Choel, Valle Medio de Rio Negro

En la campaña 2012 se ensayó la siembra de esta legumbre con riego en la Estancia La Media Luna, propiedad de la familia Gordon en la localidad de Choele Choel (Figura 13.5.2) (2).

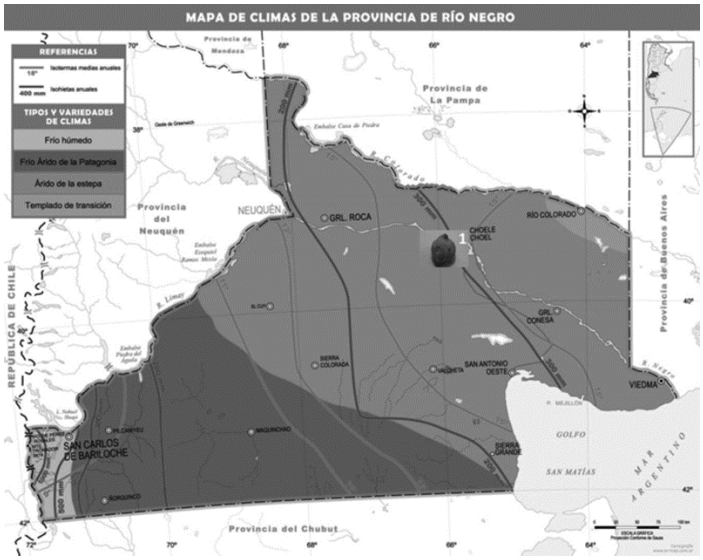


Figura 13.5.2: Ubicación de la zona de producción de garbanzo en Rio Negro: 1) Choele Choel.

Las características climáticas y edáficas difieren notablemente de las de La Pampa, presentando menor período libre de heladas y muy baja humedad relativa ambiente. Los suelos son heterogéneos, aluvionales, con pendientes importantes que se nivelan con equipos láser.

La siembra se llevó a cabo en 17 ha bajo riego por gravedad, con siembra convencional. Se sembró el 30 de agosto, con una densidad 30 pl/m^2, a 35 cm entre surcos, semilla curada con Maxim e inoculación doble.

Se realizó una prueba con riego por aspersión en 5 ha, sobre *Triticale* como cultivo de cobertura, en todos los casos con aplicación pre-emergente de sulfentrazone 200 cc/ha + Dual Gold 900 cc/ha, y fertilizante SPS 50 kg/ha en la línea.

El desarrollo y la sanidad fueron muy buenos, así como el control de malezas. Se realizó una aplicación de insecticida (clorpirifós 600 cc/ha.) por presencia de pulgones y trips. La cosecha se realizó el 15

de enero, muy tarde para sembrar un cultivo de segunda. El rendimiento obtenido fue de 1200 kg/ha (5).

En el año 2013, alentados por el buen comportamiento en riego por aspersión, se sembraron 30 ha que estaban sin trabajar desde hacía tres años, algo desnivelado y compuesto por suelos de inferior calidad, con mucha escorrentía y poca percolación. El manejo fue similar al año anterior pero el comportamiento del cultivo ante estos impedimentos resultó deficiente, hecho agravado porque el control de malezas no tuvo prolongada residualidad (3). Durante 2014 no se sembró por problemas en la planificación de la rotación, ya que en esa chacra se produce tomate como prioridad para consumo interno envasado. Para la campaña 2015 se prevé una nueva producción de garbanzo y otras legumbres, con vistas a colocar el producto en el mercado local, debido a la gran distancia a los principales puertos exportadores.

Bibliografía

1. Albrecht, J.; Fontanetto, H.; Sillón, M.; Ruffino, P. y S. Gambaudo. 2010. Efecto de diferentes cultivos invernales sobre el comportamiento de maíz y soja de segunda. INTA Rafaela, AFA María Juana. Santa Fe, Argentina. Pp.: 7.
2. Atlas del Valle Medio Río Negro. 1994. Centro de especialización en Asuntos Económicos. Pp.: 75.
3. Carreras, J. 2011. Tecnología aplicada al cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Argentina. Primer Congreso de Legumbres Rosario, Argentina. Conferencia.
4. Caviglia, J. A.; Lorda, H. O. y J. D. Lemes. 2010. Caracterización de las Unidades de Producción de la Provincia de La Pampa. EEA-INTA-Anguil. Boletín de Divulgación Técnica N°99. Pp.: 37.
5. Giordano, J.; Sanches, F.; Méndez, J.; Peiretti, J. y M. Bragachini. 2012. Eficiencia de cosecha de garbanzo. http:

//www.cosechaypostcosecha.org/data/articulos/cosecha/Eficiencia-Cosecha-Garbanzo.pdf. Ingreso: 04/2015.

6. Prieto, G.; Andriani, J.; Buschitari, D. y E. Cortina. 2012. Ensayo de fertilización en garbanzo. INTA-Oliveros, AFA Rosario, AFA JB Molina. Para mejorar la producción 47: 79-82.
7. Sainz Rozas, H. 2012. Micronutrientes en la región pampeana. Revista Fertilizar 24: 28-31.
8. Saluzzo, J. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. III Jornada Nacional de Garbanzo. INTA. Pp.: 1-9.

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

SECCIÓN 6

BUENOS AIRES

Adrián C. Poletti

Introducción

La Provincia de Buenos Aires posee una gran variedad de ambientes, tanto en lo que a suelos y clima se refiere. Esto la hace apta para el cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) especialmente en las zonas sur y oeste. En base a las condiciones ambientales, la Provincia puede dividirse en seis grandes regiones:

- área Costa del Paraná, formada por los partidos de San Nicolás, Ramallo, San Pedro y Baradero;
- área Norte, se extiende desde la línea formada por las Rutas Nacionales (RN) 7 y 188 como línea este-oeste hacia el norte y la RN 33 como límite oeste, tomando los partidos de Pergamino y Arrecifes como el límite este;

- área Central, va desde la línea formada por las RN 7 y 188 como límite norte, la RN 33 como límite oeste, las Rutas Provinciales (RP) 41 y 29 como límite este y la RP 60 como límite sur.
- área Oeste, delimitada al este por la RN 33, hacia el norte por la RN 188, hacia el oeste por el límite con la provincia de La Pampa y al Sur por la RN 35
- área Sudoeste, delimitada al norte por la RP 65, al oeste por la RN 33, al este por la RN 3 y al sur por la línea costera marítima
- área Mar y Sierras, delimitada al norte y noreste por la RN 226, la línea costera marítima al sur y la RN 3 al oeste (Lámina 13.6.1).

En la Figura 13.6.1 y la Lámina 13.6.2 se pueden observar las diferentes áreas de siembra posibles para el cultivo de garbanzo en la Provincia.

Descripción de las áreas productivas

Todas estas áreas o regiones tienen diferencias importantes en lo referido a tipos de suelo, presentando Argiudoles vérticos de la zona de la Costa del Paraná, hasta los franco arenosos del Sudoeste bonaerense. Inclusive dentro de una misma área, se pueden encontrar suelos Argiudoles típicos a Hapludoles y Haplustoles hacia el Oeste y Sudoeste de la Provincia (1) (Lámina 13.6.3).

Área Costa del Paraná

Presenta predominantemente suelos Argiudoles vérticos, con fuerte contenido de arcillas. De relieves quebrados por las típicas lomas de la pampa ondulada, es un área que gracias a la influencia del Rio Paraná presenta menos incidencia de heladas en los meses de invierno. Tampoco presenta grandes problemas de anegamiento, situación realmente limitante para el cultivo. Incluye los partidos de San Nicolás, Ramallo, San Pedro y Baradero.

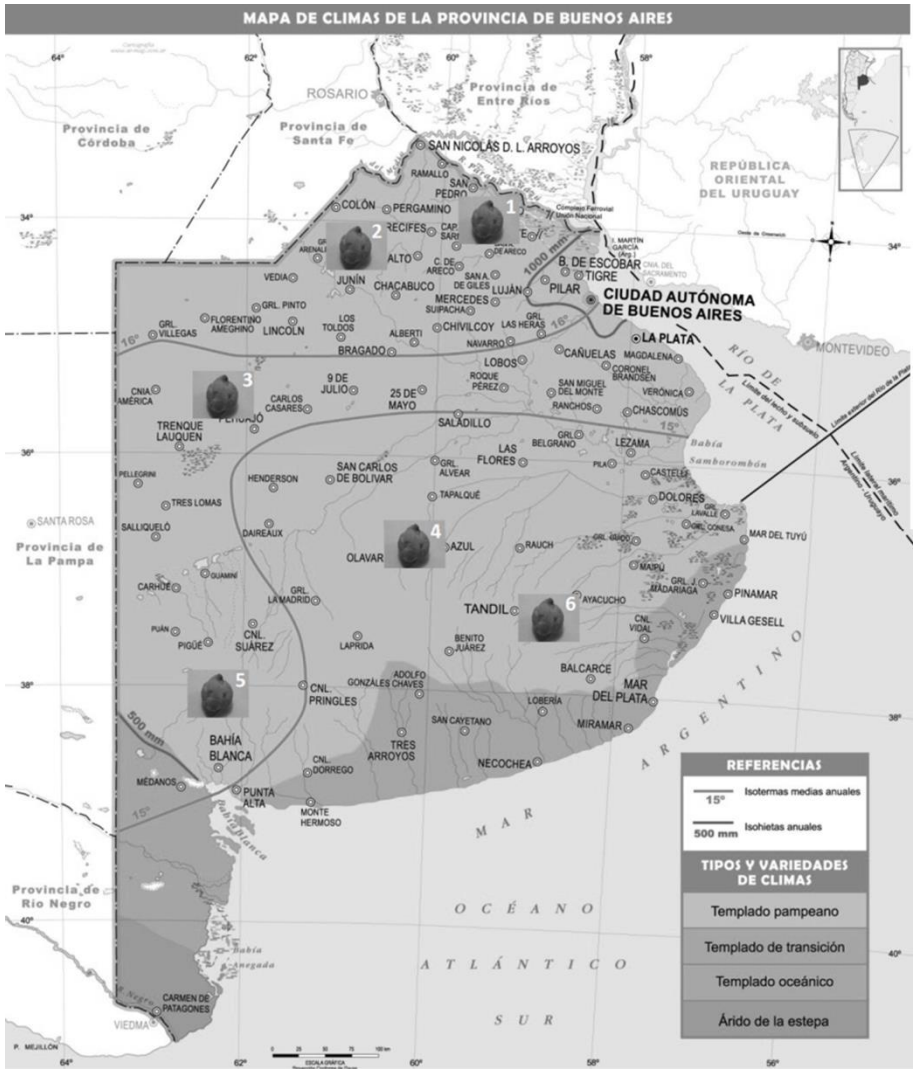


Figura 13.6.1. Áreas de Provincia de Buenos Aires 1) Costa del Paraná, 2) Norte, 3) Oeste, 4) Central, 5) Sudoeste, 6) Mar y Sierras.

Las siembras se efectúan la primera quincena del mes de junio, con inicio de floración hacia fines de septiembre y principios de octubre y cosecha hacia mediados de diciembre. Esta zona es solo

apta para el cultivo de garbanzo del tipo Kabuli en años Niña[1] ya que en otras fases ENSO (El Niño-Southern Oscilation) la presión de enfermedades, especialmente rabia del garbanzo (*Ascochyta rabiei* (Pass.) Labrousse), junto con las lluvias de diciembre llevan a una cosecha pobre y de baja calidad[2]. En años Niña, la pérdida por calidad puede llegar a valores cercanos al 15% generado, fundamentalmente por granos manchados por enfermedades menores. Con variedades del tipo Desi, de alta resistencia genética a rabia, el potencial productivo sería sumamente alto, fundamentalmente utilizando variedades de granos oscuros[3].

El garbanzo es ideal para entrar en una rotación con maíz, logrando rendimientos de este último muy similares a maíces tardíos, pero con menores costos de implantación. En el caso de soja de segunda, la demora en su siembra, comparado con otras legumbres como arveja, provoca caídas de rendimiento potencial muy marcados, dejando también altas presiones de *Helicoverpa gelotopoeon* Dyar presente en el lote, lo que genera pérdidas de plantas de soja y aumentos de costos para su control.

Área Norte

Principalmente posee suelos Argiudoles típicos hacia el este del área, con algunas zonas de Natracuoles intercalados y Hapludoles hacia el oeste.

La fecha de siembra es muy similar a la zona de la Costa del Paraná, demorándose unos quince días hacia el oeste, en los partidos

[1] Los cultivos llevados adelante por el autor en el partido de Baradero en la campaña 2010 y 2011 tuvieron excelente resultado productivo con calidad aceptable, con rendimientos entre los 2000 a 2500 kg, con un 80% de granos de calibres 8 a 9 mm.

[2] La calidad se mide en función de los milímetros de diámetro de los granos cosechados y su aspecto, teniendo en cuenta daños físicos y alteraciones provocadas por enfermedades.

[3] No hay antecedentes de siembra de garbanzo Desi en la zona, por lo que la reflexión queda a nivel potencial.



de Lincoln y Ameghino, dado que puede haber mayor incidencia de heladas a la salida del invierno.

El relieve es el típico de la pampa ondulada en la zona este, en los partidos de Pergamino, Colón, Rojas, Salto y Junín, para luego dar lugar a relieves más planos, con zonas de posibles anegamientos en las áreas que coinciden con los suelos del tipo Natracuol hacia el oeste.

La floración y cosecha puede tender a tener un desfasaje de unos diez días aproximadamente comparado con la zona costera del Paraná, dependiendo del régimen térmico y fecha de siembra. Esto es debido a que las zonas ubicadas más al oeste del área pueden presentar temperaturas inferiores, lo que estira el ciclo. En el mes de octubre dará inicio la floración y será también el momento de mejores condiciones ambientales para la ocurrencia de rabia del garbanzo, por lo que la siembra del tipo Kabuli solo es recomendable en los años de la fase ENSO Niña. Al igual que la costa del Paraná, es una zona ideal para la producción de garbanzos del tipo Desi con resistencia genética a *A. rabiei* en estados vegetativos, lo que baja la incidencia de la enfermedad en estados reproductivos y hace posible que, con un tratamiento fuerte con fungicidas en inicio de floración, se pueda llegar a cosecha sin mayores problemas.

Es posible la rotación tanto con soja como con maíz. Se recomienda la siembra de este último ya que la sinergia entre ambos cultivos es mayor que con soja, debido a que por la fecha de siembra se pierde potencial de rendimiento en esta última.

Área Central

Es la menos favorable para la producción de garbanzo. En lo referido a suelos, el área noroeste presenta suelos del tipo Hapludoles. Al sureste de la RN 205 y RP 65, comienza la preponderancia de suelos del tipo Natracuol, con lo que su siembra

es directamente inviable. Es una zona de siembras por ambientes[4], donde se debe tener especial cuidado con los posibles anegamientos en las partes más deprimidas, causando esto no solo problemas productivos sino también logísticos, especialmente al momento de la cosecha.

Requiere siembras de julio con inicio de floración hacia mediados de octubre y cosecha hacia fines de diciembre. Y aquí es donde radica el mayor problema. El garbanzo tiene una particularidad de "reseteo[5]" importante, especialmente después de haber pasado situaciones de stress como granizo o un ataque de rabia del garbanzo. Esta característica, si bien es muy favorable para el cultivo, genera una demora en la cosecha muy importante, con lo cual el ciclo puede prolongarse hasta mediados de enero, condicionando fuertemente la implantación de los cultivos de segunda, tanto soja como maíz.

A medida que se avanza hacia el sur del área (localidades que se encuentran al sur de la RN 5), la posibilidad de sembrar maíz de segunda comienza a disminuir y la soja se ve más condicionada aún, por lo que la única posibilidad de incluir el cultivo en la rotación es con variedades que tengan comportamiento de ciclo intermedio a corto con resistencia a rabia del garbanzo.

Área Oeste

Los grupos de suelos predominantes son fundamentalmente tres, con fuerte presencia de Hapludoles y Haplustoles hasta el límite de la RN 60 aproximadamente. Hacia el sur, siguen prevaleciendo los Haplustoles pero mezclados con Argiustoles. Estos últimos pueden presentar limitantes para el desarrollo del cultivo, tanto por limitaciones en la profundidad de raíces como por excesos de concentración de carbonato de calcio, lo que puede generar

[4] Se debe tener especial atención a zonas del lote con posibles anegamientos o áreas de lomas arenosas donde el cultivo tiene dificultades en prosperar.

[5] Se refiere a la capacidad del cultivo de volver a emitir hojas, ramas, flores y carga.

deficiencias relativas de magnesio[6]. En cambio, tanto los suelos Hapludoles como Haplustoles le permiten al cultivo tener un excelente desarrollo radicular, con buenos niveles de aireación, lo que facilita un excelente desarrollo de los nódulos radiculares. Dado su menor régimen hídrico, es más apta para la producción de garbanzo Kabuli.

En zonas como Carhue, Pigüé, Darragueira y Bordenave, es necesario agregar valor comercial al cultivo ya que el potencial de rendimiento es menor. Es una zona susceptible a la rabia solo en años de la fase ENSO Niño, no presentando mayores problemas en años neutros o Niña, siempre y cuando la semilla utilizada se encuentre libre de *A. rabiei.* El área puede dividirse en tres sub-áreas, dependiendo de la importancia que tengan los cultivos de gruesa.

La sub-área norte tiene como límite sur a la RN 5. En esta sub-área, los cultivos de soja y maíz tienen una importancia fundamental, por lo que el cultivo de garbanzo puede condicionar su incorporación en los sistemas. La fecha de siembra es hacia comienzos del mes de julio, con floración en octubre y cosecha a fines de diciembre. La rotación con maíz no presenta problema alguno, siendo en el caso de planteos mixtos, la rotación con maíz para ensilaje una excelente opción de rotación.

A la sub-área central se la puede situar entre la RN 5 y la RP 60. En esta zona se observa la mayor proporción de suelos Argiustoles, que pueden presentar limitantes de profundidad a un metro y donde los cultivos de granos gruesos pierden productividad. La época de siembra se sitúa desde el mes de julio a comienzos de agosto, con floración hacia principios de noviembre y cosecha hacia inicios del mes de enero. En tanto la profundidad del perfil se encuentre alrededor de los 80 cm, no habrá mayores limitantes productivas, salvo en sectores de alta concentración de carbonato de calcio. Los

[6] Un exceso de calcio (Ca) intercambiable puede interferir la absorción del magnesio (Mg) y del potasio (K). Si la relación Ca/Mg, expresados ambos en cmol(+)/kg, es mayor de 10, es posible que se produzca una deficiencia de magnesio. La relación óptima Ca/Mg es alrededor de 5 (2).

principales cultivos en la zona son los invernales, con cultivos de gruesa como girasol.

Al sur de la RN 60 se encuentra la sub-área sur, donde vuelven a predominar los suelos del tipo Haplustol. En este ambiente la producción de garbanzo del tipo Kabuli es una excelente alternativa de rotación en reemplazo de los cereales de invierno como el trigo y la cebada. Es también la forma de poder utilizar diferentes principios activos y modos de acción para controlar malezas problemáticas como rye grass (*Lolium sp.*) y nabón (*Raphanus sativus* L.)[7]. Es el único momento donde *A. rabiei* puede ser un problema en años de fase ENSO Niño, cuando el mes de noviembre se presenta con altos índices de humedad. La fecha de siembra para esta sub-área es desde el mes de agosto hasta inicios de septiembre, con floración en noviembre y llenado en diciembre. La cosecha se realiza normalmente en enero. Esto significa una gran ventaja relativa para el cultivo ya que la misma se hace en el mes de mayor déficit hídrico del año, por lo cual la calidad de cosecha se encuentra prácticamente asegurada.

Área Sudoeste

Presenta suelos Argiudoles, Haplustoles y Argiustoles. Los primeros se encuentran en los partidos de Coronel Suarez, Coronel Pringles y Tres Arroyos. Los segundos se ubican en los valles de las Sierras de la Ventana y los últimos hacia la zona del partido de Dorrego. Esta área tiene un alto potencial productivo y permite cosechas de calidad, fundamentalmente en la zona delimitada por el triángulo que forman la RP 85 que une las localidades de Coronel Suárez y Tres Arroyos, la RN 33 y la costa atlántica, destacándose zonas como El Pensamiento, El Divisorio, Indio Rico y El Gavilán.

[7] Sulfentrazone a dosis de 800 cc/ha controla rye grass de semilla evitando su germinación. El nabón es bien controlado por flumetsulam a dosis de 70 g de i.a. por ha. Dado que nabón presenta resistencia a las sulfonilureas y éstas tienen el mismo modo de acción que el flumetsulam, su reemplazo por metribuzin a dosis de 500 a 600 cc en mezcla con el sulfentrazone tiene una excelente acción.

Es un área que requiere manejo por ambiente. En términos generales la fecha ideal de siembra es el mes de agosto, no obstante se puede realizar en el mes de julio en las zonas cercanas al mar. La floración comienza alrededor del mes de noviembre, el llenado hacia diciembre y la cosecha a mediados de enero, lo que le da un gran potencial de calidad. Es una zona con porcentajes de humedad relativa más altos que la zona Oeste, con mayor riesgo de ataques de rabia del garbanzo, por lo que se debe utilizar semilla libre de este patógeno, producida en zonas donde la enfermedad no tenga viabilidad de desarrollo. Requiere un manejo ajustado de herbicidas y un monitoreo de enfermedades en el caso de años Niño.

Es el área de mejor ubicación logística, con una gran cercanía a puertos de embarque como el de Bahía Blanca. Presenta potenciales productivos altos en tanto se encuentre bien manejado el tema de malezas y enfermedades.

Área Mar y Sierras

Es la zona de mayor potencial de rendimiento de la Provincia. Se pueden obtener granos de 9 a 10 mm de calibre. También es el área de mayor riesgo potencial de ataques de *A. rabiei,* causante de la rabia del garbanzo, por lo que es fundamental el uso de semilla libre del patógeno. Tanto los regímenes térmicos como los hídricos son ideales para el cultivo y sus enfermedades, lo que requiere un muy buen manejo de estas últimas. La zona tiene predominancia de suelos Argiudoles típicos, con altos niveles de materia orgánica y fertilidad. Puede presentar limitantes subsuperficiales por presencia de toscas muy duras. Dada la fecha de siembra en el mes de agosto y cosecha en enero, el cultivo compite con las rotaciones estivales. Puede ser un excelente antecesor para el cultivo de colza, ya que al liberarse el lote en enero permite la siembra de variedades invernales de este último cultivo. Para poder justificar su siembra, necesita niveles de precios superiores, en promedio, a los U$S 450 por tonelada en el mix de precios, debido al costo de herbicidas y fundamentalmente de fungicidas para el control de rabia del garbanzo. Los rendimientos en secano pueden llegar a niveles de 3000 kg/ha sin mayores problemas, pero no es posible llevar

adelante su siembra en años de fase ENSO Niño dado el altísimo riesgo productivo a partir de los ataques de rabia.

Requiere como condición para su siembra, la utilización de semilla libre de *A. rabiei* y no debe resembrarse nunca la producción propia (4)**.**

Ranking productivo de las diferentes áreas

La Tabla 13.6.1 se muestra en forma resumida cuáles son las mejores áreas para la producción de garbanzo en la Provincia de Buenos Aires, en función de la fase ENSO y el tipo de garbanzo a producir. Dadas las características climatológicas de todas las áreas estudiadas, queda claro que no es recomendable usar la producción propia como semilla, por el alto riesgo de una epifitia de rabia del garbanzo.

La Tabla 13.6.1 se refiere a las áreas productivas en grandes rasgos, sin pretender ser una guía absoluta ya que el resultado final va a depender finalmente del ambiente en el cual se lleve a cabo la producción. Está también creada en función de las disponibilidades de variedades actuales. En la potencialidad de los tipos Desi, se debe tener en cuenta que es condición indispensable que los mismos sean resistentes a rabia del garbanzo. La aparición en el futuro de variedades del tipo Kabuli con resistencia a esta enfermedad no modificaría los rankings ya que la calidad cosechada sería deficiente en años de fase ENSO Niño. Solo permitiría su siembra en años neutros en el área Mar y Sierras y en años Niño en la zona del Sudoeste de la Provincia. El área central solo sería apta para el cultivo de garbanzo en cualquiera de sus tipos en caso de aparecer en el mercado variedades de ciclo intermedio a corto, con resistencia a *A. rabiei* y que permitan llegar a sembrar en tiempo y forma un cultivo de segunda como soja o maíz, dependiendo de la zona.

Tabla 13.6.1: Índice productivo potencial en función de rendimientos, costos productivos, rotación con cultivos de segunda, susceptibilidad de incidencia de Ascochyta rabiei *y calidad de grano cosechado.*[8]

Ranking Productivo	**Área**	**Tipo de Garbanzo**	**Fase ENSO Niña**	**Fase ENSO Neutra**	**Fase ENSO Niño**
1	Oeste	Kabuli	X	X	
		Desi	X	X	X
2	Sudoeste	Kabuli	X	X	
		Desi	X	X	X
3	Mar y Sierras	Kabuli	X		
		Desi	X	X	
4	Norte	Kabuli	X		
		Desi	X	X	
5	Costa del Paraná	Kabuli	X		
		Desi	X	X	
6	Central	Kabuli			
		Desi	X		

Manejo Agronómico

El cultivo de garbanzo en la Provincia de Buenos Aires requiere un manejo tecnológico importante. No es posible llevar adelante el cultivo en las mejores zonas de la Provincia con costos reducidos, dada la tecnología de herbicidas y fungicidas que hay que utilizar en su producción (3, 6). Esto requiere que el cultivo tenga valores tales que permita que los rendimientos de indiferencia no superen los 1000

[8] Hace referencia a la viabilidad de ser llevado adelante el cultivo en función de la fase ENSO.

a 1100 kg/ha para poder tomar el riesgo productivo con un margen de ganancia potencial importante.

Buenos Aires es una provincia donde es conveniente producir garbanzo del tipo Desi, ya que la resistencia a rabia del garbanzo es fundamental, salvo en las zonas Oeste y Sudoeste, donde es posible el manejo y la producción de los tipos Kabuli. Solo en años bien definidos dentro de la fase ENSO Niña es factible la producción de garbanzo del tipo Kabuli en el resto de las áreas productivas.

Para lograr un buen cultivo de garbanzo, se deberán controlar las malezas. También las enfermedades, especialmente rabia del garbanzo y *Fusarium spp.* Otro problema sanitario a tener en cuenta son los daños provocados por plagas como la isoca bolillera *(H. gelotopoeon)* y el complejo de chinches que encuentran en el cultivo un "puente verde" para llegar al verano.

Los tiempos productivos del garbanzo

Las legumbres invernales en general y el garbanzo en particular, presentan tres tiempos productivos bien definidos, donde las acciones que se llevan a cabo tienen diferentes efectos sobre la productividad o sobre la calidad del producto cosechado:

- primer tiempo productivo: va desde el momento de la elección del lote hasta el primer mes de emergido el cultivo. En este punto, se trabaja fundamentalmente sobre el rendimiento potencial.
- segundo tiempo: va desde el primer mes de emergido, coincidiendo con la emisión de ramas, hasta el inicio de floración.
- tercer tiempo: donde la mayoría de las acciones tiene directa consecuencia sobre la calidad del producto cosechado. Comienza en la floración y se extiende más allá de la cosecha. El factor calidad es, sin duda alguna, el tercer factor de rendimiento del cultivo de máxima importancia[9].

[9] La calidad del grano juega un papel fundamental, ya que un grano cosechado que no tenga calidad comercial genera fuertes pérdidas



La realidad de la producción en la Provincia de Buenos Aires requiere que esos tres tiempos sean tenidos en cuenta para alcanzar el éxito productivo, de cosecha, y de calidad comercial. En todas las áreas, los niveles de producción por hectárea fueron entre 2000 a 2500 kg (2009-2010), y hacia el sur de la Provincia se lograron 3200 kg (2011-2013).

Las condiciones de manejo agronómico descriptas a continuación se refieren fundamentalmente a la producción de garbanzo en las áreas Oeste, Sudoeste y Mar y Sierras, teniendo en cuenta las condiciones climatológicas descriptas en la Tabla 13.6.1.

El manejo del cultivo, independientemente de la zona, debe tender a disminuir en forma importante el potencial de daño de *A. rabiei*, para lo cual es fundamental el uso de semilla libre del patógeno (4).

Uno de los aspectos más importantes es planificar correctamente los herbicidas a utilizar, dado que fallas en el control de malezas pueden provocar la pérdida total del lote. Debe tenerse en cuenta que herbicidas de algunas familias químicas como las sulfonilureas y las imidazolinonas pueden generar stress en el cultivo, produciendo fitotoxicidad sub-clínica y aumentando las probabilidades de un fuerte ataque de rabia[10].

Al haber un déficit de productos fitosanitarios registrados para el cultivo de garbanzo, todos los principios activos mencionados a continuación (elegidos en función de su registro en países como Australia o Canadá), están referidos a la experiencia de uso del autor lo que no significa que no puedan generar problemas de fitotoxicidad

---

comerciales e inclusive puede llegar al punto de la no comercialización del mismo.

[10] Lotes tratados con imazetapir a dosis de 500 cc/ha o con flumetsulam en post-emergencia a dosis de 26 g de i.a. por hectárea mostraron mayor susceptibilidad a ataques de rabia, no siendo así en el caso de este último aplicado en pre-emergencia. Estudios realizados en Australia con derivas de herbicidas hormonales demostraron el mismo problema en variedades resistentes a la enfermedad.

o perdidas de rendimiento en ambientes diferentes a los que fueron testeados o utilizados.

Malezas a controlar

El control de malezas es la llave para que el cultivo llegue lo más limpio posible al mes de diciembre, cuando comienza su senescencia. Las malezas con mayor presencia y más problemáticas para el cultivo en las zonas de mayor potencial productivo son:

- Cardo ruso (*Salsola kali* L.)
- Sanguinaria (*Polygonum aviculare* L.)
- Cerraja brava (*Sonchus asper* (L.) Hill.)
- Cardo blanco (*Onopordon acanthium* L.)
- Cardo asnal (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.)
- Yuyo esqueleto (*Chondrilla juncea* L.)
- Rye grass (*Lolium spp.*)
- Nabo (*Brassica rapa* L.)
- Nabón (*Raphanus sativus*)
- Ortiga mansa (*Lamium amplexicaule* L.)
- Girasol guacho IMI[11] (*Helianthus annus* L.)
- Amor seco (*Bidens laevis* (L.) Britton Sterns Poggenb.)
- Gramón (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.)
- Avena guacha (*Avena fatua* L.)
- Cardo de Castilla (*Cynara cardunculus* L.)
- Pasto de cuaresma (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.)

[11] Girasoles resistentes a imidazolinonas.

Estrategias con herbicidas pre-emergentes

De todas las especies mencionadas más arriba, solo yuyo esqueleto, nabón, girasol guacho IMI y gramón pueden significar un problema serio si no fueron tratadas a tiempo. Y de esas cuatro, girasol guacho IMI y gramón son directamente descalificatorias del lote, por lo que no es recomendable realizar la siembra de garbanzo cuando haya fuerte presencia de estas especies. En cambio, lotes con yuyo esqueleto pueden ser tratados con altas dosis de glifosato, cercanas a los 5 l/ha, en el mes de julio, con tratamiento de aguas y adherentes, llevando la siembra a 21 cm de distancia entre surcos para darle más competitividad al cultivo. El nabón es posible manejarlo bien con los barbechos y con la utilización de flumetsulam a dosis de por lo menos 70 g i.a./ha. En el caso de rye grass resistente, se ha logrado buen resultado con tratamientos al inicio del invierno con mezclas de glifosato más graminicidas dim y un PPO[12] de contacto.

La estrategia de herbicidas a utilizar desde el mes de marzo en adelante consta de:

- Utilizar en lo posible lotes que provengan de cereales de invierno o soja de primera.
- Tratar en barbecho con glifosato y paraquat con atrazina en técnica de *Doble Knock Down* para eliminar plantas que se encuentren elongadas, como ser *Senecio*.
- Hacia el mes de julio, si hay presencia de *Lolium* y algunos rebrotes de latifoliadas que no sean yuyo esqueleto, volver a utilizar glifosato con un graminicida dim y el aporte de un quemante como paraquat. Carfentrazone puede ser utilizado, pero su correcto accionar requiere de la utilización de 2,4-D amina, lo que puede generar daños al cultivo y producir una demora en la siembra con pérdida potencial de rendimientos. La estrategia de uso de herbicidas que mejor resultado mostró fue

[12] Dentro de esta categoría de herbicidas, carfentrazone mostró un muy buen resultado sin fitotoxicidad en el cultivo. Saflufenasil también tuvo buen desempeño. Inclusive este último tiene registro de uso en Estados Unidos a dosis de 1,5 oz/ac. (equivalente a g/ha).

la utilización de sulfentrazone a altas dosis, cercanas a los 800 cm^3/ha, en mezcla con flumetsulam a dosis de 60 a 70 g/ha. Esto permite tener una buena sinergia de acción sin dañar al cultivo.

En estas regiones no es aconsejable realizar barbechos a base de sulfonilureas y la utilización de herbicidas a base a imidazolinonas, ya que los riesgos de fitotoxicidad son altos, los de apilamiento son extremos y alta probabilidad aparición de rabia del garbanzo.

La utilización de graminicidas no presenta problema alguno, con la salvedad que no deben ser usados en días previos a una helada. Los solventes y coadyuvantes presentes en la formulación de estos productos producen una dilución de las capas cerosas de las hojas las que pierden su protección en el caso de temperaturas bajo cero. Estos daños aumentan el riesgo de enfermedades (3, 7, 8).

Profundidad de siembra

Las plántulas de garbanzo tienen una emergencia hipogea, dejan sus cotiledones debajo de la superficie del suelo y es el epicótilo el que se elonga y emerge. Una de las características del cultivo es que puede ser sembrado a profundidades de 10 cm, por lo que no hay que tener temor en buscar la humedad del perfil para asegurar un buen nacimiento. Esto presenta dos ventajas: menor incidencia de las heladas superficiales y sistema radicular alejado de los herbicidas pre-emergentes en los primeros estadios del cultivo.

Estrategias con herbicidas post emergentes

La oferta de productos post-emergentes registrados para control de latifoliadas es muy limitada. Ensayos realizados por el equipo de extensión de la Universidad de Arizona con fomesafen a dosis de 430 g/ha dieron buenos resultados, salvo para el control de quínoa[13]. Este mismo equipo evalúo con éxito el uso de bentazon[14]. Por otra parte,

[13] Utilizado en Estados Unidos.

[14] A esta dosis el ensayo mostró un 8% de daño. Debe tenerse en cuenta las condiciones ambientales del ensayo. Es probable que ante aumentos en los



flumetsulam se encuentra inscripto en Australia para ser aplicado a dosis no mayores a 25 g de i.a./ha, sin el agregado de acompañantes, con el cultivo en estadíos de hasta seis ramas y seis semanas de emergido (5). Nuestra experiencia, en este sentido, nos dice que en años Niña el tratamiento no tiene mayores consecuencias, excepto por alguna demora en el desarrollo de las plantas. En cambio, en años Neutros o Niño el riesgo de aparición de rabia del garbanzo es extremo. Los controles de gramíneas deben ser realizados con los cuidados descriptos anteriormente. Otros herbicidas de aplicación post-emergente se están probando y se encuentran en proceso de inscripción[15].

Conclusiones

El garbanzo tiene un fuerte potencial en la Provincia de Buenos Aires, principalmente en las áreas Oeste y Sudoeste, donde permite cortar con el monocultivo de cereales de invierno, mejorando la estrategia de rotación, tanto para el mejor control de enfermedades como de malezas, ya que permite la utilización de herbicidas con diferentes modos de acción. La introducción de nuevas variedades, tanto del tipo Desi como Kabuli, resistentes a tizón o rabia del garbanzo es fundamental para la consolidación del cultivo dentro de la rotación agrícola de las áreas descriptas, pudiendo extenderse a la zona de Mar y Sierras, áreas donde el potencial de rendimiento y calidad es de los más importantes del país.

Bibliografía

niveles de humedad relativa como los que ocurren en nuestro medio el principio activo sea más perjudicial para el cultivo, por lo que su uso debe ser evaluado en el ambiente donde va a ser utilizado.

[15] Benazolin fue evaluado, en el ámbito del NOA, en dosis de 0,6 l/ha. con muy buen control de quinoa (*Chenopodium album*), malva (*Malva sylvestris* L.) y yuyo colorado (*Amaranthus quitensis* Kunth) y muy baja incidencia en el cultivo (7).

1. Barsky, O. y S. Bearzotti. 1991. El desarrollo agropecuario pampeano. INDEC-INTA-IICA. Buenos Aires, Argentina. 563 p.
2. Bernier, R. V. 2000. Diagnóstico de fertilidad de suelo. Centro Regional de Investigación Remehue. INIA. Pp: 1-15.
3. Carter, J. 1999. Chickpea Growers Guide: A guide to the production of chickpeas. Agriculture Victoria-Horsham. 20 p.
4. Chickpea Ascochyta Blight Management. Technical Pulse Bulletin, Pulse Australia. http://www.extensionaus.com.au/ascochyta-infected-chickpea-area-widens-in-the-north. Ingreso: 04/2015.
5. Dow Agro Australia. Manual de uso de Flumetsulam Broadstrike Herbicide Speciemen Label. Pp.: 2.
6. Moore, K.; Ryley, M.; Knights, T.; Nash, P.; Chiplin, G.; Jenkins, L.; Brill, R. y G. Cumming. 2011. Chickpeas-varietal selection, paddock planning & disease management. Grains Research & Development Corporation. Australian Government. http://www.grdc.com.au/Research-and-Development/GRDC-Update-Papers/2011/04/Chickpeas-varietal-selection-paddock-planning-and-disease-management-in-2011-NWSP. Ingreso: 04/2015.
7. Olea, I.; Vinciguerra, F. y S. Sabaté. 2013. Manejo de malezas en garbanzo cultivado en secano en Tucumán. En: Vizgarra, O.; Espeche, C. y D. Ploper. El cultivo de garbanzo en el Noroeste Argentino. Estacion Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán, Argentina. Pp.: 79-84.
8. Umeda, K. y D. MacNeil. 1999. Garbanzo Bean Weed Control Study Arizona University Vegetable Report. http://extension. arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az114 311. pdf. Ingreso: 04/2015.

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

SECCIÓN 7

SANTA FE

Julio C. Albrecht

La historia de Santa Fe muestra a la Provincia como netamente triguera en lo que respecta a cultivos de invierno, cuenta de ello es la cantidad de molinos harineros que se encuentran en las ciudades de toda la Provincia. En la campaña 2009, entre el 60 al 70% de la superficie agrícola estaba sembrada con trigo. La caída del precio, como consecuencia del cierre de exportaciones produjo, además de una falta de rentabilidad para los productores, una disminución de la superficie al 30%. Para contrarrestar en parte el problema y tener una rotación sustentable, se comenzaron a buscar cultivos de invierno alternativos al trigo. Así, se incorporaron tres leguminosas de invierno: garbanzo, arveja y lenteja como antecesores de maíz y de soja. En las Figuras 13.7.1 y 13.7.2 se puede observar el contenido de agua útil y nitrógeno disponible en el suelo al momento de la siembra de los cultivos estivales, y en la 13.7.3 el rendimiento de maíz, considerando los cultivos antecesores.

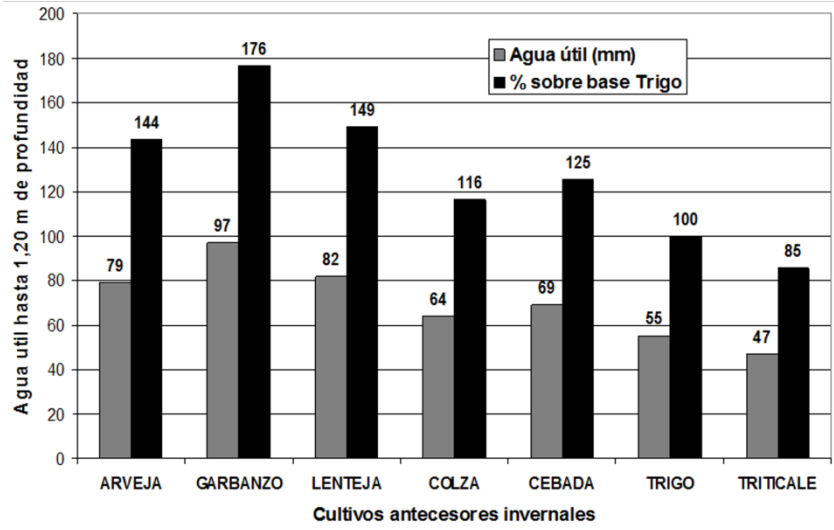


Figura 13.7.1: Contenido de agua útil en el suelo a la siembra del maíz y de la soja de segunda con diferentes cultivos antecesores invernales (María Juana, 2010-2011).

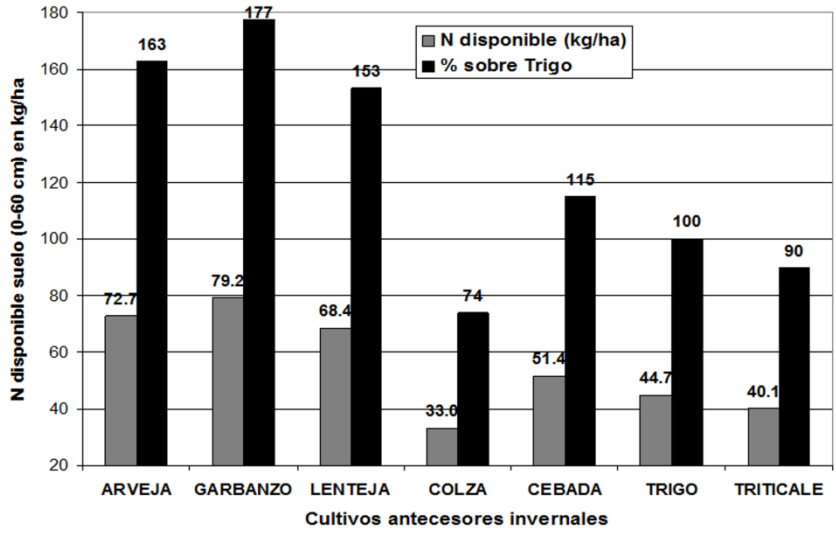


Figura 13.7.2: Contenido de nitrógeno disponible en el suelo (0-60 cm) a la siembra del maíz y de la soja de segunda con diferentes antecesores invernales (María Juana, 2010-2011).

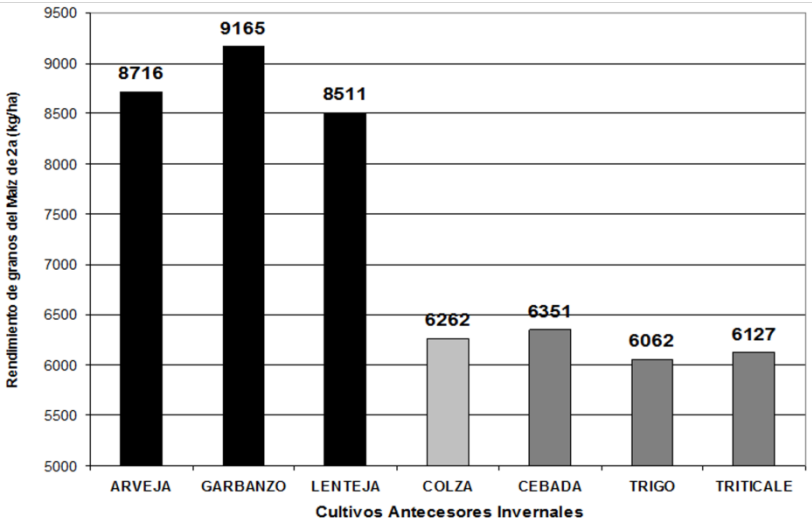


Figura 13.7.3: Rendimiento de granos (promedio de las parcelas CF y SF) del maíz de segunda con los diferentes cultivos antecesores invernales. María Juana (2010-2011).

En el 2003 se sembraba garbanzo en el sur de la Provincia, en la localidad de Hughes próxima a Venado Tuerto (2); luego este núcleo garbancero se trasladó a la zona de Gálvez y al centro-oeste santafesino, en María Juana (Figura 13.7.4), cultivándose sobre pequeñas superficies, con un aporte del 2% a la superficie total de garbanzo en el país.

A partir del 2010, el crecimiento del área sembrada con garbanzo fue exponencial, lográndose durante las campanas 2010-2013 muy buenas cosechas en cuanto a rendimiento, calidad y precios. Esto significó para el productor agropecuario un muy buen margen bruto, como así también un menor consumo de agua y una menor extracción de nutrientes (Figura 13.7.1 y 13.7.2) y liberación del lote varios días antes que otros cultivos invernales (1).

El cultivo de garbanzo incorporó y adecuó la tecnología que se aplica en soja, en lo que respecta al uso de inoculantes, fungicidas, control de malezas, fertilización y cosecha.

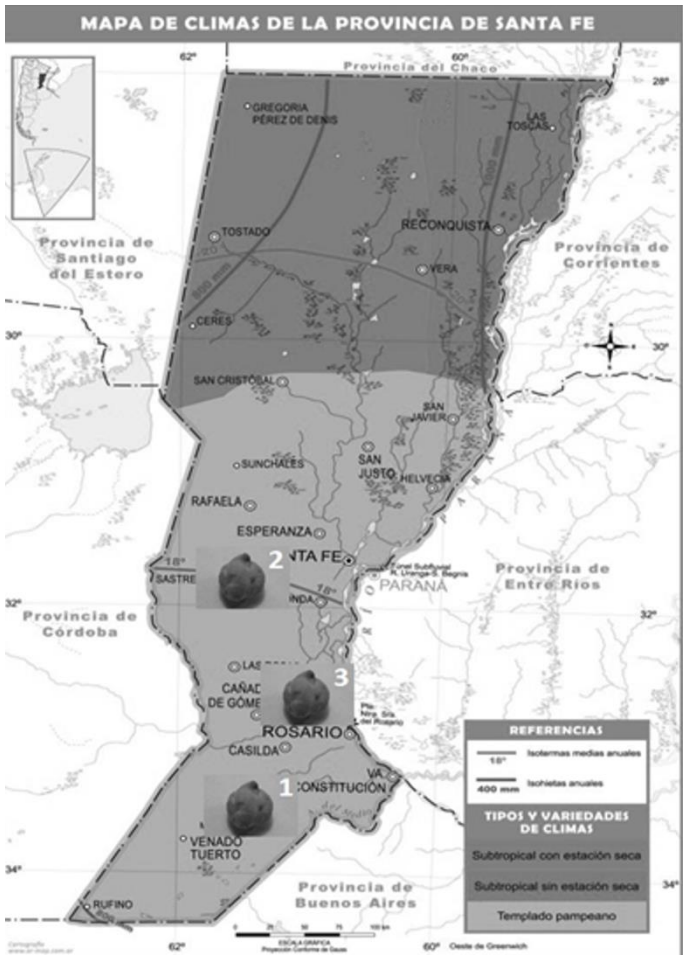


Figura 13.7.4: Mapa de la Provincia de Santa Fe: 1) Hughes, 2) María Juana, 3) Gálvez.

Para la implantación del cultivo se utilizaron sembradoras con distanciamiento de 0,52 m entre surcos. Además de que el productor medio posee la máquinaria, con esto se logra una distribución adecuada de semillas y emergencia de plantas. Todo el garbanzo se siembra con el sistema de siembra directa y, con una cantidad media de rastrojo en superficie, se utiliza un elemento limpiador de rastrojo en el surco de siembra. Los lotes que presentan abundante cantidad

de rastrojo, tienen mayor incidencia de heladas con pérdidas de plantas, y durante la cosecha la maquina tiene que operar muy bajo, con lo cual ingresa mayor cantidad de rastrojos, produciendo el manchado del grano y repercutiendo en una disminución de su calidad.

La fecha de siembra es muy amplia y se extiende desde la última semana de abril hasta julio. La fecha más adecuada se ubicaría entre la última semana de mayo y la primera de junio.

A medida que se atrasa la fecha de siembra, la disminución del distanciamiento entre líneas es importante, mejorando el control de malezas en el surco durante la primavera.

El distanciamiento ideal, después de evaluar varias campañas, es de 0,42 m, pero lo más importante es la distribución de la semilla en el surco de siembra. Dada las características de la semilla de garbanzo (rugosidad, forma irregular, tamaño grande) se deberá tener en cuenta que las sembradoras de granos finos tienen problemas por el tipo de dosificador. La densidad utilizada es de 15 semillas por metro lineal, a 0,52 m entre surcos, con un poder germinativo del 80%.

En el curado de la semilla se utilizan los fungicidas que se usan para soja. La inoculación es una práctica indispensable para aprovechar los beneficios de la fijación de nitrógeno; para ello se utilizan inoculantes con cepas específicas para el cultivo de garbanzo y, por la importante respuesta en rendimiento, la doble inoculación es la práctica más utilizada, registrándose aumentos de rendimientos entre un 20 a un 40%, y granos de mayor calibre.

Para el control de malezas, los herbicidas utilizados en otros países sirven de referencia para este cultivo. En el caso de herbicidas residuales, depende del porcentaje de materia orgánica del suelo; tal es el caso del metsulfuron, que es un herbicida residual y económico para el control de la soja guacha y malezas de hoja ancha en aquellos suelos con más de 2% de materia orgánica; no así en aquellos suelos arenosos, ya que disminuye en forma importante el stand de plantas. Los herbicidas más utilizados en pre-siembra en la Provincia de Santa Fe son metsulfuron, imazetapir y trifluralina; como

post-emergentes se emplean imazetapir, fomesafen, benazolin y los graminicidas.

Respecto al uso de fertilizantes a la siembra, teniendo en cuenta que es una leguminosa capaz de fijar nitrógeno a través de la inoculación, y teniendo en cuenta las características de los suelos agrícolas de la Provincia con un contenido de fosforo medio, el fertilizante con mayor posibilidad de respuesta positiva es el azufre.

La principal plaga que tiene el cultivo es la isoca bolillera *Helicoverpa gelotopoeon* (Dyar), que consume vainas y granos. Por sus características particulares, su control no es fácil y exige un buen monitoreo y utilización de insecticidas específicos de muy baja toxicidad y prolongada residualidad.

Para el manejo de las enfermedades se deben realizar monitoreos a partir de la floración, intensificándose los mismos a efectos de detectar el inicio de ellas. La descripción de cada una de las enfermedades y su forma de actuar es abordado por Sillón y Viotti en el Capítulo 9.

Las enfermedades más frecuentes son el marchitamiento por *Fusarium sp.*, el complejo de *Rhizoctonia*, mildiu y rabia del garbanzo *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labrousse (4, 5).

Los rendimientos obtenidos fueron muy variables, alcanzando una media de 2300 kg/ha, con picos de 3400 kg/ha en la campaña 2011 y 2012.

En función de los pronósticos de lluvia, cantidad y tipo de malezas, disponibilidad de agua, etc., al momento de la maduración fisiológica se procede al secado químico con productos de contacto o sistémicos. Dicha técnica permite lograr una uniformidad de secado, que no se alcanza en forma natural por su hábito crecimiento indeterminado.

Las maquinas cosechadoras utilizadas son aquellas que poseen sistema axial. Debe utilizarse el rotor a bajas revoluciones y se debe regular la apertura de cóncavo para evitar la rotura de granos y la consiguiente pérdida de calidad. Las plataformas a lona o *drappers* y el molinete a muy bajas revoluciones disminuyen las perdidas en forma significativa (3).

Para el almacenamiento se utilizan silos bolsas. Se ha experimentado, con resultados positivos, el uso de equipos de frío para bajar la humedad, evitando los aireadores que disminuyen el peso del grano. Como consecuencia de las condiciones climáticas de primaveras con excesivas lluvias (problemas de enfermedades) y precios bajos debido al mercado internacional, el área de cultivo en la Provincia de Santa Fe ha disminuido, estableciéndose en los valores de superficie similares a la década pasada.

La experiencia realizada muestra al cultivo de garbanzo como una alternativa para el invierno. De contar con cultivares resistentes a las principales enfermedades, el cultivo puede participar en los sistemas de producción con éxito.

Bibliografía

1. Albrecht, J.; Meroi, G.; Fontanetto, H.; Sillón, M. y P. Ruffino. 2010. Ensayos de cultivos alternativos campaña 2010/2011. AFA María Juana. Santa Fe, Argentina. 8 p.
2. Saluzzo, J. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. III Jornada Nacional de Garbanzo. INTA. Pp.: 1-9.
3. Olea, I.; Vinciguerra, F. y S. Sabaté. 2013. Manejo de malezas en garbanzo cultivado en secano en Tucumán. En: Vizgarra, O; Espeche, C. y D. Ploper. El cultivo de garbanzo en el Noroeste Argentino. Estacion Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán, Argentina. Pp.: 79-84.
4. Sillón, M.; Magliano Sillón, F.; Mariano, M. y V. Bonaglia. 2014. Evaluación de la estrategia combinada de fungicida y fosfito de potasio en cultivos de garbanzo en Santa Fe. Bolsa de Comercio de Santa Fe. Comisión Desarrollo de Legumbres. Junio 2014. https://www.bcsf.com.ar/codel.php. Ingreso: 04/2015.
5. Sillón, M. 2014. Patógenos que afectan el cultivo de garbanzo y su manejo. Bolsa de Comercio de Santa Fé. Comisión Desarrollo

de Legumbres. https://www.bcsf.com.ar/codel.php. Ingreso 06/2014.

CAPÍTULO 13

EL CULTIVO DE GARBANZO EN LAS DIFERENTES PROVINCIAS DE ARGENTINA

SECCIÓN 8

CÓRDOBA

Julia Carreras, Mauro Rosso y Mario Scaraffioca

Características climáticas

La Provincia de Córdoba, ubicada en el centro de la República Argentina, limita al norte con Santiago del Estero, al noroeste con Catamarca, al oeste con La Rioja y San Luis, al sur con La Pampa, al sureste con Buenos Aires y al este con Santa Fe. Con una superficie de 165.321 km^2, los puntos extremos se ubican a los 29°26' LS y 64° 16' LW en el mojón noroeste de Las Mesillas en las Salinas de Ambargasta; luego en el mojón con La Pampa y San Luis a los 35°01' LS y 65°47' LW.

De acuerdo con la dinámica atmosférica, Córdoba se encuentra íntegramente dentro de la zona templada. Las variaciones topográficas del terreno, en combinación con los procesos meteorológicos determinan variaciones climáticas que definen la vegetación. Muestra de ello son las planicies (piedemonte y llanura) y las montañas (sierras y altiplanicies). Las montañas que Córdoba

comparte con San Luis constituyen una cadena orientada de norte a sur, ubicada en la parte noroccidental de la Provincia con altura entre 500 y 2884 msnm. Este macizo, con un ancho de 50-60 km y una longitud de 300 km llamado Sierras Grandes, está integrado por tres cadenas de sierras paralelas sobre las que se destacan cumbres elevadas (Cerro Champaquí) y altiplanicies (Pampa de Pocho) que se alternan con valles y quebradas. Luego se encuentran las Sierras Chicas del norte, de 50-60 km de ancho y de 130 km de largo. Todo el complejo entra en contacto con la llanura a través de una planicie de piedemonte angosta e irregular más estrecha al occidente que al oriente (9).

La Provincia de Córdoba presenta lluvias abundantes desde principio de la primavera hasta mediados de otoño y escasas durante los meses del invierno. Presenta un gradiente decreciente de lluvias con 900 mm promedio en el extremo este (Marcos Juárez) y 400 mm en el límite con La Rioja. Con respecto al régimen térmico, en el norte se registran heladas desde mediados de junio y las últimas a mediados de agosto, con un periodo libre de heladas de 300 días, mientras que en el sur se producen desde la primera quincena de mayo y terminan a mediados de septiembre, con un período libre de heladas de 235 días (10).

Aspectos tecnológicos y evolución del cultivo en Córdoba

Biderbost (1; ver también Capítulo 1) describe como se introdujo el cultivo de garbanzo en la Provincia de Córdoba, y particularmente en el Departamento Cruz del Eje donde, en 1970, se llegaron a cultivar 5000 ha en lotes de diferentes tamaños. Para el riego de las parcelas se utilizaba el agua de los diques Cruz del Eje y Pichanas con sus sendos sistemas de distribución.

En el Departamento Cruz del Eje el manejo agronómico del cultivo se hacía en forma convencional, lo que implicaba movimiento del suelo mediante arado y el nivelado para realizar riegos de pre-siembra y durante el ciclo ontogénico del cultivo. La siembra se efectuaba en el mes de mayo, con un espaciamiento de 0,70 m entre

surcos y 10 semillas por metro lineal. Las malezas se eliminaban mediante labores culturales de escardillo, rastra rotativa y manual; más recientemente se incorporó el uso de herbicidas.

En cuanto a las condiciones ambientales, este Departamento se caracteriza por presentar una temperatura media invernal igual o superior a los 12°C, con escasas lluvias invernales, requiriendo el uso del agua de riego cuando el cultivo lo requiere. El aumento de las temperaturas, en el mes de octubre, permite un secado uniforme del cultivo, tal como lo comenta Reginatto en el Capítulo 10.

Durante las décadas del 80' y 90', el cultivo de garbanzo prácticamente tendió a desaparecer en el Departamento Cruz del Eje, quedando reducido a superficies pequeñas. Se presentaban diversos problemas, tanto de mecanización, como la falta de máquinas cosechadoras, o de tipo económicos por el bajo precio del grano.

Los factores negativos para el desarrollo del cultivo no impidieron la labor de mejora y la inscripción en el Instituto Nacional de Semillas de los cultivares Chañaritos S-156 en 1992 y Norteño en 1998. Estos materiales fueron liberados al mercado como cultivares con alto potencial de rendimiento y calidad de grano para las exigencias del mercado nacional e internacional, tal cual queda reflejado en las Secciones de este Capítulo.

Como una posibilidad de revertir la situación negativa del cultivo de garbanzo, surge una propuesta de desarrollo tecnológico en el año 2001, entre la empresa agropecuaria CONO S.A. y miembros del equipo de mejora del Programa Garbanzo de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Córdoba. La propuesta involucraba el desarrollo del cultivo en secano, con el manejo de siembra y cosecha directa, tal cual se realiza en los cultivos de trigo, soja, maíz, girasol, sorgo. Las primeras experiencias se realizaron en el establecimiento San Rafael, próximo a la localidad de Chalacea, Departamento Río Primero.

El proceso tecnológico llevado a cabo tuvo en cuenta diferentes factores relacionados con el ciclo del cultivo, tales como uso de semilla de los cultivares locales, fecha de siembra, curado e inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno, densidad de

semillas, herbicidas, control sanitario y momento de cosecha, entre otros aspectos.

La fecha de siembra, desde la segunda quincena de abril a la primera quincena de mayo, fue la más adecuada en relación al mes de junio. En la Figura 13.8.1 puede visualizarse el porqué de tal elección. Cuando la siembra se realiza en secano se utiliza el agua acumulada en el perfil del suelo (aproximadamente unos 200 mm), y se debe tratar que el ciclo del cultivo concluya en el mes de octubre o mediados de noviembre, antes que las lluvias estivales produzcan el deterioro del grano disminuyendo su calidad.

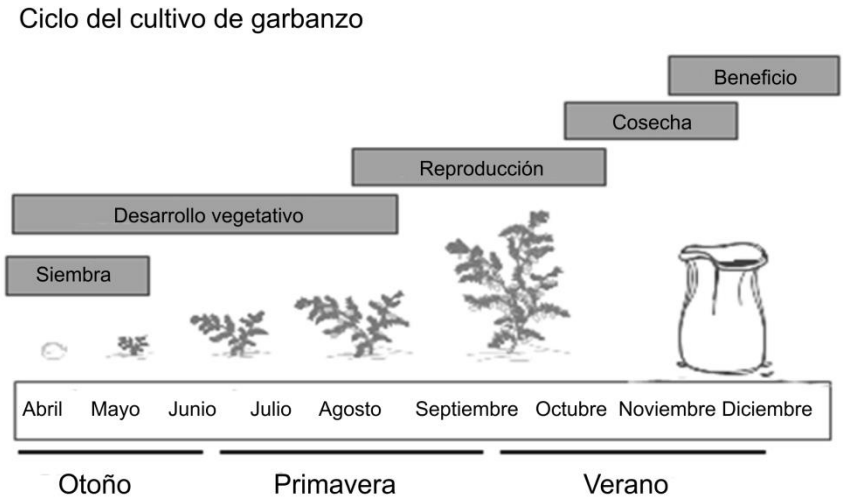


Figura 13.8.1: Ciclo del cultivo de garbanzo con siembra en otoño y cosecha en octubre-noviembre en Córdoba.

Los productos antifúngicos e insecticidas utilizados en el curado de la semilla, deben ser aplicados en forma homogénea cubriendo toda la superficie, sin dañar por golpes mecánicos al embrión, como se detalla en los Capítulos 2 y 9.

La inoculación es un aspecto muy importante para el desarrollo de la masa vegetativa y el aumento del rendimiento. Se realizaron

ensayos de inoculación con cepas de *Rhizobium sp.*, desarrolladas en los laboratorios Rhizobacter, Vacalini, Lopez y Microbiología FCA-UNC, para evaluar la dosis adecuada y la respuesta. Se observó que la doble inoculación y la aplicación al costado del surco de siembra (Toscano, com. pers.) dan muy buenos resultados. En la Lámina 13.8.1 se puede visualizar la presencia de los nódulos en las diferentes partes de la raíz principal y las laterales; el cultivo con color verde fuerte corresponde a una inoculación correcta y el verde-amarillento indica que los picos de la inoculadora no trabajaron correctamente.

Para determinar la cantidad de semillas en el surco de siembra se evaluaron densidades de 150.000 y 500.000 semillas por hectárea (Figura 13.8.2), resultando la más apropiada la siembra de 350.000 semillas por hectáreas para el cultivar Chañaritos S-156, en un año agrícola y en Chalacea (3).



Figura 13.8.2: Plantas en el momento de cosecha para densidad desde 150.000 a 500.000 pl/ha (de derecha a izquierda) en siembra directa y bajo secano.

Con otros cultivares, el rendimiento y la calidad del grano cosechado pueden modificarse, tal como lo describe Toledo en el Capítulo 5. Para el uso de máquinas de siembra directa se adoptó el espaciamiento de 0,52 m entre surcos. La placa debe adecuarse al tamaño de la semilla, ya que puede variar entre 7 a 9 mm para el cultivar Chañaritos S-156 o Norteño y entre 9 a 11 mm para los materiales Mexicanos y Blanco Lechoso Español.

Para el control de malezas, se ensayó el comportamiento de herbicidas tales como linuron, metribuzin, flex, sencorex, pivot y mesulfuron, a los efectos de encontrar la dosis y el momento de aplicación más adecuado sin provocar daños por fitotoxicidad y realizar un adecuado control dentro del sistema de rotaciones de cultivos (Toscano, com. pers.).

El momento de cosecha es otra etapa importante ya que el grano debe reunir los mejores atributos de calidad para lograr mejor precio. El garbanzo es un cultivo de crecimiento indeterminado, con abundante producción de flores, siempre y cuando las temperaturas diurnas oscilen entre 18-25°C y las nocturnas entre 5-10°C, lo que permite un desarrollo apropiado del cultivo. Durante el estado vegetativo los cultivares Chañaritos S-156 y Norteño toleran temperaturas bajo cero; en la etapa de floración las heladas tardías pueden dañar flores y vainas. Temperaturas superiores a 35°C condicionan el fin de ciclo del cultivo, con lo cual se evita el daño por lluvias a cosecha, según lo detalla Reginatto en el Capítulo 10. El grano debe tener el calibre que corresponda al cultivar, ser de color homogéneo, uniforme, libre de hongos. En el lote de granos deben observarse los partidos, roídos y otras impurezas.

Este desarrollo tecnológico fue posible gracias al aporte económico y a la disponibilidad de parcelas experimentales en los establecimientos San Bartolomé y San Rafael de la empresa CONO S.A. En la realización de los ensayos actuó un equipo técnico de trabajo conformado por ingenieros agrónomos, biólogos, alumnos, personal de tareas rurales, que en forma directa e indirecta sostuvieron la tarea. Todos ellos integraron acciones de diseño, siembras, seguimientos, evaluaciones y realizaron sugerencias relacionadas con el manejo que permitió la obtención de

rendimientos altos y buena calidad del grano de los cultivares Chañaritos S-156, Norteño y otros genotipos.

En el año 2001, la empresa CONO S.A. comenzó la siembra de garbanzo en 15 ha, a partir de las cuales se realizó el ajuste tecnológico para la siembra y cosecha directa. Alrededor del año 2005 sembraba más de 1000 ha. Posteriormente, fue sumando a otros productores para el desarrollo del cultivo en los Departamentos Rio Primero, Totoral y Jesús María. Cuenta con una planta de acondicionamiento de granos de garbanzo que le permite procesar 10.000 Tn y exportar a diferentes países.

En la Figura 13.8.3, se puede observar como a partir de una superficie de 2619 ha y una producción de 2000 Tn, año a año fue aumentando hasta alcanzar un pico máximo en la campaña 2012/13, de 38.541 ha cultivadas y una producción de 67.439 Tn, coincidiendo con el aumento de superficie y producción a nivel nacional, como se observa en la Figura 13.8.4. En la campaña 2012/13, Córdoba participó con un 54% a la producción nacional. Los datos de Córdoba fueron tomados de la Bolsa de Cereales de Córdoba, y los de Argentina de la Bolsa de Cereales de Buenos Aires y de FAO (2, 4, 5, 6, 7, 8).

En la Tabla 13.8.1 se puede observar la evolución de la superficie, producción y rendimiento del cultivo de garbanzo en Córdoba desde el año 2005 al 2014. Al comienzo, la siembra se hizo en condiciones de secano. En el año 2008 se incorporan establecimientos con riego por pivote central en superficies que iban desde las 50 hasta las 1100 ha, con un rendimiento promedio de 2871 kg/ha. Esta información corresponde a campos ubicados en los Departamentos Río Primero, Totoral y Colón principalmente. Estos valores surgen del conocimiento paulatino del cultivo y de la adecuación del manejo a las características de cada establecimiento agrícola, sumado a las ventajas que ofrece la siembra directa en cuanto a cobertura, nutrientes disponibles, control de malezas (Britos, com. pers.).

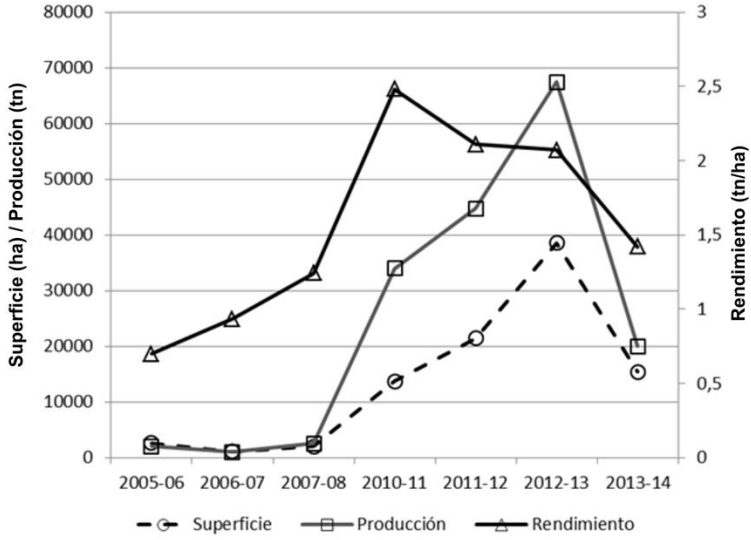


Figura 13.8.3: Evolución de la superficie, producción y rendimiento del cultivo de garbanzo, desde 2005 a 2014, en la Provincia de Córdoba.

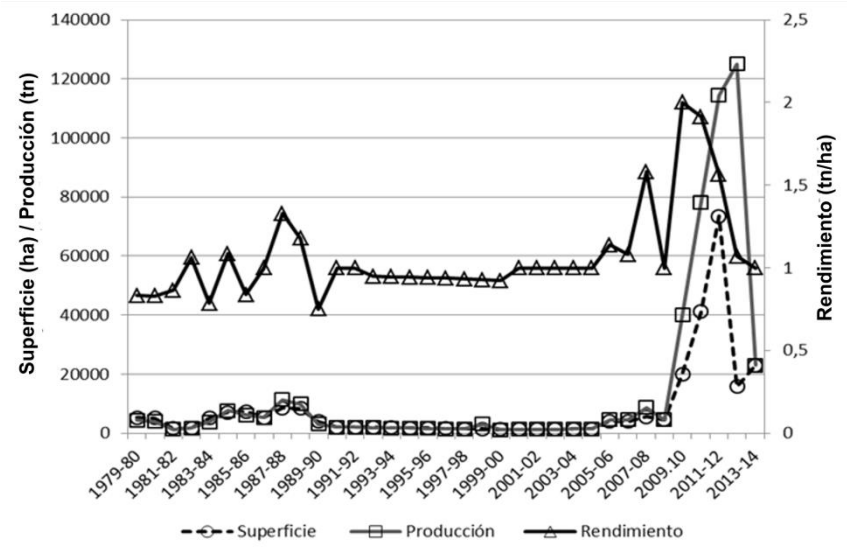


Figura 13.8.4: Evolución de la superficie, producción y rendimiento del cultivo de garbanzo desde 1979 a 2014 en la República Argentina.

Tabla 13.8.1. Evolución de la superficie, producción y rendimiento del cultivo de garbanzo en Córdoba desde 2005 a 2014 (Fuente: Britos, com. pers.).

	Secano		**Riego**	
Campañas	Superficie	Rendimiento	Superficie	Rendimiento
2005	789	1886	-	-
2006	1420	1099	-	-
2007	2627	1876	-	-
2008	1472	943	54	3300
2009	1026	580	849	2552
2010	1739	2268	1138	2901
2011	2290	1329	1767	2683
2012	1822	1355	1877	2126
2013	824	187	1747	1760
2014	257	2822	734	2767
Promedio		1435		2584

En las Tablas 13.8.2 y 13.8.3 se puede observar la cantidad de hectáreas sembradas con garbanzo bajo condiciones de secano y de riego y con siembra directa, y el rendimiento alcanzado por los diferentes genotipos a lo largo de cinco campañas agrícolas (de 2010 a 2014). En Chañaritos se obtuvieron rendimientos de 2900 kg/ha en secano en al año 2010, mientras que bajo riego el rendimiento fue de 2700 kg/ha con un promedio de 2106 kg/ha, destacándose por su estabilidad en cuanto a producción (Reginatto, com. pers.).

En Norteño hubo una mejor respuesta al manejo con riego, alcanzando un rendimiento de 2000 kg/ha en secano y de 2500 kg/ha bajo riego. Este genotipo se destaca por los calibres de 9 mm en un porcentaje superior al 50%.

Canadiense presentó rendimientos variables tantos en secano como bajo riego.

En el cultivar Blanco Lechoso Español el rendimiento fue menor (Tabla 13.8.2); este material se caracteriza por tener grano de tamaño grande con calibre de 10 mm, es sensible al frío y a enfermedades.

Tabla 13.8.2: Evolución de rendimiento y superficie, con manejo en secano y con riego, del cultivo de garbanzo en Córdoba desde 2010 a 2011 (Fuente: Reginatto, com. pers.).

Años	2010		2011		
Cultivar	**Secano** kg/ha	**Riego** kg/ha	**Secano** kg/ha	**Riego** kg/ha	Promedio kg/ha
Chañaritos S-156	2900	2700	1100	2200	2225
Norteño	2200	2500	1700	2500	2225
Canadiense	3300	3000	1800	2230	2582
BLE*	1500	2050	-	1000	1516
Superficie Total (ha)	846	370	2524	765	

*BLE: Blanco Lechoso Español

Tabla 13.8.3. Evolución de rendimiento y superficie, con manejo en secano y con riego, del cultivo de garbanzo en Córdoba desde 2012 a 2014 (Fuente: Reginatto, com. pers.).

Años	2012		2014		
Cultivar	**Secano** kg/ha	**Riego** kg/ha	**Secano** kg/ha	**Riego** kg/ha	Promedio kg/ha
Chañaritos S-156	1810	-	1930	-	1870
Norteño	2300	2240	1960	2400	2225
Canadiense	730	2600	-	-	1665
Superficie Total (ha)	1572,6	952,8	1377,7	144	

En el mapa de la Provincia de Córdoba (Figura 13.8.5) puede visualizarse que en la campaña 2010/11, de 26 departamentos, 8 participaron con lotes de garbanzo: Colón, Gral. San Martín, Río Primero (con aproximadamente 7000 ha), Río Segundo, San Justo, Tercero Arriba, Totoral y Tulumba. El 79% se realizó en secano y el 21% con riego (6). En el Departamento Cruz del Eje el equipo del

Programa Garbanzo llevó a cabo ensayos en campos de las comunas rurales Los Chañaritos y Tuclame.

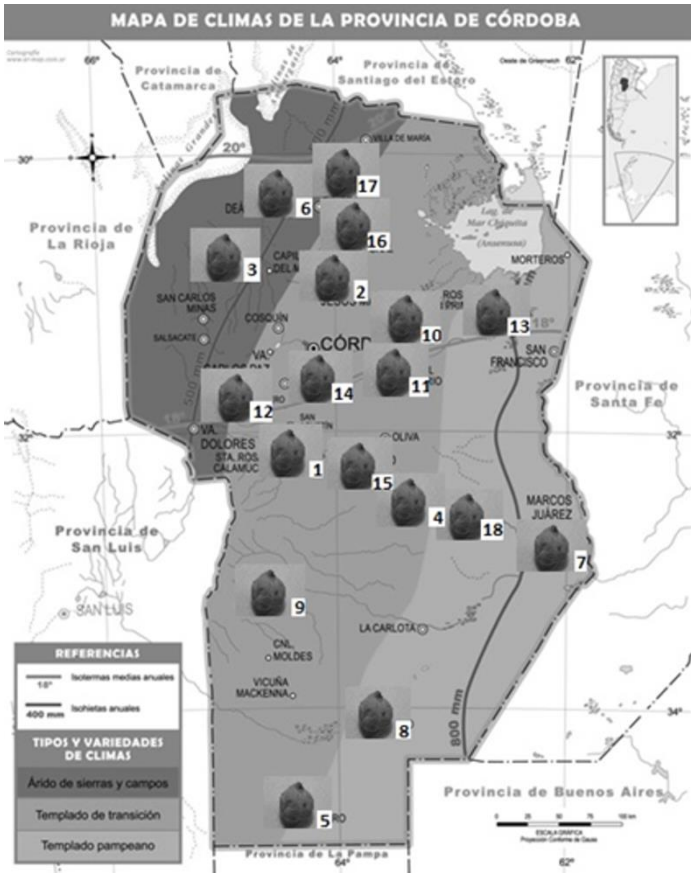


Figura 13.8.5: Mapa de la Provincia de Córdoba con los departamentos donde se cultiva garbanzo: 1) Calamuchita, 2) Colón, 3) Cruz del Eje, 4) Gral. San Martín, 5) Gral. Roca, 6) Ischilín, 7) Marcos Juárez, 8) Pte. R. S. Peña, 9) Río Cuarto, 10) Río Primero, 11) Río Segundo, 12) San Alberto, 13) San Justo, 14) Santa María, 15) Tercero Arriba, 16) Totoral, 17) Tulumba, 18) Unión (campañas 2010-2014).

Para la campaña 2012/13 se agregaron nuevos departamentos tales como Calamuchita, Gral. Roca, Ischilín, Marcos Juárez, Pte. R. S. Peña, Río Cuarto, Santa María y Unión, con una superficie de 39.541 ha, donde el 55% se realizó en secano y el resto con riego. En esta campaña agrícola, la Ing. Agr. Gloria Viotti determina la presencia de rabia, causada por *Ascochyta rabiei* (Pass.) Labrousse. Los productores, junto con los ingenieros agrónomos, fitopatólogos y mejoradores tendrán que unirse para resolver este grave problema (4).

En la campaña 2013/14 participaron 13 departamentos; si bien se incorporó San Alberto, otros dejaron de producir, por lo que la superficie se redujo a 15.000 ha, de las cuales la mitad estuvo sembrada en secano y el 50% restante bajo riego (3) (Figura 13.8.3).

Si bien queda un largo camino por seguir, cabe resaltar que el garbanzo se destaca por ser un cultivo alternativo en el otoño-invierno en la República Argentina, puede participar en los sistemas de rotación, usa poca agua para su desarrollo, y sobre todo es un alimento para consumo humano en cualquier parte del mundo.

Bibliografía

1. Biderbost, E. 2014. La domesticación del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). Su introducción en América y Argentina. Resúmenes del XXXVII Congreso Argentino de Horticultura. ASAHO. Mendoza, Argentina. Pp.: 123-125.
2. Bolsa de Cereales de Buenos Aires. http://www.bolsadecereales.com/. Ingreso: 07/2015.
3. Carreras, J.; Allende, M. J.; Orecchia, E.; Rosso, M. y J. Saluzzo. 2006. Siembra directa de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en el Norte de Córdoba: efectos de la densidad de siembra en el rendimiento. XXIX Congreso de Horticultura. Catamarca, Argentina. Pp.: 26.

4. Departamento de Información Agroeconómica de la Bolsa de Cereales de Córdoba. 2014. Informe especial N°66. Garbanzo: Inicio de campaña 2014/2015 y final 2013/14.
5. Departamento de Información Agroeconómica de la Bolsa de Cereales de Córdoba. 2013. Informe especial N°53. Garbanzo: Inicio de campaña 2013/2014 y final 2012/13.
6. Departamento de Información Agroeconómica de la Bolsa de Cereales de Córdoba. 2012. Informe final del cultivo de garbanzo de Garbanzo 2011/2012 y perspectivas para campaña 2012/2013.
7. Departamento de Información Agroeconómica de la Bolsa de Cereales de Córdoba. 2011. Producción de garbanzo campaña 2010/2011.
8. FAOSTAT. 2014. http://faostat.fao.org/. Ingreso: 04/2015.
9. Gorgas, J. A. y J. L. Tassile. 2006. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba. Los suelos 1:500.000. Agencia Córdoba Ambiente - Estación Experimental Agropecuaria de Manfredi INTA. Pp.: 11-171.
10. Vásquez, J.; Miatelo, R. y M. Roqué (Eds.). 1979. Geografía física de la Provincia de Córdoba. Ed. Boldt. Córdoba, Argentina. 463 p.

CAPÍTULO 14

CALIDAD DE GRANO, VALOR NUTRICIONAL Y RECETAS

María J. Martínez, Carla Marioli, Mercedes Silva, Roxana Aguilar, Raúl Badini, Marcela Inga, Marcela Fili y María J. Allende

Introducción

El interés por la nutrición ha aumentado en los últimos tiempos involucrando a diversos sectores. La atención se centra no sólo en comer para sobrevivir, sino en estar informados de lo que comemos para disfrutar de una mejor calidad de vida. La dieta es ahora reconocida como importante, no sólo desde el punto de vista de la nutrición, sino también para la prevención y cura de enfermedades, especialmente cuando éstas son causadas por una alimentación insuficiente, excesiva o desequilibrada.

Es importante tener en claro que no es correcto clasificar a los alimentos de nuestra dieta en "buenos" y "malos", ya que eso no depende de la naturaleza del propio alimento, sino del uso que de ellos se haga en términos de frecuencia de consumo y cantidad. En este sentido, su beneficio dependerá del uso que cada persona le dé y de la relación entre alimentos y circunstancias fisiológicas, como edad, sexo, condición física, embarazo o lactancia y patológicas propias de cada individuo (padecer diabetes, hipertensión, ser celíaco, intolerante a la lactosa, alérgico a un determinado producto, o sufrir un determinado trastorno metabólico). La situación ideal sería poder incorporar una alimentación completa y variada. La dieta es completa cuando el individuo incorpora todos los nutrientes necesarios para mantenerse sano y fuerte.

¿Qué son las necesidades nutricionales? Son las cantidades de energía y nutrientes esenciales que cada persona requiere para lograr que su organismo se mantenga sano y pueda desarrollar sus variadas y complejas funciones. Las necesidades nutricionales dependen de la edad, el sexo, la actividad física y el estado fisiológico (embarazo, lactancia, etc.). La energía y los nutrientes son aportados por los alimentos.

¿Por qué se llaman nutrientes esenciales? Porque el organismo no es capaz de producirlos y deben ser incorporados mediante los alimentos. Son nutrientes esenciales las proteínas (algunos aminoácidos), algunos ácidos grasos, las vitaminas, las sales minerales y el agua. Cuando nuestro cuerpo no recibe alguno de estos nutrientes indispensables durante un período prolongado de tiempo, el organismo se enferma y hasta muere. Como parte de la adopción de hábitos saludables, es importante saber qué nutrientes incorporamos en la dieta.

La última recomendación de la OMS y la FAO (Organización Mundial de la Salud y Organización para la Agricultura y la Alimentación) en relación con la nutrición humana y la salud, es la incorporación de una dieta variada y equilibrada que comprenda un 75% de alimentos de origen vegetal y un 25% de origen animal. La OMS recomienda un alto consumo de alimentos ricos en energía diluida, ricos en polisacáridos no amiláceos como los presentes en garbanzo y algunas verduras y frutas.

El Grupo de Expertos provenientes de todos los países y convocados por la FAO y la OMS estableció las recomendaciones dietéticas. La ingesta diaria recomendada es de 2000 Kcal[1], y corresponde a los grandes grupos de componentes nutricionales necesarios para el ser humano tales como las proteínas (25-30%), los carbohidratos (55-60%, donde el 3% es fibra), los lípidos (6-8%, principalmente aceites), los minerales y las vitaminas.

[1] La energía se expresa a menudo como la energía bruta o mega-joule por kilogramo (MJ/kg) o como un valor calórico (kilocaloría en cien gramos (Kcal/100 g) y se refiere a la cantidad de energía contenida en un alimento.



Numerosos estudios epidemiológicos han demostrado que una dieta basada en vegetales reduce el riesgo de muchas enfermedades crónicas. El reino de las plantas satisface una importante parte de la dieta humana y, dependiendo de las especies de plantas, diferentes partes de las mismas son utilizadas: raíces, tubérculos, tallos, hojas, flores, frutos y semillas.

La familia de las leguminosas es una de los más grandes en términos de número de especies. El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una de las leguminosas más importantes en el mundo, sobre la base del total de la producción, después de la soja, el maní y los porotos. El garbanzo es un alimento utilizado para consumo humano por su valor nutricional, sus buenas propiedades de conservación y múltiples formas de uso, por lo cual forma parte de la cultura alimenticia de numerosos países. A nivel mundial se destinan, como alimento en países de los cinco continentes, aproximadamente 8 millones de toneladas anuales, reemplazando o complementando a la proteína de origen animal.

El consumo se hace principalmente como grano entero o molido; esto contribuye a que se emplee en distintas formas, como aperitivo, plato principal y confituras. Como grano molido integra numerosas recetas, tanto en forma de pasta o integrante de harinas. La condición de grano seco es importante para la conservación y el transporte, lo que permite que sea almacenado por largo tiempo, y enviado a grandes distancias en bolsas sin sufrir deterioro.

Los valores de energía del garbanzo se han reportado en 14-18 MJ/kg (334-437 Kcal/100 g) para los tipo Desi y 15-19 MJ/kg (357-446 Kcal/100 g) para los tipo Kabuli. Estos últimos, generalmente tienen valores de energía ligeramente más altos que los Desi, cultivados bajo idénticas condiciones, debido a un componente de cubierta de la semilla más pequeña.

En cuanto a las propiedades nutritivas, el grano de garbanzo es considerado un excelente alimento por ser fuente de alto contenido de hidratos de carbono (incluyendo a las fibras alimentarias) y proteínas, bajo contenido de aceite, vitaminas del complejo B y minerales de alto valor nutricional. Además, los beneficios sobre la salud incluyen las propiedades de alta degradación estomacal y

digestibilidad. Junto a su valor nutricional, este grano posee componentes bioactivos, los cuales son beneficiosos en bajas cantidades ya que participan en el metabolismo, tanto humano como animal, mejorando las funciones metabólicas y previniendo de enfermedades por su efecto anticancerígeno, hipocolesterolémico o hipoglucemiantes.

Entre los fitoquimicos bioactivos del garbanzo se encuentran los ácidos grasos Omega 9, Omega 6 y Omega 3; los tocoferoles como el tocoferol alfa o vitamina E con efecto antioxidante; elementos minerales tales como hierro, cobalto, cinc, selenio; aminoácidos esenciales como el triptófano, el cual es precursor de la hormona serotonina que cumple, entre otras funciones, la de producir sensación de bienestar. También se encuentran azucares como la rafinosa y el ciceritol que forman parte de la fibra alimentaria beneficiosa para la función digestiva intestinal; pigmentos como los flavonoides con actividad antioxidante e isoflavonoides con actividad fitoestrogénica que ayudan a reducir los efectos de la menopausia. Otros componentes fitoquimicos bioactivos de importancia presentes en el garbanzo son las proteínas (proteasas inhibidores, a-amilasas y lectinas), glucósidos (a-galactósidos, vicina y convicina), taninos, saponinas y alcaloides.

Los estudios sobre composición proximal (porcentaje de cada uno de los componentes químicos y nutricionales) realizados hasta el momento tanto a nivel mundial como nacional demuestran en detalle la composición bioquímica del grano tipo Kabuli y como ésta es afectada por el genotipo, el ambiente donde se desarrollan y las prácticas de manejo utilizadas para el cultivo.

El contenido total de hidratos de carbono (entre el 54 y el 71% sobre peso total del grano) y la fracción lipídica de este grano (3,4% a 8,8%) son los más altos entre las legumbres secas. Por otro lado, la fracción proteica comprende entre el 12,6 y el 29,0% (6, 10). La ingesta diaria de una porción de 80 g de garbanzos cocidos (IDR) constituye un importante aporte para cubrir las necesidades de todos los componentes nutricionales (4, 9) recomendados por el Código Alimentario Argentino. Este alimento carece de colesterol y es bajo en sodio además de ser buena fuente de hidratos de carbono, fibras

dietarías, proteínas y cobre, así como también folatos y manganeso (Tabla 14.1 y Lámina 14.1).

Tabla 14.1: Aporte energético y nutricional del garbanzo (porción de 80 gramos) según la ingesta diaria recomendada (IDR) por el Código Alimentario Argentino y la FAO en base a una dieta de 2000 Kcal-8400 KJ. (2, 3, 4, 7, 8, 9, 10).

	IDR	Contenido sobre 80 g de garbanzo crudo	Aporte sobre 80 g de garbanzo a IDR (%)
Valor Energético	2000 Kcal-8400 KJ		
Carbohidratos Totales	300 g	46,4 g	15,5%
Proteínas	75 g	17,2 g	22,9%
Grasas Totales	55 g	5,4 g	9,8%
Fibra Alimentaria	25 g	8 g	32%
Grasas Saturadas	22 g	1 g	4,5%
***Grasas Monoinsaturadas (Omega 9)**	9,4 g	2,1 g	22,34%
***Grasa Poliinsaturadas (Omega 6 y 3)**	4,4 g	3,7 g	84%
Vitamina E	10 mg	4,8 mg	48%
Vitamina A	600 µg	39,2 µg	6,50%
Vitamina C	45 mg	1,1 mg	24,5%
Tiamina (B1)	1.2 mg	0,3 mg	25%
Riboflavina (B2)	1,3 mg	0,2 mg	15%
Niacina (B3)	16 mg	1,4 mg	8,75%
Vitamina B6	1,3 mg	0,4 mg	30,80%
Ácido Fólico	400 µg	349 µg	87%
Ácido Pantoténico (B5)	5 mg	0,8 mg	16%
Sodio	2400 mg	19 mg	0,79%
Calcio	1000 mg	128 mg	12,8%
Hierro	14 mg	4,5 mg	32%

Tabla 14.1: Aporte energético y nutricional del garbanzo (porción de 80 gramos) según la ingesta diaria recomendada (IDR) por el Código Alimentario Argentino y la FAO en base a una dieta de 2000 Kcal-8400 KJ. (2, 3, 4, 7, 8, 9, 10) (Cont.).

	IDR	Contenido sobre 80 g de garbanzo crudo	Aporte sobre 80 g de garbanzo a IDR (%)
Magnesio	260 mg	125,6 mg	48,3%
Zinc	7 mg	2,8 mg	40%
Vitamina K	65 µg	7,2 µg	11%
Colina	550 mg	76 µg	13,80%
Fósforo	700 mg	386 mg	55%
Cobre	900 µg	880 µg	97,70%
Selenio	34 µg	7,4 µg	21,8%
Molibdeno	45 µg	283,2 µg	630%
Cromo	35 µg	24,8 µg	71%
Manganeso	2,3 mg	2,5 mg	108,7%
Potasio		1264 mg	
Cobalto		19 µg	
	Aminoacidos (mg/g proteína)		
Histidina	15	27,5	
Lisina	45	68	
Isoleucina	30	44	
Leucina	59	72	
Metionina+Cisteína	22	27	
Fenilalanina+Tirosina	38	77	
Treonina	23	38	
Triptofano	6	10	
Valina	39	43	



Valor nutricional

Carbohidratos

Esta legumbre es una fuente muy importante de hidratos de carbono los cuales son nutricionalmente muy beneficiosos y su contenido varía entre 51-65% en el tipo Desi y 54-71% en el tipo Kabuli. Las principales clases de carbohidratos son: monosacáridos, disacáridos, oligosacáridos y polisacáridos (6, 10).

Los monosacáridos son unidades de azúcar individuales, mientras que los disacáridos consisten en dos monosacáridos unidos por un enlace glicosídico. Monosacáridos libres y disacáridos son las fuentes más fácilmente disponibles de energía, sin embargo, sólo pequeñas cantidades están presentes en las semillas secas de las legumbres.

La mayoría de los azúcares se encuentran como oligosacáridos y polisacáridos. Los monosacáridos más comunes en el grano de garbanzo son la glucosa (0,7% sobre el 100% del peso del grano), la fructosa (0,25%), la ribosa (0,1%) y la galactosa (0,05%), y los disacáridos más abundantes son la sacarosa (1-2%) y la maltosa (0,6%). Los oligosacáridos se definen generalmente como azúcares poliméricos compuestos de 2 a 4 monosacáridos. Las semillas de las leguminosas son una importante fuente de la familia de oligosacáridos. Estos compuestos a menudo se consideran antinutricionales porque no pueden ser ni hidrolizados ni absorbidos por el sistema digestivo humano y pasan al intestino grueso donde son sometidos a fermentación por las bacterias del colon con la liberación de gases que causan flatulencia.

Los oligosacáridos, por lo tanto, pueden ser clasificados como parte de la fibra dietética o alimentaria. El garbanzo contiene 0,4-2,8% en los tipo Desi y 1,2 a 3,9% en los tipo Kabuli. Los oligosacáridos más importantes de garbanzo son la rafinosa, la estaquiosa, el ciceritol y la verbascosa en cantidades de hasta 2,2%, 6,5%, 3,1% y 0,4% respectivamente. Curiosamente el ciceritol, que fue descubierto en el año 1983, es el oligosacárido más abundante en el garbanzo y a esto debe su nombre. Está presente en unas pocas legumbres como lentejas, altramuces y frijol, y a diferencia de

la rafinosa, estaquinosa y verbascosa, que son responsables de ocasionar flatulencia, el ciceritol no contribuye significativamente a producir este efecto.

Los polisacáridos son polímeros de monosacáridos o azucares de alto peso molecular (más de 4 monosacaridos). Se clasifican generalmente por su función en las plantas, ya sea como fuente de reserva de energía o proporcionando apoyo estructural. Los dos principales polisacáridos de almacenamiento en las legumbres son los galactomananos y el almidón, el garbanzo contiene sólo almidón.

El almidón es el principal constituyente de carbohidrato en las semillas de garbanzo (30-57%), y es la principal fuente de energía alimentaria. Se compone de dos tipos de polímeros de glucosa (amilosa y amilopectina) con diferentes propiedades. La amilosa es una molécula esencialmente lineal y en los tipos Kabuli representa entre un 23 a un 47%, el porcentaje restante es amilopectina (53-77%), una molécula altamente ramificada.

Comparativamente, los almidones de cereales contienen menos amilosa (20-25%) y más amilopectina (75-80%) que las legumbres. Los almidones de las leguminosas también difieren de los almidones de los cereales y tubérculos en términos de estructura de gránulo de almidón y la cristalinidad, por lo que el almidón es denominado de tipo C. El tipo de almidón (A, B o C), y la proporción de amilosa y amilopectina y sus respectivas características, son responsables de muchas de las diferencias de las harinas y el comportamiento de la masa durante el procesamiento entre las diferentes semillas. Tras la ingestión, el almidón es escindido por la a-amilasa pancreática en el duodeno y se hidroliza por enzimas en el intestino delgado para producir glucosa, que además de ser la unidad de energía que utiliza el organismo, es la forma como puede absorberse y utilizarse (6, 10).

El almidón de las leguminosas es menos digerible que el almidón de los cereales, posiblemente debido a la amilopectina que es muy higroscópica; por ello el grano precisa hidratarse.

Los polisacáridos que no son parte del almidón se clasifican en solubles o insolubles (6, 10). Los solubles incluyen a las hemicelulosas y las sustancias pécticas, mientras que los insolubles



incluyen a la celulosa, hemicelulosa insoluble y algunos otros polisacáridos. La celulosa está presente en las paredes celulares de las plantas y contribuye a dar mayor rigidez y resistencia a las estructuras vegetales (a menudo denominado como fibra cruda). Los garbanzos tipo Kabuli tienen alrededor del 5,1% de celulosa.

La fibra dietaria o alimentaria está constituida por el almidón resistente, los polisacáridos solubles e insolubles y los oligosacáridos no digeribles, y se clasifican como carbohidratos no disponibles. La lignina, que no es un carbohidrato, también forma parte de la fibra dietaria. En comparación con otros granos, las semillas de leguminosas se caracterizan por su contenido relativamente alto de fibra alimentaria. Gran parte de esta fracción está formada por la cubierta de la semilla, y en los tipos Kabuli es del 20% del peso total del grano.

Una dieta alta en fibras proporciona muchos beneficios para la salud, especialmente cuando la obesidad, las enfermedades del corazón y la diabetes son un problema creciente. La presencia de fibra en el lumen intestinal arrastra los excesos de azúcares y grasas, evitando su absorción. Así también, puede ligar y evitar la absorción de minerales como calcio, hierro y zinc. La función propia de la fibra alimentaria es la de agilizar el tránsito intestinal, por ello no se recomienda en personas con diarrea.

Proteínas

La mayoría de las legumbres tienen altos contenidos de nitrógeno, debido a su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico a través de una asociación simbiótica con microbios del suelo. La proteína en la dieta es esencial para proporcionar al cuerpo aminoácidos que sirven para construir nuevas proteínas para la reparación de tejidos y la sustitución, y para sintetizar enzimas, anticuerpos y hormonas. El contenido de proteína en el garbanzo va del 16,7% al 30,6% en los Desi y del 12,6% al 29,0% en los Kabuli, y es comparativamente de 2-3 veces más alta que en los granos de cereales.

La calidad de la proteína depende de tener todos los aminoácidos esenciales en las proporciones adecuadas. Si uno o más aminoácidos no están presentes en cantidades suficientes, la proteína se considera incompleta para una dieta nutricionalmente equilibrada. Para el Instituto de Alimentación y Nutrición del Consejo de Administración de Medicina de los EEUU, la proteína del garbanzo tiene una distribución óptima y suficiente de aminoácidos esenciales, por lo que es considerada una proteína de alta calidad. Además, es muy buena fuente de aminoácidos tales como la lisina y el triptófano.

Lípidos

El garbanzo presenta mayor contenido de aceite (lípidos) que otras legumbres. La concentración total de lípidos en los tipos Desi y Kabuli oscila entre 2,9% a 7,4% y 3,4% a 8,8% respectivamente. Si bien es alto comparado con otras legumbres secas tales como las lentejas, las arvejas y el poroto, es bajo en relación a otras leguminosas de grano como por la soja y el maní.

Teniendo en cuenta la calidad nutricional de esta legumbre, la fracción de aceite se compone principalmente de ácidos grasos insaturados (62-67%); mono-insaturados (19-26%) y saturados (12-14%) (6, 7, 8, 10). El ácido graso poli-insaturado omega (ω) – 6 o linoléico es el principal ácido graso presente en el aceite de garbanzo (46-62% de los ácidos grasos totales), seguido del ácido graso omega (ω) – 9 o ácido oleico. Cabe destacar además, la presencia del ácido graso poli-insaturado tipo omega (ω) 3 o alfa-linolénico (2,2-3,9%) que es muy poco frecuente de encontrar entre los granos utilizados para consumo humano directo, entre los que se destacan el lino, la soja, la chía, la canola/colza y las nueces.

Los ácidos grasos omega (ω) – 6 y omega (ω) – 3 son considerados esenciales para el metabolismo humano y al no ser sintetizados por el organismo deben ser incorporados a través de la dieta (2).

Estos ácidos grasos esenciales son necesarios para el normal crecimiento, las funciones fisiológicas y mantenimiento celular. El ácido graso omega (ω) – 3 es precursor de los ácidos grasos poli-



insaturados omega (ϕ) – 3 de cadena larga (ϕ-3LCPUFA) o ácido eicosapentaenóico (EPA) y el docosahexaenóico (DHA), los cuales producen una gran cantidad de productos metabólicos de poderosa bioactividad y poseen efectos citoprotectores, especialmente actividad anti-inflamatoria. También contribuyen a la prevención y al tratamiento de un importante número de enfermedades cardiovasculares, aterosclerosis y neurodegenerativas tales como artritis reumatoidea e isquemia, y efectos benéficos para disminuir el colesterol (hipocolesterolémicos) (2).

La incorporación de garbanzos en una dieta saludable ayuda a aumentar los ácidos grasos poli-insaturados (PUFA) esenciales para el ser humano. El ácido graso oléico omega (ϕ) – 9 confiere a los granos propiedades de baja oxidación, lo que es importante para el almacenamiento, además de tener efectos hipocolesterolemicos para el ser humano.

Los tocoferoles y fitoesteroles son compuestos bioactivos conocidos por su actividad antioxidante. Existen cuatro formas diferentes de tocoferoles (alfa, beta, gamma y delta) en aceite de garbanzos, con valores relativamente constantes entre los genotipos. El aceite de garbanzo es rico en tocoferoles y fitoesteroles conteniendo la mayor cantidad de alfa-tocoferol entre las leguminosas (hasta 13,7 mg/100 g). El tocoferol principal en garbanzo es el gamma, siendo el antioxidante de la fracción lipídica natural de las semillas. Estos compuestos bioactivos además de proteger al aceite de la semilla de su oxidación, son nutricionalmente importantes como fuente de vitamina E (alfa tocoferol), como también lo son los fitoesteroles por su efecto hipocolesterolemicos (6, 7, 8, 10).

Minerales

Los elementos minerales denominados esenciales deben ser incorporados a través de la dieta. Macronutrientes minerales como el potasio (K), calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg), y micronutrientes, tales como hierro (Fe), zinc (Zn), cobre (Cu), manganeso (Mn) son necesarios en la dieta humana. El garbanzo al

ser rico en elementos minerales, se ha convertido en una importante fuente de vitaminas y minerales siendo un excelente complemento en una dieta a base de cereales y verduras.

Composición nutricional del grano y mejoramiento genético del garbanzo en Argentina

La expansión de este cultivo en la Argentina, ha impulsado la necesidad de desarrollar nuevos genotipos que satisfagan las necesidades de la oferta del mercado local y global para el consumo humano.

Estudios realizados conjuntamente entre el Programa de Mejoramiento Genético del garbanzo, el Laboratorio de Calidad de Granos de la Estación Experimental Manfredi de INTA y el grupo de Espectro Química del Centro de Excelencia en Productos y Procesos (CEPROCOR-MINCyT), demuestran que la composición química y nutricional de los granos de garbanzo de genotipos tipo Kabuli poseen un destacado valor nutricional, siendo muy beneficiosos para consumo humano.

Los resultados obtenidos en los estudios realizados (7, 8) se detallan en la Tabla 14.1. y la Lamina 14.1. La composición química de los 14 genotipos de garbanzo desarrollados en Argentina es acorde a los valores reportados por estudios realizados en otros países (6, 10) y demuestra que el garbanzo, además de ser una importante fuente vegetal de hidratos de carbono, proteínas, aceite y minerales, posee un alto valor nutritivo gracias a los componentes químicos de importancia nutricional.



Recetas

La comida resulta una fuente de gratificación y placer que, combinada con la buena nutrición, es un componente vital para la salud y la calidad de vida. En consecuencia, es importante encontrar maneras variadas, ricas y sanas de combinar los alimentos para conformar una alimentación adecuada.

Hummus

Ingredientes: 200 g de garbanzos cocidos, 2 dientes de ajo, 5 g de pasta de sésamo, 4 cucharadas de aceite de oliva, 4 cucharadas de jugo de limón, sal y pimienta negra a gusto, 1 ramita de perejil.

Procedimiento: dejar los garbanzos en remojo durante toda la noche. Cocinarlos en abundante agua alrededor de 1 hora hasta que estén bien tiernos. Escurrir y dejar enfriar. Procesar los garbanzos junto con el ajo, la pasta de sésamo, el aceite, el limón, la sal y pimienta recién molida. Rectificar la sazón y dar otro golpe de procesador. Presentar sobre hojas de lechuga y espolvorear con perejil picado. Rodear con aceitunas negras y con rodajas finas de tomate, pepino y cebolla. Servir a temperatura ambiente. La pasta de sésamo, llamada "tahini", se puede reemplazar por semillas de sésamo machacadas.

Ensalada de garbanzo y queso

Ingredientes: 300 g de garbanzos, 150 g de queso cuartirolo, 1 cebolla, 1 planta de lechuga, 1 limón, 1 cucharada de perejil picado, aceite, sal y pimienta a gusto.

Preparación: remojar los garbanzos y cocinarlos en abundante agua durante 1 hora hasta que estén casi tiernos. Cortar el queso en dados y la cebolla en juliana fina y mezclar ambas cosas. Por otro lado, hacer un aderezo con el jugo de limón, el perejil, aceite, sal y pimienta. Aderezar los garbanzos y mantener en la heladera hasta el momento de servir. Cortar las hojas de lechuga en juliana y disponer

en una fuente y colocar los garbanzos por encima, decorar con huevos duros. Ideal para acompañar carnes asadas.

Ensalada verde

Ingredientes: 2 manzanas verdes, 200 g de garbanzo cocido, planta de apio mediana, aceite, jugo de limón, 1 cucharada de mayonesa o de queso crema.

Preparación: cortar en cuadraditos la manzana y el apio y colocar juntos con los garbanzos en una fuente, aderezar con sal, limón, aceite y queso crema o mayonesa.

Potaje de garbanzo con acelga

Ingredientes: 300 g de garbanzos, 1 cebolla grande, 2 dientes de ajo, 150 g de panceta, 2 chorizos colorados, 2 cucharadas de aceite, 1 atado de acelga, 2 huevos duros, sal y pimienta a gusto.

Procedimiento: remojar los garbanzos toda la noche. Cocinarlos en abundante agua durante 1 hora, hasta que estén casi tiernos. Mientras tanto picar finamente la cebolla y el ajo, cortar la panceta en daditos y los chorizos en rodajas. Rehogar todo junto en una cazuela con el aceite caliente hasta que la cebolla esté transparente. Aparte cortar la acelga en juliana. Escurrir los garbanzos, conservando el agua de la cocción, y echarlos en la cazuela. Añadir la acelga, cubrir con el agua reservada y salpimentar. Tapar y cocinar durante unos 15 minutos, hasta que los garbanzos estén tiernos. Picar los huevos duros y esparcirlos sobre el potaje. Servir caliente.

Pollo aromático

Ingredientes: 1 pollo, aceite de oliva, 250 g de cebollas, 2 dientes de ajo, 1 cucharadita de coriandro, romero y laurel, a gusto. 1 lata de tomates, 1 vaso de vino blanco, 500 g de garbanzos, 1 cucharadita de pimienta.

Preparación: cortar el pollo en presas y dorarlo en una sartén con el aceite. Pasarlo a una asadera y reservarlo. En la misma sartén dorar las cebollas en julianas y los ajos picados. Aromatizar con el coriandro, el romero y laurel. Incorporar los tomates picados y el vino. Condimentar con la pimienta, cocinar 5 minutos y volcar sobre el pollo, llevar a horno caliente alrededor de 1/2 hora, agregando los garbanzos (que ya están cocinados) 15 minutos antes de completar la cocción. Servir bien caliente (Lamina 14.1).

Cocido español

Ingredientes: 500 g de garbanzos, 600 g de falda de ternera, 500 g de jamón, 500 g de costilla de cerdo, 250 g de cabeza de cerdo, 500 g de pollo, 300 g de panceta de cerdo, 8 chorizos, 2 patitas de cerdo, 8 papas medianas, 1 repollo.

Preparación: Limpiar la carne de cerdo. Dejarla durante 5 o 6 horas en remojo para que pierda un poco la sal. Colocar una cacerola con agua (de acuerdo a la cantidad de carne) al fuego. Antes de que empiece a hervir echarle la carne, primero la cabeza por ser más dura, y después el resto. La cocción durará un par de horas. En el caldo de cocer la carne, se colocan las papas y la verdura con los chorizos, que previamente se habrán pinchado para que suelten la grasa, lo cual dará buen color y sabor a la papas y una buena sustancia a la verdura. Terminadas estas operaciones, trozar la carne y servir todo muy caliente. Es un plato muy sencillo, pero exquisito y para varios invitados.

Tarta frutal

Ingredientes: ¾ taza de harina de garbanzo, ¼ taza de azúcar, ¾ taza de harina leudante, 1 huevo, 1 taza de leche, 2 cucharadas de jugo de naranja, ralladura de naranja o limón, 60 g de manteca. Para la cubierta, dulce de leche, crema chantilly, kiwi, frutillas o duraznos al natural.

Preparación: dentro de un bol mezclar la harina de garbanzo con el azúcar molida y la harina leudante. Incorporarle el huevo

batido mezclado con leche, el jugo y la ralladura de naranja. Por último agregar la manteca derretida. Mezclar todo muy bien, verter en un molde de 24 cm de diámetro enmantecado y enharinado. Llevar a horno con temperatura media 30 minutos aproximadamente. Retirar y dar vuelta sobre una rejilla. Dejar enfriar. Cubrir con crema chantilly o dulce de leche. Disponer las frutas cubriendo totalmente la tarta. Se le puede dar brillo con mermelada de damasco.

Bombones de garbanzo

Ingredientes: 250 g de harina de garbanzo, 250 g de harina de trigo, 250 g de manteca, 300 g de azúcar integral, 100 g de coco rallado, dulce de leche cantidad necesaria.

Preparación: colocar en una olla profunda, a fuego medio, la manteca; agregar las harinas y revolver permanentemente durante 15 minutos hasta dorar, luego incorporar el azúcar y retirar del fuego. Esperar que la mezcla se entibie y colocar el dulce de leche para que se una la mezcla. Armar los bombones, pasarlos por coco rallado y llevar a heladera. Servir frío. Rinde 30 bombones.

Praliné de garbanzo

Preparación: Colocar en una sartén una medida de garbanzos remojados durante toda la noche, colocar la misma medida de azúcar y de agua. Llevar a fuego fuerte y esperar que se evapore el agua revolviendo de vez en cuando. Cuando el azúcar se adhiera al grano, se baja el fuego y se revuelve rápidamente. El inicio de un caramelo alrededor del garbanzo indica retirar del fuego, se deja enfriar y luego se disfruta (Lamina 14.1).

Bibliografía

1. AOCS. 1998. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. American Oil Chemists' Society, Champaign.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2008. Fat and fatty acids in human nutrition. Report of an expert consultation. FAO Paper 91. FAO Food and Nutrition Paper. Ginebra, Suiza. 180 p.
3. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2011. Statistics Division. http://faostat.fao.org/. Ingreso: 06/2015.
4. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Nutritional requirements. http://www.fao.org/ag/humannutrition /nutrition/es/. Ingreso: 04/2015.
5. ISO 5509. 2000. Animal and vegetable fats and oils: Preparation of methyl esters of fatty acids.
6. Jukanti, A. K.; Gaur, P. M.; Gowda, L. L. C. y R. N. Chibbar. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): A review. British Journal of Nutrition 108: S11-S26.
7. Marioli Nobile, C.; Carreras, J.; Grosso, R.; Inga, M.; Silva, M.; Aguilar, R.; Allende, M.; Badini, R,; y M. Martínez. 2013. Proximate composition and seed lipid components of "kabuli" type chickpea (*Cicer arietinum* L.) from Argentina. Agricultural Science 4 (12): 729-737.
8. Martínez, M.; Carreras, J.; Silva, M.; Marioli Nobile, C.; Aguilar, R.; Turco, M.; Badini, R.; Grosso, R.; Allende, M.; Inga, M. y G. Sphan. 2012. Garbanzo argentino de calidad en origen. I Congreso de Valor Agregado en Origen, XI Curso Internacional de Agricultura de Precisión. EEA INTA Manfredi, Córdoba. http://inta.gob.ar/documentos/garbanzo-argentino-de-calidad-en-origen/. Ingreso: 03/2015.
9. MERCOSUR. 2003. Reglamento técnico MERCOSUR para rotulación de alimentos envasados. GMC Resolución Nº 26/03.

10. Wood, J. A. y M. A. Grusak. 2007. Nutritional value of chickpea. En: Yadav, S. S.; Redden, B.; Chen, W. y B. Sharma (Eds.). Chickpea breeding and management. CAB International, Wallingford, UK. Pp.: 101-142.

CAPÍTULO 15

GARBANZO: AGREGADO DE VALOR Y DESARROLLO COMERCIAL A PARTIR DE LA INVESTIGACIÓN

Beatriz Almada Ackermann

Primos cercanos

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una legumbre de ciclo anual, pertenece a la familia de las Fabáceas, originaria del Lejano Oriente y posteriormente extendida con las migraciones hacia Africa y Europa, para finalmente ser introducida en América por los conquistadores españoles.

Por sus características biológicas, químicas y nutricionales, es similar al maní (1), otra legumbre con la que Argentina obtuvo un liderazgo indiscutido como mayor exportador mundial, y una preeminencia absoluta en términos de calidad, excelencia productiva y fortaleza comercial.

Siendo escasas las diferencias y enormes las similitudes entre estos dos cultivos, es dable colegir que mediando ciertas condiciones, la producción de garbanzo en nuestro país puede alcanzar un alto nivel de desarrollo y competitividad emulando la tarea ejecutada por el cluster manisero[1].

[1] Un cluster es, según Porter (15), una concentración geográfica de compañías e instituciones en un campo determinado, interconectadas y que cooperan entre sí, generando ventajas competitivas, potenciando los esfuerzos colectivos, y constituyendo la mejor expresión sinérgica de una cadena de valor.

Ese sector, tradicionalmente cordobés, fue capaz de desplegar sucesivas transformaciones tecnológicas, estructurales en poco más de 20 años, una verdadera hazaña que le permitió desplazar del mercado a sus competidores, China y Estados Unidos, y posicionarse como proveedor confiable de unas 600.000 toneladas de manufacturas que anualmente son demandadas por más de 80 países.

Uno de los objetivos a los que la industria manisera dio prioridad fue la investigación científica en el área de calidad, entendiendo esto como determinante a la hora de incorporar valor, sumar competitividad y ganar mercados.

Otro de los aspectos que priorizó el sector manisero es el aglutinamiento orgánico y la integración virtuosa de la cadena, en cuyo seno todos los actores trabajan de manera sinérgica y responsable en función de unas determinadas metas de corto, mediano y largo plazo (2).

Gracias al respaldo de evidencia científica demostrativa de la calidad y de sus propiedades diferenciales, el cluster manisero logró en 2007 presentar la primera Denominación de Origen en la historia del maní: "*Maní de Córdoba*" (*Cordoba Peanuts*, como se la conoce en el escenario internacional)[2] (14).

Perspectivas promisorias

Inicialmente, hay factores que permiten augurar buenas perspectivas para el garbanzo en Argentina.

Es un cultivo de invierno, que crece bien en zonas con suelos livianos y que presenta un bajo requerimiento hídrico.

Se está trabajando en mejorar la disponibilidad de herramientas tecnológicas, incluyendo semilla de mayor calidad, técnicas adecuadas para manejo de cosecha y pos-cosecha y sistemas de

[2] D.O. Protegida por Ley Provincial 10.094/2012 promulgada por el voto unánime de todas las bancadas de la Legislatura Unicameral Cordobesa.

producción eficientes que faciliten encarar este cultivo no tradicional. Esto a su vez favorece un aspecto estratégico para el crecimiento sostenible de cualquier país: la diversificación productiva (10, 11).

Sumado a ello, conviene tener en cuenta que, independientemente de los vaivenes de los mercados, determinados productos pertenecen al segmento de los alimentos indispensables para grandes porciones de la población mundial como el trigo, la papa, el maíz y el arroz. El garbanzo pertenece a este grupo; si bien no forma parte de nuestra dieta cotidiana, constituye un alimento primordial en la canasta básica de pueblos de raíz judía y musulmana, además de la población de la India y muchos pueblos mediterráneos (4, 7, 10).

El consumo de garbanzo y productos derivados ha registrado un crecimiento constante en gran parte del mundo. Este incremento se ha visto reforzado en la última década por el auge de las tendencias que en los países desarrollados promueven un nuevo estilo de vida y una alimentación sana, con alimentos naturales, bajos en grasa y con un buen balance nutricional (12).

Los garbanzos son fuentes de proteínas y de fibra, contienen gran cantidad de nutrientes y son ricos en vitaminas y minerales. Se pueden cocinar de varias formas, y su consumo regular contribuye a la prevención de enfermedades (7).

Producción y mercado

Sobre una siembra global de alrededor de 10 millones de hectáreas, la producción anual oscila entre 8 y 9,5 millones de TM. India es el mayor productor (65% del total mundial), seguida por Pakistán (22%) y Turquía (5%). El resto se produce en México, Canadá y, recientemente, en los Estados Unidos de América (9).

Al igual que en el caso del maní, los mayores productores son también los mayores consumidores, mientras que los principales exportadores son países donde las superficies sembradas son

grandes, pero el consumo doméstico es escaso, lo que resulta en la disponibilidad de saldos exportables (1).

Australia es el mayor proveedor de garbanzo para el mercado global, con ventas externas que promedian las 320.000 TM anuales, en tanto que España es el principal importador, con compras que rondan las 60.000 TM (5, 9).

El comercio internacional de esta legumbre involucra entre 540.000 y 700.000 TM al año (9), con precios que son dictados por el libre juego de oferta y demanda, exactamente igual que para el maní. También, al igual que éste, el mercado se caracteriza por una alta volatilidad, careciendo de un organismo que establezca una cotización referencial. Sin embargo, la gravitación de estas circunstancias estarían sobredimensionadas, y buena parte de la incertidumbre que preocupa al sector se debe a la falta de organización de la cadena con la adecuada integración participativa de los productores y a la inexistencia de una política sectorial definida por sus propios artífices (1).

Nace una Cadena de Valor

Argentina logró en 2002 dejar de importar garbanzo para consolidar su autoabastecimiento y comenzar a ganar paulatinamente mercados externos. La demanda inicial surgió de los propios países sudamericanos, que en conjunto importan unas 20.000 TM anuales.

El cultivo sentó su epicentro en la Provincia de Salta (70% de la producción nacional) por lo que adquiere entidad como economía regional[3].

[3] Una economía regional es una actividad productiva, que se desarrolla en una zona geográfica determinada, utilizando materias primas locales y/o procesos que son típicos de esa zona en la cual adquieren características específicas debido a condiciones –agroecológicas, humanas, ambientales o de otra índole– que le son propias, y cuyos bienes o productos resultantes le confieren a la región una identidad diferenciada y reconocida.



Con algunas plantaciones menores en Jujuy, Tucumán y Córdoba, en total se producen unas 63.500 TM anuales[4], cifra insignificante teniendo en cuenta el inmenso potencial que presenta la región para esta actividad (8, 10).

Si bien en nuestro país el garbanzo se consume casi exclusivamente en forma de grano, resulta vital avanzar en sucesivas secuencias de industrialización y promover la elaboración de productos derivados con alta factibilidad de exportación: harina, pasta (hummus) y hasta confituras e ingredientes para diversas preparaciones gastronómicas (10).

La organicidad, tanto como la creación de una sinergia colaborativa, resultan vitales para estimular el crecimiento y otorgar fortaleza a una cadena de valor.

La producción primaria, la industria y el sector exportador deben articularse a fin de compartir los esfuerzos y distribuir la renta de modo transparente y equitativo, atendiendo a los intereses del conjunto, siendo éste interpretado como un entramado productivo-comercial. El sector privado así integrado, a su vez debe establecer firmes vínculos asociativos con los organismos públicos y con las instituciones científicas (16). Con esa base, se puede trabajar en aspectos esenciales como la fijación de un standard homologado, la planificación productiva y la definición de objetivos en función de una esmerada inteligencia comercial, la promoción de las exportaciones, el incremento de la competitividad y la gestión racional de cada una de las etapas (4, 6).

(http://consensoagroindustrial.blogspot.com.ar/2009/11/en-defensa-de-las-economias-regionales.html).

[4] En la campaña 2012 hubo una producción record que se estima en más de 80.000 TM.

Capacidad y Potencial

El procesamiento industrial del garbanzo se asemeja al del maní, el tratamiento arancelario es casi idéntico para ambos productos y sus manufacturas derivadas en lo referente a derechos de exportación y reintegros; las problemáticas que los afectan son parecidas y también se asemejan los desafíos que afrontó y superó el sector manisero y que hoy se plantean para la producción de garbanzo (11).

No son méritos menores que el sector garbancero argentino haya podido revertir su balanza negativa y pasar de importador a exportador; logrando, a pesar de sus reducidas cosechas, crecer en ventas externas, diversificar destinos y llegar a mercados exigentes como algunos Estados Miembros de la Comunidad Europea. Por lo tanto, resulta lógico pensar en la producción de garbanzo como una actividad agro-industrial que cuenta con las capacidades y el potencial para consolidarse como cluster y aprovechar excelentes oportunidades en un mundo que cada vez demanda más y mejores alimentos (12).

Debilidades transformadas en Fortalezas

Otra de las peculiares similitudes entre el maní y el garbanzo es que en nuestro país, debido a factores diversos, ambos cultivos (dentro de su ciclo agrobiológico limitado) se ven impedidos de alcanzar su máximo potencial en tamaño de grano.

El maní argentino casi no produce los granos gigantes que comúnmente ofrece la producción china o estadounidense: los llamados "Jumbo", "Super Jumbo" y "Extra Large". Esa limitante impulsó al sector a mejorar su competitividad mediante el desarrollo de otras potenciales ventajas y el posicionamiento en el mercado de rasgos diferenciadores. Así, el maní argentino apuntó a ganar competitividad con alta performance sanitaria y con rigurosas certificaciones de calidad e inocuidad (2).



No son logros menores ya que permitieron generar una transformación monumental: Argentina, un actor menor en el pasado, pasó a ser líder del mercado internacional, a ser formador de precio y a lograr que el maní argentino tenga una cotización real mayor que la de sus competidores.

Investigación e innovación

Adicionalmente, el sector fue más allá y comenzó a ampliar y diversificar su oferta exportable. Reforzando eficiencia con adecuada planificación de inversiones, la industria comenzó a elaborar y a exportar otras manufacturas: aceite, manteca, harina, snacks.

No podemos afirmar que la espectacular competitividad alcanzada por la agroindustria manisera argentina se debió exclusivamente a un problema de tamaño del grano, pero sí consideramos que al identificar sus debilidades comparativas (grano de menor tamaño, falta de subsidios, falta de tierras aptas, entre otras adversidades), el sector se vio obligado a organizarse, mejorar, investigar, innovar y capacitarse para sobrevivir.

La investigación y la interrelación del sector productivo con los organismos científicos jugaron un rol crucial y estratégico en este proceso transformador (13).

Desarrollo sustentable

El sector del garbanzo tiene en este momento ante sí la oportunidad para transformar sus debilidades en fortalezas y sus limitaciones en ventajas comerciales (3, 11).

Los productores e industriales del garbanzo pueden superar obstáculos y romper viejos paradigmas a través de reconocer algunos puntos básicos y trabajar en ellos:

1. el grano entero para conserva enlatada es sólo uno de los usos que puede tener el garbanzo, no el único;
2. hay otras aplicaciones concretas y viables, entre las cuales, el puré y la harina de garbanzo son las de mayor potencial comercial;
3. en el caso de productos elaborados tales como puré y harina, el tamaño del grano es irrelevante;
4. diversificar la producción incorporando valor agregado debe ser el objetivo natural y estratégico para cualquier sector productivo, sobre todo si dicho agregado de valor no sólo permite transformar una desventaja en fortaleza, sino también generar mayor renta y competitividad para el origen (6).

Productos no tradicionales

En supermercados de distintos países podemos encontrar una interesante variedad de alimentos a base de garbanzo, algunos de ellos muy innovadores (Lámina 15.1).

Además de los tradicionales garbanzos en lata, harina de garbanzo y humus, encontramos: chips, sopa enlatada de garbanzo y espinaca, congelado de garbanzo con bacalao y ensalada de garbanzo y vegetales.

El garbanzo también se ha convertido en un ingrediente apetecible en preparaciones de repostería y en snacks. Actualmente hay una importante oferta de bocadillos dulces, galletitas crocantes y garbanzo con chocolate.

El segmento gourmet y delicatessen también abrió alternativas novedosas. En este rubro, hay aderezos con garbanzo, tomate y olivas; torrejas de garbanzo y lentejas; hummus especiados; fideos, guisados, sopas congeladas y hummus orgánico (12).



Alimentos para bebés y fast-food

Unas de las innovaciones destacadas son los alimentos para bebés, con alto valor nutritivo, excelente textura y sabor: alimento bebible de garbanzo, tomate y carne; puré ecológico de garbanzo, vegetales y pera; y papilla de garbanzo, pollo y pimiento dulce.

En el capítulo de comidas rápidas, los chefs también aportan su creatividad con una creciente variedad de opciones exquisitas, como hamburguesas veganas, picadillo de garbanzo y camote, y hummus con pretzels.

Conclusiones

El garbanzo y sus productos derivados figuran entre los más consumidos y accesibles del mundo. Desde tiempos inmemoriales constituye la base de la alimentación de muchos pueblos.

En la actualidad, sus costos de producción son significativamente menores a los de otros cultivos; su ciclo agrobiológico no entra en conflicto con los otros granos y su requerimiento hídrico es reducido (7).

Por sus notables similitudes con el maní, puede utilizarse el know-how ya desarrollado de aquél para distintos aspectos de su producción y comercialización.

Existen en el país unidades de investigación con larga trayectoria en el estudio de esta legumbre, por lo que se dispone de un importante patrimonio en materia de información, experimentación y recursos humanos científico-técnicos (6, 7).

La experiencia recogida hasta el presente en diversas zonas del país ha sido, en términos generales, positivos y promisorios.

Las alternativas para agregar valor al grano primario son numerosas y factibles, tanto como la diversidad de productos que pueden elaborarse con esta legumbre.

El potencial del garbanzo en Argentina es extraordinario. Sobre la base orgánica de un cluster y con el adecuado respaldo oficial, sus posibilidades de industrialización son económicamente viables y representan una oportunidad concreta de crecimiento para las zonas de origen (13).

Se trata de un sector productivo para el cual están dadas condiciones marcadamente favorables para su desarrollo agroindustrial y comercial, toda vez que dicho desarrollo se encare en el marco de un proyecto sustentable de largo plazo.

Bibliografía

1. Abate T; Alene, A. D.; Bergvinson, D.; Shiferaw, B.; Silim, S.; Orr, A. y S. Asfaw. 2012. Tropical grain legumes in Africa and South Asia: knowledge and opportunities. Nairobi, Kenya. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, ICRISAT. Pp.: 9-14; 15-18; 29-39.
2. Ackermann, B. 2012. El Cluster Manisero Argentino y el desafío de la mejora constante. Ediciones INTA. http://inta.gob.arn /documentos/xxvii-jornada-nacional-de-mani-el-cluster-manisero-argentino-y-el-desafio-de-la-mejora-constante. Ingreso: 03/2015.
3. Agbola, F. W.; Bent, M. J.; Kelley, T. G. y P. Rao. 2000. Factors influencing the demand for chickpea in India: Implications for marketing and promotion in the Indian Chickpea Market. XLIV Australian Agricultural and Resource Economics Society Conference. Sydney, Australia. Pp.: 11-14; 18.
4. Agbola, F. W.; Kelley, T. G.; Bent, M. J. M. y P. P. Rao. 2002. Eliciting and valuing market preferences with traditional food crops: The case of chickpea in India. International Food and Agribusiness Management Review 5 (1): 16-20.
5. Banfi Piazza, S. 2013. Evolución del mercado de los garbanzos. Oficina de Estudios y Políticas Agrarias. Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile. Pp.: 2-4.

6. Beintema, N. 2010.Financial and human capacities in agricultural R&D in developing countries: recent evidence. Session, Capacity Development, CGARD-2010, Montpellier, Francia.

7. Del Moral de la Vega, J.; Mejias Guisado, A. y M. Lopez Morillo. 1996. El cultivo del garbanzo, diseño para una agricultura sostenible. Servicio de Investigación y Desarrollo Tecnológico. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid, España. Pp.: 3-7.

8. Dirección de Mercados Agrícolas, Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, Buenos Aires. 2013. Legumbres - Informes de coyuntura. Newsletter N°68. 2 p.

9. FAO. 2009-2013. FAOSTAT. http://faostat3.fao.org/download /Q/QC/E. Ingreso: 11/2014.

10. Garzon, J. M. 2013. Actualidad y perspectivas de la producción de garbanzo en Argentina. IERAL, Fundación Mediterránea. Año 19 - Edición N°120. Pp.: 4-11; 19-21.

11. Gowda, C. L. L. y P. M. Gaur. 2003. Global scenario of chickpea research - present status and future thrusts. National Symposium on Crop Diversification and Natural Resource Management, Indian Institute of Pulse Research. Kanpur, India. Pp.: 14-16.

12. Kesmoder, D. y O. Fletcher. 2013. Hummus is conquering America - Tobacco farmers open fields to chickpeas. The Wall Street Journal. Business. 4/2013.

13. Macharia, I.; Orrb, A.; Simtoweb, F. y S. Asfaw. 2012. Potential economic and poverty impact of improved chickpea technologies in Ethiopia. International Association of Agricultural Economists (IAAE), Triennial Conference, Foz do Iguaçu, Brazil. Pp.: 3-6; 17-18.

14. Martinez, M. J.; Nassetta, M.; Ricca, A. P.; Badini, R.; Silva Colome, M.; Aguilar, R.; Cañas, I.; Rojas, D. E.; Inga, M.; Spahn, G.; Poliotti, V.; Ackermann, B. y N. R. Grosso. 2012. Análisis de la calidad e inocuidad del maní de Córdoba: contribución a su

denominación de origen. XXVII Jornada Nacional de Maní. Gral. Cabrera, Córdoba, Argentina.

15. Porter, M. 2011. Clusters and the new economics of competition. Harvard Business Review. Pp.: 3-8; 9-11.
16. Simtowe, F.; Shiferaw, B.; Asfaw, S.; Abate, T.; Monyo, E.; Siambi, M. y G. Muricho. 2010. Socioeconomic assessment of baseline pigeonpea and groundnut production conditions, farmer technology choice, market linkages, institutions and poverty in rural Malawi. Research Report N°6. Markets, Institutions and Policies. ICRISAT, Andhra Pradesh, India. 95 p.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Si se piensa en el cultivo de garbanzo seguramente se hará desde una mirada productiva; sin embargo en este Capítulo se mostrarán diversas contribuciones de trabajo sobre esta leguminosa, referidos a la formación de recursos humanos. Es decir, el garbanzo como materia prima o como sustrato para diversas experimentaciones y que, en la interacción docente-investigador-alumno dieron a luz diversos trabajos que permitieron a los participantes acceder a su título de posgrado, grado o cubrir parte de las exigencias curriculares a través de iniciaciones profesionales, áreas de consolidación, entre otros.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

SECCIÓN 1

EL GARBANZO EN EL CAMPO ESCUELA

Ricardo H. Maich

Hay varias consideraciones agronómicas para obtener buenos resultados en garbanzo. En principio se recomienda que el suelo haya almacenado suficiente agua si el cultivo se conducirá en secano, usar semilla certificada, sembrar en época y con densidades adecuadas, usar inoculante, herbicidas, fungicidas y bioestimulantes que incrementen las defensas contra enfermedades y plagas. Es primordial además, una cosecha oportuna y almacenaje apropiado del grano.

La fecha de siembra es una de las decisiones más importantes que toma el productor. Diversas variables se deben tener en cuenta al momento de la elección tales como: el agua almacenada en el perfil, la temperatura del suelo, el ciclo del cultivo, el periodo libre de heladas y los pronósticos de lluvias.

A lo largo de un quinquenio, en el que se evalúo el cultivo de garbanzo en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC), el agua almacenada medida a la siembra

estuvo entre 160 y 200 mm de agua útil hasta los dos metros de profundidad. La temperatura de suelo disminuyó progresivamente desde la siembra de abril a la de junio, retrasando considerablemente la emergencia del cultivo desde 15 días (abril) a 30 días (junio). La probabilidad de heladas tardías se ubica en el 10% a partir de la segunda quincena de setiembre. Es digno destacar que el garbanzo es muy tolerante a las bajas temperaturas durante al estado vegetativo; de acontecer una helada durante la etapa reproductiva florece tantas veces como sea necesario.

En cuanto a los pronósticos climáticos, y como se mencionará más adelante cuando se trate el tema del riego suplementario, la ocurrencia de precipitaciones durante el periodo crítico (alrededor de plena floración) sería más que beneficioso para la determinación de rendimiento en grano.

Los resultados (1604,8 kg/ha, promedio de cinco campañas), señalan al mes de mayo como el mes en el que se debería sembrar el garbanzo. Las diferencias en rendimiento a favor de la siembra de mayo fueron del 16% respecto a abril (1383,4 kg/ha), y del 52% en relación a junio (1059 kg/ha). Cabe mencionarse que las siembras de mayo ubicaron la floración del cultivo hacia fines de setiembre.

En la región centro-norte de la Provincia de Córdoba es más conveniente adelantar que retrasar la siembra. La aplicación de riegos suplementarios alrededor del periodo crítico, del orden de los 80 mm en dos riegos de 40 mm distanciados por 15 días, repercutió positivamente sobre el rendimiento en un 38% (1686,9 kg/ha con riego suplementario vs. 1220,5 kg/ha sin riego).

Luego de haber resuelto la fecha de siembra para el área de influencia del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UNC), quedan algunos aspectos técnicos pendientes entre los que se destaca la densidad de siembra. En este contexto se dan a conocer los resultados de un ensayo realizado en el 2012 en el que se evaluaron dos densidades (20 y 40 semillas viables por metro cuadrado) en cuatro fechas de siembra. Paralelamente se condujeron dos ensayos en campo de productores. En estos dos últimos casos, las densidades de plantas logradas fueron: 5-10, 10-15, 20-25 y 30-35 plantas por metro cuadrado. El análisis conjunto de la información

puso en evidencia una asociación lineal positiva entre rendimiento en grano y número de plantas por unidad de superficie.

La información local, coincidente con los resultados aquí presentados, recomienda lograr a cosecha entre 25 y 35 plantas por metro cuadrado. Sin embargo, se suele aconsejar superar las 40, y por qué no lograr 50 plantas por metro cuadrado (1, 2).

Bibliografía

1. Gan, Y. T.; Miller, P. R.; McConkey, B. G.; Zentner, R. P.; Liu, P. H. y C. L. McDonald. 2003. Optimum plant population density for chickpea and dry pea in a semiarid environment. Canadian Journal of Plant Science 83: 1-9.
2. Bahr, A. A. 2007. Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum*). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 3 (4): 220-223.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

SECCIÓN 2

EVALUACIÓN DE DOS FECHAS DE SIEMBRA EN RELACIÓN A LAS VARIABLES DE PRODUCCIÓN EN TRES CULTIVARES EN JAULA DE CRÍA

Rafael Castro

En el ámbito de trabajo del mejoramiento genético se utiliza la jaula de cría o jaulón, la cual es un espacio físico acondicionado para realizar estudios que requieren un seguimiento periódico, actividades de cruzamientos, incremento de volumen de semilla muy escasa o seguimiento de descriptores para caracterización de germoplasma; es decir, cumple variadas funciones.

En dicha jaula se realizó el ensayo que consistió en sembrar tres cultivares de garbanzo (Chañaritos S-156, Norteño y Kiara UNC-INTA) (2, 3, 4) en dos fechas de siembra; una el 7 de mayo (FS1) y otra el 1 de junio (FS2), a los fines de evaluar su incidencia en relación a: días desde emergencia a inicio de floración (DF); rendimiento en kg/ha (R) y peso de 100 semillas (P100). El diseño experimental fue en bloques al azar con dos repeticiones por tratamiento; la parcela experimental fue de 4,8 m^2. En cada tratamiento se realizó curado, inoculado, control de malezas e insectos, de forma similar a las tareas

que se realizan en los campos de producción. Los datos fueron analizados con el programa estadístico Infostat (2008).

Para la siembra del 7 de mayo (FS1) se observó un promedio de 87 días desde emergencia a inicio de floración (DF), mientras que para la fecha del 1 de junio (FS2) la media fue de 78 días, es decir en la última fecha hubo un adelanto de 9 días (1). En la Tabla 16.2.1 se puede observar el comportamiento de los tres cultivares; el más temprano fue Chañaritos S-156 y el más tardío Norteño. Estadísticamente, para ambas fechas, Chañaritos S-156 tuvo un comporamiento similar a Kiara UNC-INTA y Norteño tardó más en florecer.

También se observaron diferencias significativas para el rendimiento (R). En la primera fecha (FS1) se obtuvo un valor promedio de 2856 kg/ha y de 1686 kg/ha para la FS2. En relación al peso de 100 semillas (P100) el valor promedio fue de 49 g y de 42 g para las FS1 y FS2 respectivamente. El cultivar Kiara UNC-INTA, presentó el promedio más alto de P100 en ambas fechas. En la FS2 las temperaturas superiores a 34°C en el mes de noviembre acortaron el período de llenado del grano, mientras que en la FS1 los genotipos se encontraban finalizando dicho período (5, 6, 7). Para Chañaritos S-156 el P100 no presentó diferencias entre ambas fechas de siembra. En cambio en los genotipos de mayor tamaño en la FS2 el P100 se redujo entre 8 a 10 g. Este aspecto se debe tener en consideración cuando se quiera comercializar el producto en el mercado internacional.

Si bien estos son resultados preliminares, puede concluirse que la primera fecha de siembra (7 de mayo) resultó la más adecuada ya que presentó los mayores valores para las variables *días a floración*, *rendimiento* y *peso de 100 semillas*, en condiciones experimentales de jaula de cría.

Tabla 16.2.1. Dos fechas de siembra para tres cultivares con respecto a días de emergencia a floración, rendimiento y peso de 100 semillas.

Fechas	Cultivares	DF	R	P100
FS1	Norteño	95 b	2833 c	50 b
FS1	Chañaritos S-156	82 a	2710 c	41 a
FS1	Kiara UNC-INTA	84 a	3014 c	57 d
FS2	Chañaritos S-156	74 c	2077 b	38 ab
FS2	Kiara UNC-INTA	75 c	1362 a	47 c
FS2	Norteño	86 d	1619 a	42 c

*FS1 fecha de siembra primera (7 de mayo), FS2 fecha de siembra (1 de junio). **DF**: días desde emergencia a floración, **R**: rendimiento, **P100**: peso de 100 semillas en g, (letras diferentes indican diferencias significativas -test LSD 0,05-).*

Bibliografía

1. Biderbost, E. B. J. y J. Villalba del Boca. 1982. Algunos aspectos de la floración, producción de vainas y semillas en garbanzo (*Cicer arietinum* L.) bajo condiciones de campo. Revista Ciencias Agropecuarias III: 49-58.
2. Biderbost, E. y J. Carreras. 2005. Registration of Chañaritos S-156. Chickpea. Crop Science 45 (4): 1653.
3. Carreras, J.; García, S.; Gray, L.; Collavino, N.; Fraile, V. Pastrana, C. y E. Biderbost. 1997. Norteño cultivar de garbanzo para exportación (*Cicer arietinum* L.). Congreso Argentino de Horticultura. Pp.: 126.
4. Carreras, J. 2010. Nuevos cultivares de garbanzo Kiara UNC-INTA y Felipe UNC-INTA. III Jornada Nacional de Garbanzo. Salta, Argentina. Conferencia.
5. Saluzzo, J. A. 2010. Adaptación del cultivo de garbanzo en función de la variabilidad ambiental. III Jornada Nacional de Garbanzo. Salta, Argentina.

6. Saxena, M. C. 1987. Agronomy of Chickpea. En: Saxena, M. C. y K. B. Singh (Eds.). The chickpea. CAB International, Wallington, UK. Pp.: 207-232.

7. Toledo, R. 2013. Cultivos invernales. FCA-UNC http://www.slideshare.net/rubentoledo144/cultivos-invernales-colzagarbanzo. Ingreso: 02/2013.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

SECCIÓN 3

EFECTO DE LA FECHA DE SIEMBRA EN LÍNEAS DE GARBANZO TIPO MEXICANO CON RESPECTO A RENDIMIENTO Y TAMAÑO DE GRANO

Joel F. Guillén

En la campaña 2013/2014, en el establecimiento San Bartolomé de Cañada de Luque, Departamento Río Primero (Córdoba), se realizó un ensayo para medir el efecto de la fecha de siembra en líneas experimentales tipo Mexicano en relación al rendimiento, duración de etapas fenológicas y calidad de grano. El diseño experimental fue de parcelas subdivididas, en bloques completos al azar con 2 repeticiones. La parcela principal correspondió a las fechas de siembra (18 de mayo y 20 de junio) y la sub-parcela a los genotipos: 4 líneas tipo Mexicano, 2 testigos comerciales (Blanco Lechoso Español (BLE) y Kiara UNC-INTA) y la población original (POB). Los materiales Mexicanos son de grano grande (>9 mm), color blanco opaco, surcos o lóbulos bien marcados, tegumento fino.

En relación al rendimiento, las fechas de siembra no presentaron diferencias significativas; para peso de 100 semillas se encontraron diferencias significativas a favor de la primera fecha.

Durante la cosecha se separó grano limpio, uniforme en color, forma, sin daños de insectos y grano sucio representado por granos con presencia de hongos, tegumento dañado o desprendido, blanqueado por lluvias; estos últimos presentan menor valor comercial. En la Figura 16.3.1, se observan los rendimientos obtenidos en cada fecha y el porcentaje de grano limpio vs. sucio, correspondiendo un 66% de grano limpio para la primera fecha, y del 23% para la segunda.

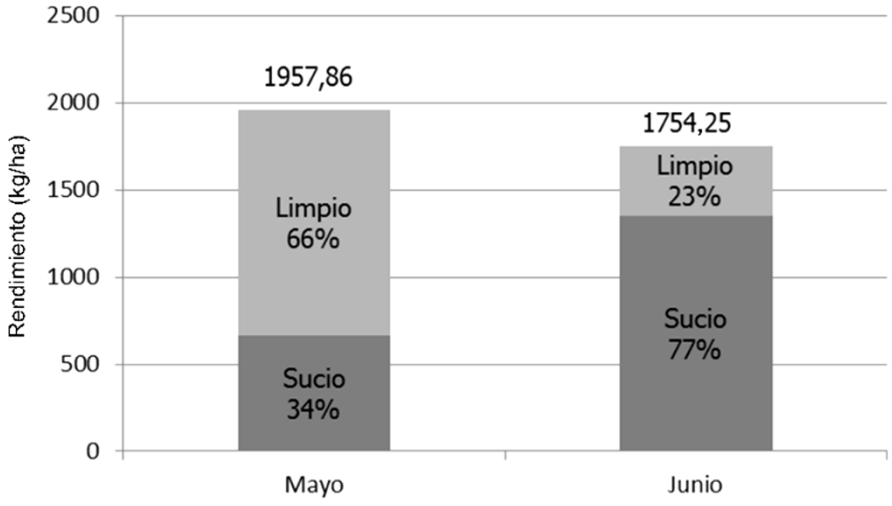


Figura 16.3.1: Relación entre rendimiento y ciclo.

Un indicador comercial es el peso de 100 semillas, como así también el calibre obtenido. En la Figura 16.3.2 se puede observar que el porcentaje correspondiente a la clase 10 mm para la fecha de mayo, fue del 42%, mientras que para la fecha de junio fue del 37%, con un aumento de 29% para el calibre de 7 mm, aspecto de manejo a tener en cuenta en este tipo de materiales. Durante la cosecha, las líneas tipo Mexicano son extremadamente sensibles cuando ocurren lluvias, y se incrementa el porcentaje de granos de menor calidad comercial (1, 4).

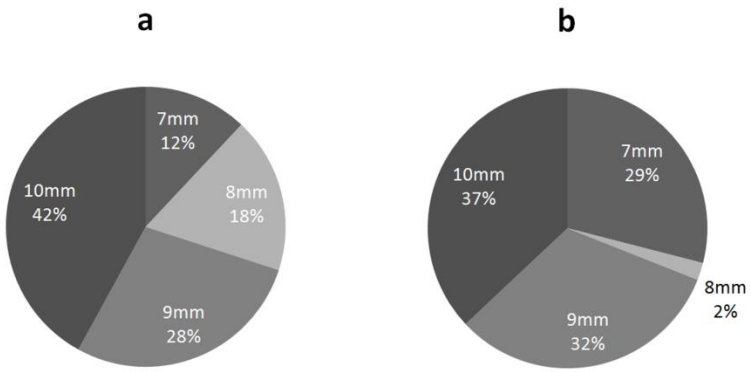


Figura 16.3.2: Porcentaje de calibre obtenido para cada fecha de siembra en a) mayo y b) junio

La elección de la fecha de siembra es un factor a considerar ya que incide en la duración del ciclo del cultivo, el rendimiento y la calidad del producto logrado referido a los calibres a obtener (2, 3).

Bibliografía

1. Allende, M.; Cavallero, J.; Castro, R.; García, S.; Fissore, N. y J. Carreras. 2011. Criterios de seleccion para nuevos cultivares de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) tipo Mexicano. XXXIV Congreso de Horticultura. Buenos Aires, Argentina. Pp.: 20.
2. De Miguel Gordillo, E. 1991. El garbanzo una alternativa para el secano. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp: 123-131.
3. Cirilo, A. G. 2012. ¿Cómo afecta al rendimiento la fecha de siembra? INTA. EEA Pergamino. http://www.Agritotal.com/0 /vnc/nota. Vnc id=2386. Ingreso: 02/2014.
4. García, S.; Fekete, A.; Carreras, J.; Allende, M. y C. López Morillo. 2014. Selección de líneas pre-comerciales de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) tipo Mejicano. XXXVI Congreso de Horticultura. Mendoza, Argentina. Pp.: 40.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

SECCION 4

RESPUESTA NUTRICIONAL DE POLLOS PARRILLEROS A LA INCLUSIÓN DE GARBANZO EN SUS DIETAS

Mariano Cavenio, Daniel Caramello y Daniela Livolsi

La industria avícola presentó su mayor crecimiento en los últimos años, esto merece abordar mejoras en el sector. Para la FAO, hacia el 2022 (1), la carne de pollo será la fuente de proteína de mayor consumo a nivel mundial.

En los costos de producción de las aves, la alimentación representa entre un 50-65% (4), por lo que es necesario disminuir su incidencia. Tradicionalmente, en Argentina, las dietas para aves están hechas a base de maíz y soja, a las que se le suplementa con una pre-mezcla que aporta vitaminas, minerales, aminoácidos y aditivos necesarios para cubrir todos los requerimientos de estos animales.

Por su contenido en hidratos de carbono y proteínas (2), y para evaluar la incidencia del garbanzo cuando se adiciona a la dieta, se efectuó un ensayo donde se adicionó una proporción de harina de descarte (GD). El ensayo consistió en un lote de pollos parrilleros

alimentados con tratamiento 1 (T1: maíz, soja y pre mezcla), tratamiento 2 (T2: maíz, soja, pre-mezcla, garbanzo -GD-). Se utilizaron 200 pollos alojados en dos corrales.

Se realizaron mediciones semanales para verificar el efecto de los tratamientos en el tiempo. En esta primera experiencia, si bien se observaron tendencias, no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos 1 y 2 para peso vivo de las aves a fin de ciclo. Los promedios acumulados, a los 56 días de edad (Figura 16.4.1), estuvieron alrededor de los 3,605 kg para el tratamiento 1 y 3,666 kg para el tratamiento 2.

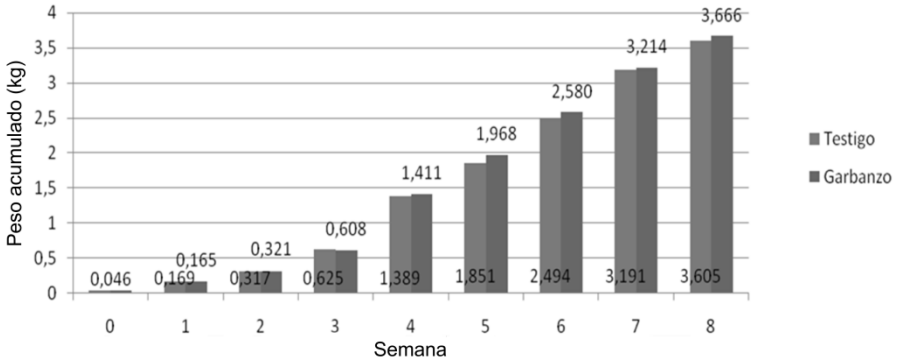


Figura 16.4.1 Evolución del peso vivo de las aves.

El tratamiento 2, resultó una dieta de menor costo, aspecto importante al momento de formular las dietas (Tablas 16.4.1 y 16.4.2).

Tabla 16.4.1: Tratamiento 1. Costo de alimento balanceado. Dietas Testigo.

	Iniciador Tratamiento 1			Crecimiento Tratamiento 1			Terminador Tratamiento 1		
Insumo	% de part.	$/Kg.	$ Total	% de part.	$/Kg.	$ Total	% de part.	$/Kg.	$ Total
Mz	56,26	$ 0,95	$ 53,45	62,08	$ 0,95	$ 58,98	68,25	$ 0,95	$ 64,84
Sj	40,74	$ 2,45	$ 99,81	34,92	$ 2,45	$ 85,55	29,25	$ 2,45	$ 71,66
Premix	3,00	$ 22,00	$ 66,00	3,00	$ 20,00	$ 60,00	2,50	$ 18,00	$ 45,00
	100		$ 219,26	100		$ 204,53	100		$ 181,50
$/Kg. AB			**$ 2,19**			**$ 2,05**			**$ 1,82**

Tabla 16.4.2: Tratamiento 2. Costo de alimento balanceado. Dietas Garbanzo.

	Iniciador Tratamiento 2			Crecimiento Tratamiento 2			Terminador Tratamiento 2		
Insumo	% de part.	$/Kg.	$ Total	% de part.	$/Kg.	$ Total	% de part.	$/kg.	$ Total
Mz	35,89	$ 0,95	$ 34,10	44,62	$ 0,95	$ 42,39	53,63	$ 0,95	$ 50,94
Sj	20,37	$ 2,45	$ 49,91	17,46	$ 2,45	$ 42,78	14,63	$ 2,45	$ 35,83
GD	40,74	$ 1,00	$ 40,74	34,92	$ 1,00	$ 34,92	29,25	$ 1,00	$ 29,25
Premix	3,00	$ 22,00	$ 66,00	3,00	$ 20,00	$ 60,00	2,50	$ 18,00	$ 45,00
	100		$ 190,74	100		$ 180,09	100		$ 161,03
$/Kg. AB			**$ 1,91**			**$ 1,80**			**$ 1,61**

Mz: Maíz; Sj: Expeller de Soja 42%; GD: Garbanzo Descarte; Premix: Núcleo vit./min. + aditivos.

El índice de conversión (IC), parámetro de gran importancia en producción animal, representa el consumo de alimento balanceado (CAB) sobre el peso vivo (PV), El tratamiento 2 presentó un mejor IC, observando valores de 1,63 y 1,49 para T1 y T2 respectivamente al finalizar el ciclo de engorde (Tabla 16.4.3).

Tabla 16.4.3: Índice de conversión, según tratamiento.

Índices Productivos	**Tratamiento 1**	**Tratamiento 2**
CAB promedio (kg/ave)	5,879	5,455
PV/Ave (56 días; (kg/ave)	3,605	3,666
IC	1,63	1,49

El Garbanzo de Descarte (GD), utilizado para reemplazar al maíz y a la soja (tratamiento 2), demostró diferencias respecto al testigo, mejorando el Índice de conversión (IC) y los costos de producción.

El sustituto de garbanzo de descarte en la nutrición de aves, permite lograr un beneficio económico en los sistemas de producción intensivos de carne y huevo, lo cual podría ser trasladado a un menor precio del producto al consumidor final.

Bibliografía

1. FAO. 2013. Perspectivas agrícolas. 2013-2022. http://www.fao.org/docrep/018/i3307s/i3307s.pdf. Ingreso: 03/2015.
2. Marioli Nobile, C.; Carreras, J.; Grosso, R.; Inga, M.; Silva, M.; Aguilar, R.; Allende, M.; Badini, R. y M. J. Martínez. 2013. Proximate composition and seed lipid components of kabuli-type chickpea (*Cicer arietinum* L.) from Argentina. Agricultural Sciences 4 (12): 729-737.
3. Martínez, M. J.; Carreras, J.; Silva, M. C.; Marioli Nobile, C. G.; Aguilar, R.; Turco, M.; Badini, R.; Grosso, R.; Allende, M. J.; Inga, M. C. y G. Sphan. 2012. Garbanzo argentino de calidad en



origen. I Congreso de Valor Agregado en Origen, IX Curso Internacional de Agricultura de Precisión. 18 al 20 de julio 2012. EEA INTA Manfredi, Córdoba, Argentina. http://inta.gob.ar/documentos/garbanzo-argentino-de-calidad-en-origen/. Ingreso: 03/2015.

4. Spadoni, J. y M. Cavenio. 2015. Compendio bibliográfico de producción avícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias – U.N.C. 135 p.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

SECCIÓN 5

INCLUSIÓN DE GARBANZO EN LA PRODUCCIÓN DE CERDOS

Marcos N. Taborda y Daniel A. Caramello

A partir de buenas perspectivas para el sector y la posibilidad de convertir el grano de cereales y oleaginosas en carne, la producción de cerdos en la Argentina se ha incrementado sustancialmente desde el 2010. Las variaciones del precio del cerdo en el mercado conducen a ser más eficientes en la producción disminuyendo los gastos para lograr una mejor rentabilidad. Dentro de los costos de producción, la alimentación representa alrededor del 70%. Es por esto que el uso de materias primas en la elaboración de dietas debe tener una relación equilibrada entre calidad y precio. El descarte de garbanzo (grano fuera de estándar comercial) es una alternativa a tener en cuenta para ser utilizado en las dietas de los cerdos como sustituto proteico y energético. Además de tener un costo inferior al expeller de soja, no altera la calidad de la dieta elaborada (1, 4).

El porcentaje de proteína cruda del garbanzo está alrededor del 21%, lo que representaría aproximadamente la mitad de la proteína cruda aportada por el expeller de soja; sin embargo, la menor

presencia de factores anti-nutricionales (inhibidores de tripsina y quimiotripsina) permitiría su utilización en forma cruda, sin necesidad de un procesado térmico (2). Es por ello que se planteó la incorporación de garbanzo de descarte en ensayos, agregando a la dieta de los cerdos cantidades crecientes del mismo, y midiendo la respuesta animal según distintos porcentajes de inclusión en el balanceado (3).

El primer ensayo se realizó en el Instituto Bachillerato Agrotécnico San José (IBAT San José), en la localidad de Villa del Rosario, y el segundo se realizó en el Establecimiento La Corzuela, ubicado en la localidad de Río Primero, ambos en la Provincia de Córdoba.

Resultados logrados en el primer ensayo

En el primer ensayo (Tablas 16.5.1 y 16.5.2; IBAT San José) se utilizaron 18 cerdos híbridos con un peso inicial promedio de 36 kilos y 92 días de edad. Se reemplazó el 50% de expeller de soja de una dieta tradicional, utilizando garbanzo en una proporción de 28 y 25% del total de la ración, respetando las necesidades nutricionales del animal para cada fase de crecimiento (5). La composición de las dietas se muestra en la Tabla 16.5.1.

Se obtuvo una ganancia diaria de 0,844 kg de peso vivo. Se logró una eficiencia de conversión alimenticia de 2,75 kg en un periodo de 70 días entre los 36 a 96 kg de peso vivo. Al finalizar el ensayo los cerdos contaban con 162 días de vida.



Tabla 16.5.1: Tratamiento al 50% de sustitución de proteína de la dieta.

	Dieta I	**Dieta II**
Categoría	30 a 60 kg	60 a 100 kg
Ingredientes		
Maíz (kg)	550	590
Expeller de soja (kg)	140	130
Descarte de garbanzo (kg)	280	250
Total (kg)	1000	1000
Concentrado PMX (kg)	30	30
Proteína cruda (%) [a]	18	15,5
EM (Mcal/kg MS) [a]	3,25	3,19
Lisina (%) [a]	0,88	0,80

Concentrado PMX AP 3% [MR](Bioter). [a] Calculado con base a valores de (5), excepto para descarte de garbanzo, a la que se le asignaron valores según análisis químico.

Tabla 16.5.2: Datos del primer ensayo.

Número de animales	18
Fecha de inicio	27/05/2013
Fecha de finalización	05/08/2013
Edad al inicio del ensayo (días)	92
Peso Inicial (kg)	36,6
Edad al final del ensayo (días)	162
Peso Final (kg)	95,7
Kg producidos/animal (kg)	59,1
Duración del ensayo (días)	70
Aumento promedio diario (kg)	0,844
Kg consumidos por animal	165
Eficiencia de conversión alimenticia	2,75

Resultados logrados en el segundo ensayo

En el segundo ensayo (Tablas 16.5.3 y 16.5.4; Establecimiento La Corzuela), se utilizaron dos grupos de 40 cerdos híbridos cada uno con un peso promedio de 33,2 kilos y una edad de 78 días. En esta etapa se sustituyó un 50% del expeller de soja, de las dietas de

engorde de cerdos entre los 30 y 100 kilos de peso vivo, con descarte de garbanzo (DG), según las necesidades nutricionales del animal para cada fase de crecimiento (5). Este ensayo fue comparado con un testigo utilizando la dieta tradicional en base a expeller de soja y maíz.

Tabla 16.5.3: Composición y aporte nutricional de las dietas.

	Testigo	**Dieta I**	**Testigo**	**Dieta II**
Categoría	32 a 60 kg		60 a 110 kg	
Ingredientes				
Maiz (kg)	690	550	750	630
Expeller de soja (kg)	280	140	225	115
Descarte garbanzo (kg)	0	280	0	230
Concentrado 3% (kg)	30	30	25	25
Total (kg)	1000	1000	1000	1000
Análisis calculado[a]				
Proteína cruda (%)	17,7	17,6	15,3	15,2
EM (Mcal/kg MS)	3,24	3,27	3,15	3,18
Lisina (%)	0,89	0,88	0,78	0,77

Crecimiento 3% (Nucleo3 ^{MR}). Engorde 2,5% (Nucleo3 ^{MR}). [a] Calculado con base a valores de (5), excepto para descarte de garbanzo, a la que se le asignaron valores según análisis químico.

En el grupo ensayo y en el grupo control, el aumento de peso diario y la conversión alimenticia no presentaron diferencias significativas. Ambos grupos tuvieron un crecimiento similar, logrando ganancias de peso promedio de 0,825 kg/día para la dieta con descarte de garbanzo y 0,843 kg/día para la dieta tradicional (Tabla 16.5.4).

Tabla 16.5.4: Datos del segundo ensayo.

	Ensayo	**Testigo**
N° Animales	40	40
Fecha de inicio	06/10/2014	06/10/2014
Peso inicial (kg)	33,4	33,1
Fecha de finalización	06/10/2014	06/10/2014
Peso final (kg)	102,7	103,9
Aumento peso (kg)	69,3	70,8
Duración del ensayo (días)	84	84
Aumento promedio diario (kg)	0,825	0,843
Kg alimento consumidos por animal	222,8	219,20
Eficiencia de conversión alimentaria	3,22	3,10

En forma preliminar, se puede decir que la utilización de descarte de garbanzo como sustituto proteico del expeller de soja en un 50%, muestra un desempeño productivo similar al de una dieta tradicional a base de maíz y expeller de soja. Es importante destacar que el descarte de garbanzo se presenta como un negocio de oportunidad, no obstante su disponibilidad no es constante a lo largo del año tanto en cantidad como en calidad.

Bibliografía

1. Bampidis, V. A. y V. Christodoulou. 2011. Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in animal nutrition: A review. Animal Feed Science and Technology 168 (1-2): 1-20.
2. Batterham, E. S.; Saini, H. S.; Andersen, L. M. y R. D. Baigent. 1993. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin

inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum* L.) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). Journal of the Science of Food and Agriculture 61 (2): 211-216.

3. Garzón, J. M. 2013. Actualidad y Perspectivas de la Producción de Garbanzo en Argentina. IERAL. Fundación Mediterranea. Año 19 - Edición N°120.
4. Güémez, H. R. 2005. Desempeño productivo y características de la canal de cerdos en finalización alimentados con rezaga de garbanzo. Tesis de Grado. Universidad Autónoma de Sinaloa, México. 35 p.
5. Subcommittee on Swine Nutrition. 1998. Nutrient requirements of swine. National Academy Press. 10th Revised Edition. Washington DC, US. 211 p.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

SECCIÓN 6

EXPERIENCIA DEL USO DE HARINA DE GARBANZO COMO COMPLEMENTO DIETARIO PROTÉICO EN COLONIAS DE ABEJAS (*Apis mellifera* L.)

Diego H. Osés, Enrique E. Sosa, Patricia A. Cisternas, Mariano R. Cavenio y Daniela S. Livolsi

Argentina, en las últimas campañas apícolas ha tenido rendimientos inferiores a sus promedios productivos históricos en lo que respecta a la producción de miel a granel (1, 2). Entre las principales causas de este fenómeno encontramos adversidades climáticas (sequías, inundaciones, temperaturas extremas) y el desmedido avance de la frontera agrícola sobre regiones de importancia apícola y la consecuente disminución de la diversidad floral (3, 4).

El presente trabajo se desarrolló en el Campo Escuela de la FCA-UNC, ubicado al este del Departamento Santa María, Provincia de Córdoba, región en la que la actividad principal se circunscribe a los cultivos de verano (soja, maíz, trigo, moha).

El apiario, donde se realizó el estudio, se ubica en un área con predominio de planteos agrícolas, por lo que las abejas disponen en su área de pecoreo con varias especies implantadas que tienen escasa importancia apícola, un monte frutal (prunoideas) de una hectárea y parcelas forrajeras.

El ensayo consistió en evaluar el crecimiento de 20 colmenas (de tamaño poblacional similar y con reinas del mismo origen) a través de la superficie del área de cría y el número de cuadros con cría, desde el 24 de diciembre de 2014 al 16 de febrero de 2015.

Se realizaron cuatro tratamientos con cinco colmenas cada uno:

- Testigo: alimentación con jarabe 2:1.
- F1: alimentación con jarabe 2:1 y formulado 1: harina de soja (*Glycine max* L.) (17%), levadura de cerveza desactivada (20%) y albúmina de huevo pasteurizada y deshidratada (20%).
- F2: alimentación con jarabe 2:1 y formulado 2: harina de garbanzo (*Cicer arietinum L.*) (50%), levadura de cerveza desactivada (10%) y albúmina de huevo pasteurizada y deshidratada (20%).
- F3: alimentación con jarabe 2:1 y formulado 3: harina de soja (60%) y levadura de cerveza desactivada (13%).

Todos los formulados presentaban un 30% de proteína sobre materia seca, y disponibilidad de aminoácidos acorde a los requerimientos de la abeja. Para favorecer la aceptación de los preparados se incorporó azúcar y esencia artificial de vainilla.

Se suministraron en forma de tortas (patty), de 300 g cada una, sobre los cabezales próximos al nido de cría, envueltos en láminas de nylon separador de alimentos para evitar su deshidratación (Figura 16.6.1).



Figura 16.6.1: Detalle del complemento proteico en la colmena.

La harina de garbanzo, presenta un nivel proteico medio del 22%, bajo tenor graso y está disponible en el mercado (5).

En las Figuras 16.6.2 (evolución en el tiempo de la cantidad de marcos de cría) y 16.6.3 (evolución del área cría) puede observarse que todos los formulados promovieron una respuesta positiva respecto al testigo, no presentando diferencias significativas entre ellos. El consumo registrado de las "tortas" muestra que las abejas las aceptaron y las utilizaron como complemento dietario para su crecimiento.

Hasta la tercera semana, las curvas de los tratamientos presentaban cierto paralelismo, fenómeno que puede estar asociado a la preferencia por parte de la abeja al aporte natural de polen (principalmente de brasicaceas) de los lotes próximos al apiario; posteriormente dicha fuente de recursos proteicos fue eliminada parcialmente.

A partir de ese momento pudo registrarse el incremento en el consumo de los formulados, como así también en el número de cuadros de cría y en el área de cría, llegando a superar en 3 cuadros y un 70% más de área de cría aproximadamente, respecto al Testigo.

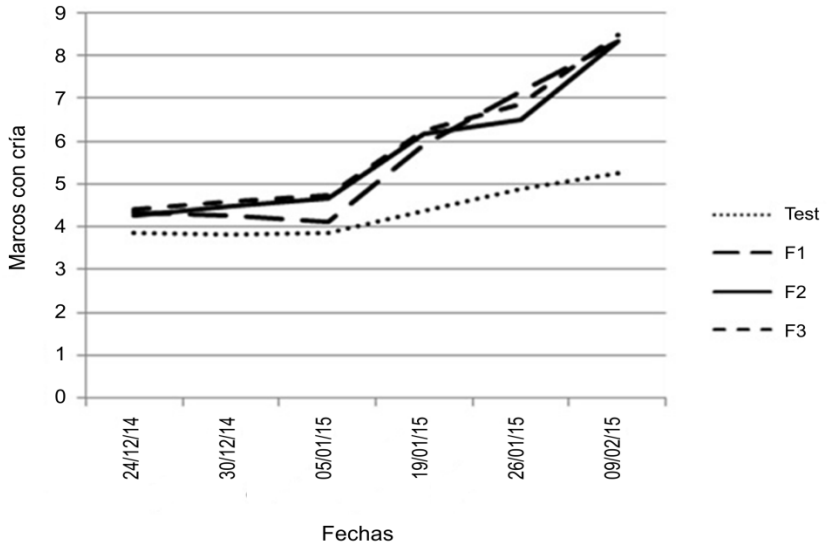


Figura 16.6.2: Evolución del número de marcos ocupados con cría.

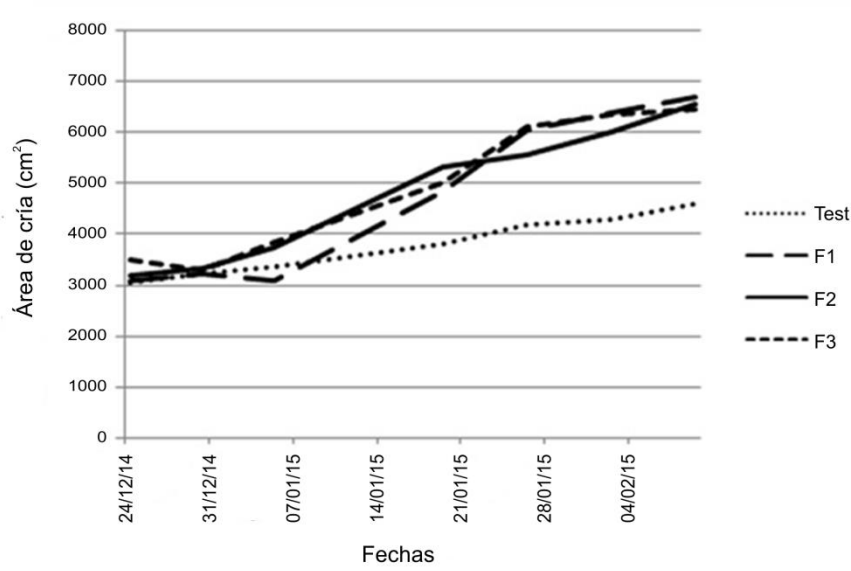


Figura 16.6.3: Evolución del área de cría.

Elaborar un complemento que cubra todos los requerimientos resulta una tarea difícil, no obstante la utilización en proporciones adecuadas de complementos de alta calidad y probada eficiencia que respondan a las necesidades del insecto es factible de realizar, como se muestra en este trabajo. Los elementos utilizados se encuentran disponibles y al alcance del productor, esto facilita su utilización y puesta en práctica, con técnicas simples pero estratégicas. Permitirá cubrir las deficiencias puntuales de aportes naturales, como así también su utilización en la planificación del manejo del apiario.

Bibliografía

1. Blengino, C. 2012. Informe de coyuntura apícola 2012. http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/otros/apicola/informes/2012_04Abr.pdf. Ingreso: 03/2015.
2. Blengino, C. 2014. Informe de coyuntura apícola 2014. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/otros/apicola/informes/2014.pdf. Ingreso: 03/2015.
3. Palacios, A. 2011. Las abejas que ayudan a producir alimentos. http://intainforma.inta.gov.ar/?p=5193#sthash.HINI8gsW.dpufla s. Ingreso: 03/2015.
4. Gil Valdez, A. e I. Cozzarin. 2011. Evaluación de la producción de polen, su interacción con la producción de miel y área de cría en el norte de San Luís (Chaco Seco de Argentina). XLII Congreso internacional de Apicultura "Apimondia 2011". Buenos Aires, Argentina.
5. Palacios, A.; Spadoni, J.; Sosa, E. y D. Osés. 2002. Influencia de distintas tipos de dietas en el desarrollo post-invernal de colonias de *Apis mellifera*. I Jornadas Integradas de Investigación y Extensión. FCA-UNC.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

SECCIÓN 7

PRODUCCIÓN DE GARBANZO EN LA RIOJA, CON UTILIZACIÓN DE RIEGO POR GOTEO

Adolfo M. E. Oliva y Gabriela S. Segovia

La Rioja está considerada como la Provincia con menor oferta hídrica del país; la provisión de agua proviene principalmente del deshielo, de las precipitaciones y de las aguas del subsuelo (1).

El clima es de tipo árido con precipitaciones estivales que fluctúan de 100 a 200 mm en los Valles y de 250 a 350 mm en la Región de los Llanos (1). Esta condición de aridez imperante no se produce únicamente por la falta de lluvias, sino que debe sumarse a ello las condiciones de humedad y características del suelo, la capacidad evaporante del aire, los vientos desecantes, la intensidad y duración de la radiación solar, y la duración de los lapsos entre lluvia y lluvia (1). Bajo estas condiciones, solo es posible una agricultura bajo riego.

Existen 48.765 hectáreas cultivadas, de las cuales 30.000 utilizan agua proveniente del subsuelo y disponen de riego por goteo (2). En el futuro cercano será de vital importancia incorporar el riego por

goteo a la totalidad de los cultivos y mejorar la eficiencia del riego intra-finca.

En todos los talleres y jornadas realizados por el INTA-La Rioja con los actores relacionados con la producción, surge claramente que el desarrollo socio productivo de la Provincia está condicionado por el agua disponible. Por lo tanto, es necesario trabajar para realizar un manejo racional y eficiente de nuestro recurso más valioso que es el agua del subsuelo que, además de ser un elemento vital para nuestra población, es un recurso caro y escaso en la producción de alimentos.

Desde el INTA se realizan en la actualidad ensayos de evaluación de distintos cultivos y cultivares, tradicionales y alternativos, para identificar aquellos que poseen una mejor eficiencia de uso del agua (EUA), reflejada en el aumento de la cantidad de granos producidos con igual o menor cantidad de agua, respecto a otros cultivos menos eficientes.

En el mismo sentido, se están realizando experiencias para mejorar la eficiencia en el manejo del agua. Es alentador el resultado obtenido en un ensayo de experimentación adaptativa de dos variedades de garbanzo (*Cicer arietinum* L.), realizado en forma conjunta entre la Agencia de Extensión Rural de La Rioja, la Estación Experimental Agrícola INTA La Rioja y la Universidad Nacional de Córdoba. Esta experimentación adaptativa se realiza dentro del marco de desarrollo territorial de la región Llanos Sur de La Rioja, tratando de mejorar la rentabilidad y la calidad de vida de las familias de pequeños productores de ganado bovino y caprino.

El enfoque de la experiencia es más amplio que el de una perspectiva netamente económica ya que además del uso eficiente del agua (huella hídrica), el cultivo en las rotaciones y el potencial que tiene como una importante fuente de alimentación (disponiendo el productor de su propia semilla), está íntimamente ligado a la permanencia de los productores en el territorio.

Cabe destacar que el cultivo se adaptó sin mayores inconvenientes a las condiciones agro-meteorológicas del territorio, las condiciones de sanidad son óptimas y los requerimientos nutritivos son mínimos. Su requerimiento de riego es muy inferior a la

de otros cultivos alternativos, necesitando 277 mm/ha de agua para completar el ciclo, demostrando sensibilidad al exceso de agua.

El desempeño varietal parece estar relacionado con la provisión de agua. La producción por unidad de superficie es superior a la media mencionada en la bibliografía debido al uso de riego por goteo. La producción media para el cultivar Norteño bajo estas condiciones fue de 2420 kg/ha, mientras que para el cultivar Chañaritos S-156 fue de 2320 kg/ha. También se comprobó que al disminuir la dotación de riego, el cultivar Chañaritos S-156 tiene mejor desempeño (Lámina 16.7.1).

El cultivo de garbanzo se convierte de este modo en una alternativa de producción viable bajo condiciones de baja disponibilidad de agua.

Los datos obtenidos en esta experiencia necesitan ser profundizados en su análisis mediante nuevas experimentaciones adaptativas con el objetivo de incorporar este cultivo al territorio Llanos Sur, e introducirlo en una región con características áridas castigadas por sequías y falta de alimentos para la población humana y animal.

Bibliografía

1. Chambouleyron, J. 1997. Técnicas para el desarrollo de una agricultura regadía sustentable. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina.
2. Mendoza Ortiz, J. 1993. Experiencia con riego localizado en La Rioja. Seminario Nacional de Riego Presurizado. INCYTH-CRA.

CAPÍTULO 16

FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

SECCIÓN 8

ESTRATEGIAS DE RIEGO EN EL CULTIVO DE GARBANZO: EFICIENCIA DE CAPTURA Y USO DE LA RADIACIÓN Y AGUA, PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y RENDIMIENTO

Alfredo Tula, Eleonora Dragneff Mortcheff, Sergio Luque y Marcelo Cantarero

Introducción

La región centro y norte de la Provincia de Córdoba posee un clima semiárido y altamente estacional, con un promedio anual de precipitaciones de 780 mm concentradas principalmente en el verano, mientras que el invierno se caracteriza por la escasez e irregularidad de lluvias. En esta región, los cultivos invernales prosperan y maduran en un ambiente donde la disponibilidad de agua disminuye a medida que se avanza en las distintas etapas fenológicas, por lo que el crecimiento y el rendimiento del cultivo dependen casi con exclusividad del agua almacenada en el perfil del suelo al momento de la siembra (1, 9). Por su parte, los suelos de la región no presentan grandes limitantes en profundidad para la exploración radical. Estas características, han incrementado el interés por el uso de la tecnología

del riego suplementario en cultivos como trigo, cebada y, sobre todo, en aquellos de alta rentabilidad como el garbanzo.

La producción de biomasa y el rendimiento están regulados, entre otros factores, por la magnitud del estrés hídrico al que esté sometido el cultivo, el cual depende del balance entre el suministro de agua desde el perfil explorado por las raíces y la demanda atmosférica. La capacidad de un cultivo para absorber agua del suelo depende de la uniformidad y profundidad del sistema radical. Las especies pueden diferenciarse en su capacidad para profundizar sus raíces en el perfil del suelo y en absorber agua del mismo. Cantarero et al. (3), demostraron que el cultivo de garbanzo posee una velocidad de profundización radical de 2,5 cm/día, y que las raíces pueden alcanzar una profundidad algo superior a los 2 m. Estas características se presentan también en el trigo, pero a diferencia de éste, la tasa diaria de absorción de agua es menor en el garbanzo. La tasa representa la proporción de agua útil remanente en el suelo que el cultivo puede absorber cada día (4). Los cultivos con una menor tasa diaria de absorción, poseen una mejor estrategia de adaptación ante condiciones de limitada oferta hídrica, ya que pueden diferir el consumo de agua hacia etapas fenológicas más avanzadas y de mayor sensibilidad para la determinación del rendimiento.

En esta Sección se presenta un resumen de los principales resultados y conclusiones obtenidos por el grupo de trabajo de la Cátedra de Cereales y Oleaginosas de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC en el cultivo de garbanzo, conducido bajo distintas estrategias de riego. La experiencia consistió en combinar diferentes niveles de láminas de agua, momentos de aplicación durante el ciclo del cultivo y contenido de agua a la siembra. El experimento se realizó en la localidad de Las Peñas, al norte de la Provincia de Córdoba durante la campaña 2013. Dicha localidad está incluida dentro del ambiente mediterráneo, definido por Saluzzo en el Capítulo 4 de este libro. En la Tabla 16.8.1 se presenta una breve descripción de los tratamientos evaluados.



Tabla 16.8.1: Tratamientos evaluados (Trat): momentos de aplicación del riego, condición hídrica inicial de agua útil en el suelo de cada tratamiento (CHI) y lámina de riego aplicada (Riego). DM: a demanda; Fl: floración; VG: vegetativo; CC: capacidad de campo; LL: llenado.

Trat	Momento de aplicación del riego	CHI (mm)	Riego (mm)
DM	Durante todo el ciclo, de acuerdo a balance	140	260
FL	Desde inicio de floración hasta 135 días después de siembra	160	150
VG	Desde siembra hasta inicio de floración	100	150
CC	Sin riego	320	0
LL	Desde 135 después de siembra	200	150

Durante el transcurso de la experiencia no ocurrieron precipitaciones importantes (<20 mm). Esto representa una situación normal en la región.

Las evaluaciones se hicieron considerando el efecto de cada tratamiento sobre la duración del ciclo del cultivo, la captura y eficiencia de uso de la radiación y del agua, la generación de biomasa y el rendimiento y sus componentes numéricos (número de granos por unidad de superficie y peso individual por grano).

Efecto del momento de aplicación del riego sobre la duración del ciclo

La duración de las etapas fenológicas del garbanzo están influidas por el genotipo y por variables ambientales, dentro de las cuales, la disponibilidad de agua ejerce un control muy significativo

(14). La modificación de la disponibilidad de agua al momento de la siembra y los diferentes momentos de aplicación del riego, produjeron cambios en la duración total del ciclo del garbanzo (Tabla 16.8.2).

Cuando el cultivo se regó para satisfacer la demanda (tratamiento DM), se obtuvo la mayor duración de ciclo. Sin embargo en los tratamientos FL y LL, que recibieron menores volúmenes de agua, se obtuvo la misma duración de ciclo que en el tratamiento DM (Tabla 16.8.1). Por el contrario, una buena disponibilidad de agua al inicio pero sin riegos posteriores (tratamiento CC), o incluso la aplicación de riegos tempranos (tratamiento VG), provocaron el acortamiento de las etapas y por consiguiente un adelanto de la madurez del cultivo (Tabla 16.8.2). En estos tratamientos (CC y VG), el período de mayor reducción de ciclo fue el de floración a madurez comparado con el de siembra a floración (Tabla 16.8.2). Singh (12) encontró que el déficit hídrico provoca acortamientos de las fases de floración y de llenado del grano, lo que concuerda con los resultados encontrados en este trabajo. Este acortamiento en la fase de floración a madurez podrá repercutir negativamente en la producción del cultivo si además en esa fase se comprometen la capacidad de captura de luz, de agua y la producción de materia seca.

Tabla 16.8.2: Duración en días de las etapas siembra a madurez (S-M), siembra a floración (S-F) y floración a madurez (F-M) de un cultivo de garbanzo, cv. Norteño, sembrado a fines de mayo de 2013, en diferentes condiciones hídricas iniciales y estrategias de riego.

Tratamiento	**S-M**	**S-F**	**F-M**
	(dias)		
DM	172	113	59
FL	173	113	60
VG	162	111	51
CC	162	108	54
LL	173	113	60



Desarrollo del canopeo, eficiencia de captura, uso de la radiación y producción de biomasa

En garbanzo, bajo condiciones no limitantes para el crecimiento del cultivo, el desarrollo del área foliar está regulado por la temperatura, el fotoperíodo y el genotipo (16). Sin embargo, bajo condiciones de estrés hídrico se limita el desarrollo del canopeo y se acelera la senescencia del área foliar, y por consiguiente su capacidad para interceptar radiación (12, 15).

En nuestra experiencia, cuando se partió con mayor disponibilidad hídrica del suelo al momento de la siembra, se favoreció la rápida generación del canopeo (CC; Figura 16.8.1) lo que le permitió al cultivo lograr mejores niveles de intercepción de radiación en las etapas iniciales respecto a aquellas situaciones donde se partió con una menor reserva de agua inicial (Figura 16.8.1). El riego durante fases tempranas o medias del ciclo (tratamientos VG y FL) estimuló la generación de nuevas estructuras vegetativas que permitieron alcanzar elevados niveles de intercepción, pero esta respuesta no se logró cuando los riegos fueron aplicados tardíamente durante el llenado del grano (LL; Figura 18.8.1).

La persistencia del canopeo también está afectada por la disponibilidad de agua durante el ciclo. Condiciones de sequía que progresen durante la estación de crecimiento, como la observada en el tratamiento CC, aceleran la senescencia del cultivo reduciendo la capacidad de interceptar radiación (Figura 18.8.1). Estas condiciones son características de la región centro norte de Córdoba. En este ambiente, la producción temprana de una gran masa vegetativa puede estimular el consumo inicial de agua, incrementando el déficit hacia el final del ciclo, lo que acelera la senescencia.

El riego en estados avanzados del ciclo del cultivo no mejora la captura de radiación, probablemente debido a que este se aplica cuando ya ha finalizado la diferenciación de estructuras vegetativas (11, 16). Entonces, la aplicación de riegos en diferentes estados de desarrollo pueden ser favorables para la captura de luz, siempre que estos aportes de agua ocurran en momentos en los que las plantas

aún presentan sus meristemos vegetativos activos capaces de generar nuevas hojas.

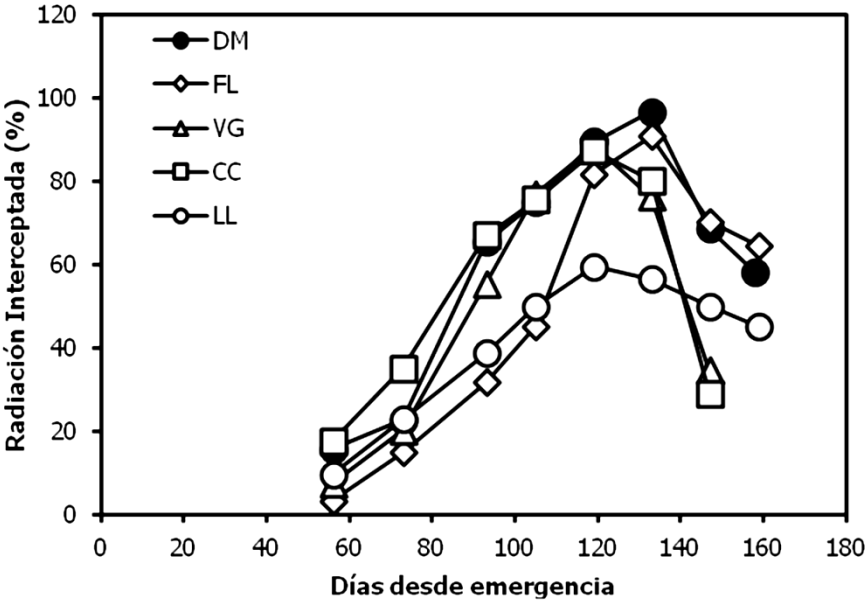


Figura 18.8.1: Evolución de la intercepción de radiación durante el ciclo del cultivo de garbanzo sembrado bajo diferentes condiciones hídricas iniciales y momentos de aplicación de riegos.

La generación y persistencia del área foliar, determinan la cantidad total de radiación interceptada y acumulada por el cultivo. Así, los tratamientos DM y FL, mostraron los mismos valores máximos de intercepción de radiación e idéntico patrón de senescencia (Figura 18.8.1). Sin embargo, el tratamiento DM acumuló más radiación que el tratamiento FL (Figura 18.8.2). Esta diferencia se explica porque el primero presentó mayores valores de intercepción en estados más tempranos de desarrollo del cultivo (Figura 18.8.1).

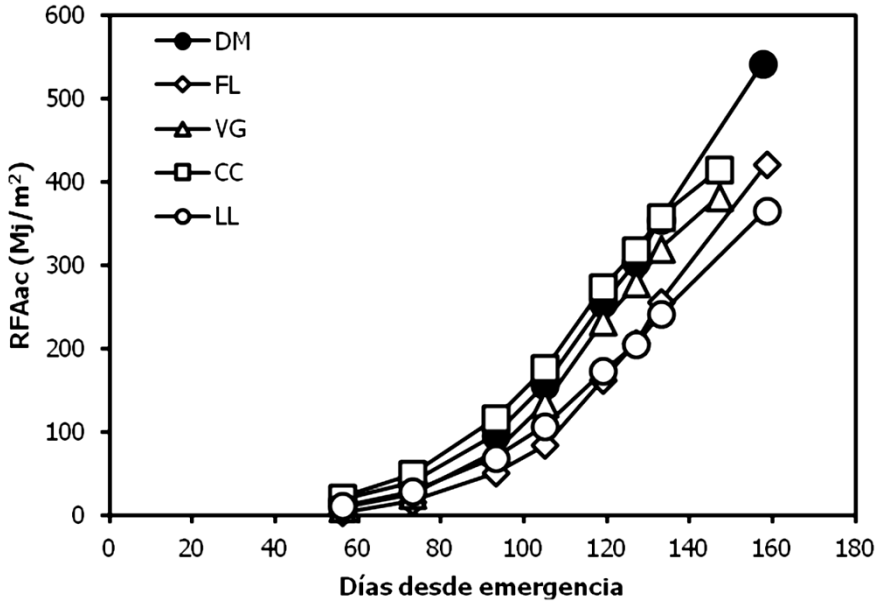


Figura 18.8.2: Cantidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada (RFAac) durante el ciclo del cultivo de garbanzo sembrado bajo diferentes condiciones hídricas iniciales y momentos de aplicación de riego.

La producción de biomasa está regulada por la cantidad de radiación interceptada y acumulada por el cultivo y por la eficiencia de conversión de radiación en biomasa (EUR). Los tratamientos DM y FL produjeron los mayores valores de biomasa acumulada, mientras que el tratamiento LL, la menor (Figura 18.8.3 y Tabla 18.8.3). En el tratamiento LL, la baja disponibilidad de agua al inicio del cultivo, limitó la expansión de hojas, lo que provocó un bajo nivel de intercepción de luz que no pudo revertirse con la aplicación de riegos tardíos. Esta condición le impide al cultivo desarrollar una cobertura que le permita capitalizar posteriores aportes de agua, provenientes de precipitaciones, que pudieran ocurrir en primavera, o por la aplicación de riego. Sin embargo, es importante aclarar que una adecuada recarga del perfil a la siembra, como las condiciones del tratamiento CC, tampoco garantiza altas producciones de biomasa

(Figura 18.8.3) si no ocurren precipitaciones o riegos que permitan sostener altos niveles de intercepción de luz durante las etapas finales del cultivo.

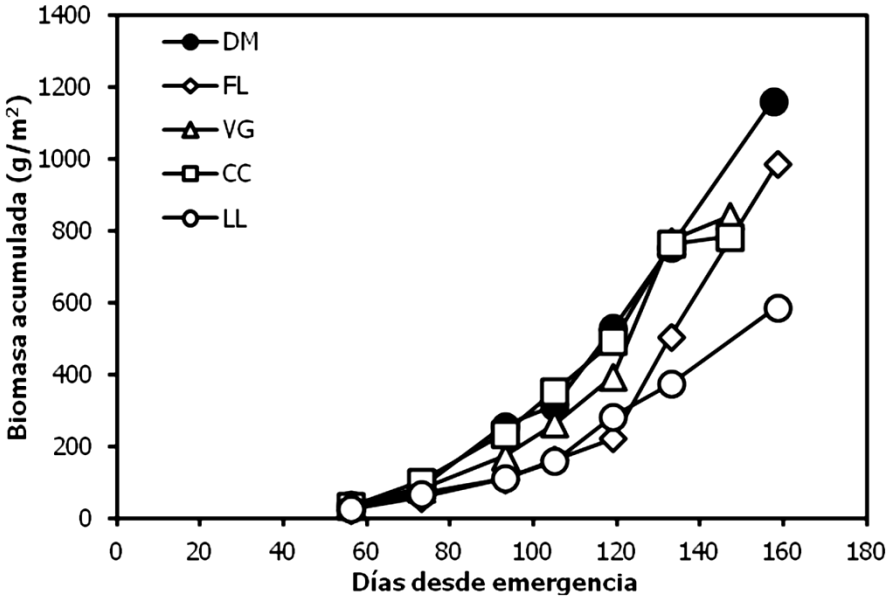


Figura 18.8.3: Producción de biomasa acumulada durante el ciclo del cultivo de garbanzo sembrado bajo diferentes condiciones hídricas iniciales y momentos de aplicación de riego.

Algunos autores (13, 15) han mostrado que condiciones de estrés hídrico durante la estación de crecimiento producen disminuciones en la eficiencia fotosintética. El tratamiento LL presentó el menor valor de EUR (Tabla 18.8.3). Por lo tanto, el estrés creciente que se produjo en este tratamiento, y la aplicación tardía del riego no permitió que el cultivo desarrolle un canopeo adecuado, tanto para la captura como para la eficiencia con que se transforma la radiación en biomasa.

Tabla 18.8.3: Biomasa total producida por el cultivo (BT), radiación fotosintéticamente activa interceptada acumulada por el cultivo a madurez (RFAac) y eficiencia de uso de la radiación (EUR) del cultivo de garbanzo, sembrado bajo diferentes condiciones hídricas iniciales y momentos de aplicación de riego.

Tratamiento	BT (g/m^2)	RFAac (Mj/m^2)	EUR ($g/Mj/m^2$)
DM	1161	542	2,2
FL	985	421	2,3
VG	841	382	2,2
CC	783	415	1,9
LL	587	366	1,6
ES*	170	58	0,3

**ES = Error estándar*

Captura y consumo de agua

Los cambios en el contenido de agua de cada estrato del perfil de suelo, permiten entender el patrón de crecimiento y absorción de agua por las raíces. Dado que en los tratamientos CC y LL no ocurrieron precipitaciones significativas y tampoco se realizaron riegos hasta 148 días después de la siembra, se puede caracterizar con estos tratamientos la dinámica del patrón de profundización radical. Las raíces en el tratamiento CC alcanzaron una profundidad cercana a los 180 cm (Figura 18.8.4 a). Sin embargo, sólo pudieron absorber toda el agua disponible hasta los 100 cm, dejando agua remanente por debajo de esa profundidad (Figura 18.8.4 a). Esto coincide con lo reportado por otros autores que destacan la pobre capacidad del garbanzo para explorar y absorber agua de capas profundas del suelo (7), debido probablemente a la baja densidad de raíces en profundidad, comparado con otras legumbres (5).

En una situación de baja disponibilidad de agua inicial, la capacidad para explorar el suelo fue menor. En el tratamiento LL, se observó que las raíces presentaron una menor exploración del perfil y

una demora en alcanzar capas más profundas, comparado con el tratamiento CC (Figura 18.8.4 a y b). La absorción de agua a partir de los 60 cm de profundidad, entre los 71 y 108 días desde la siembra en el tratamiento CC fue mayor respecto al tratamiento LL, posiblemente debido a una mayor densidad de raíces en esas capas de suelo. Este período es cercano al momento de floración del cultivo (Tabla 18.8.2). Se ha sugerido que la alta proliferación de raíces hacia el final del período vegetativo, puede ser la responsable de una mayor capacidad para explorar el perfil en profundidad, lo que permitiría una mayor captura de agua en estados avanzados del ciclo, mayor producción de biomasa y mayor rendimiento (6). En el tratamiento LL, el contenido de agua del perfil del suelo al momento de floración (108 días, Figura 18.8.4 b) fue muy inferior respecto al tratamiento CC, lo cual generó un mayor nivel de estrés y afectó la producción de biomasa hacia el final del ciclo del cultivo.

El mayor crecimiento inicial de las raíces puede contribuir de manera significativa a la producción final de biomasa, ya que le confiere al cultivo mejores posibilidades para explorar el perfil del suelo a mayor profundidad, lo que constituye una ventaja adaptativa. Sin embargo, en ambientes en donde las precipitaciones son escasas, una temprana colonización inicial de las raíces en el perfil del suelo, puede provocar un mayor consumo de agua en estados iniciales del ciclo y provocar una deficiencia hacia etapas más avanzadas (17). Probablemente, la caída en la intercepción de radiación y la menor producción de biomasa observada hacia el final del ciclo en los tratamientos CC y VG reflejen esta situación (Figuras 18.8.1 y 18.8.3).

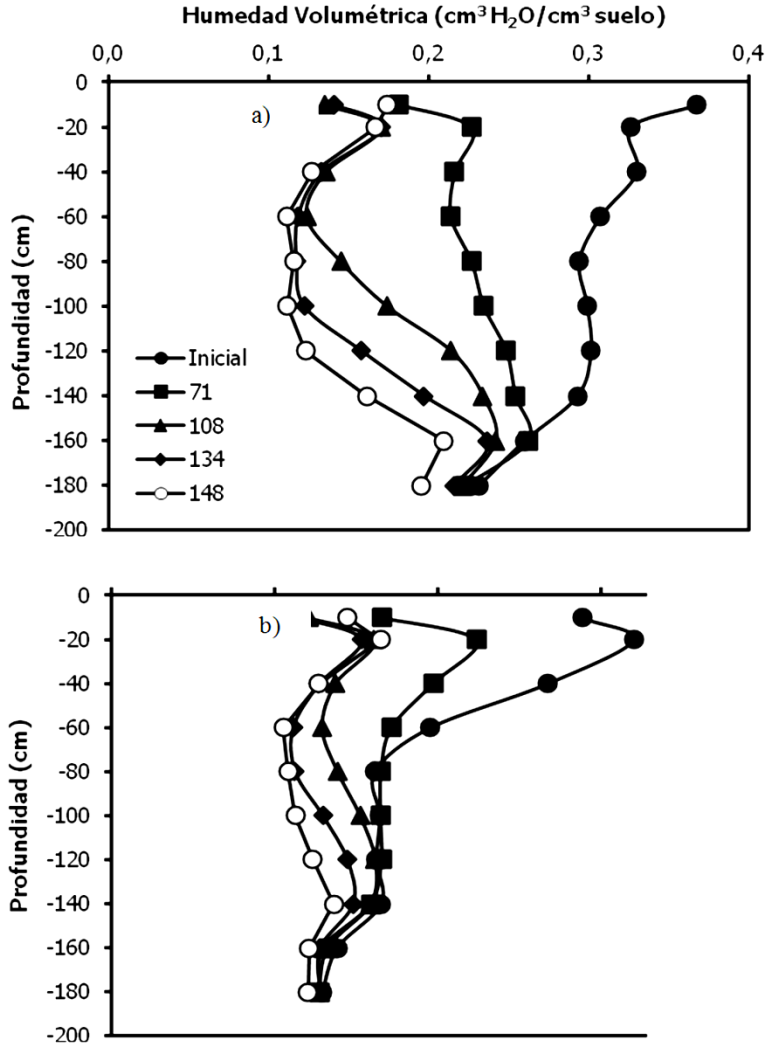


Figura 18.8.4: Contenido de agua inicial (círculos llenos) y a los 71 (cuadrados llenos), 108 (triángulos llenos), 134 (rombos llenos) y 148 (círculos vacíos) días desde la siembra, alcanzado por el cultivo de garbanzo en los tratamientos Capacidad de Campo (a) y Llenado (b).

Según Passioura (10), la producción total de biomasa dependerá de la cantidad total de agua evapotranspirada por el cultivo y de la eficiencia de uso del agua (EUA), en tanto que el rendimiento será la resultante de la partición de la materia seca producida hacia órganos de cosecha (índice de cosecha, IC). La EUA es la biomasa producida por unidad de agua consumida, es decir la eficiencia con que el cultivo fija carbono en relación con el agua que pierde. Bajo este marco, el rendimiento puede aumentarse mejorando uno o todos estos componentes.

El tratamiento DM, representa la condición en la que la demanda del cultivo fue cubierta con la oferta de agua; en esta condición la evapotranspiración total fue cercana a los 380 mm, mientras que en el tratamiento LL el consumo se redujo un 40% respecto de aquel. Esto fue consecuencia de un bajo nivel de cobertura del suelo por parte del canopeo y un sistema radical con baja capacidad para absorber agua. El tratamiento LL fue el que presentó la menor capacidad de capturar luz, EUR y EUA (Tablas 18.8.3 y 18.8.4). En estas condiciones, la aplicación de riegos tardíos, o eventuales precipitaciones hacia el final del ciclo, sólo incrementarían la componente evaporativa del consumo.

El patrón de consumo de agua durante el ciclo puede ser afectado por el momento de aplicación del riego (Figura 18.8.5). Si el aporte de agua ocurre en etapas del ciclo en los que las plantas aún presentan capacidad para expandir su sistema radical, esto es hasta el período de floración (3), se puede aumentar el consumo de agua y la producción de biomasa. Esto es de relevancia en nuestra región, ya que las etapas previas a la floración ocurren en una época de menor demanda de agua, por lo que la aplicación de riegos en fases tempranas resultará más eficiente al ser menor la componente evaporativa.

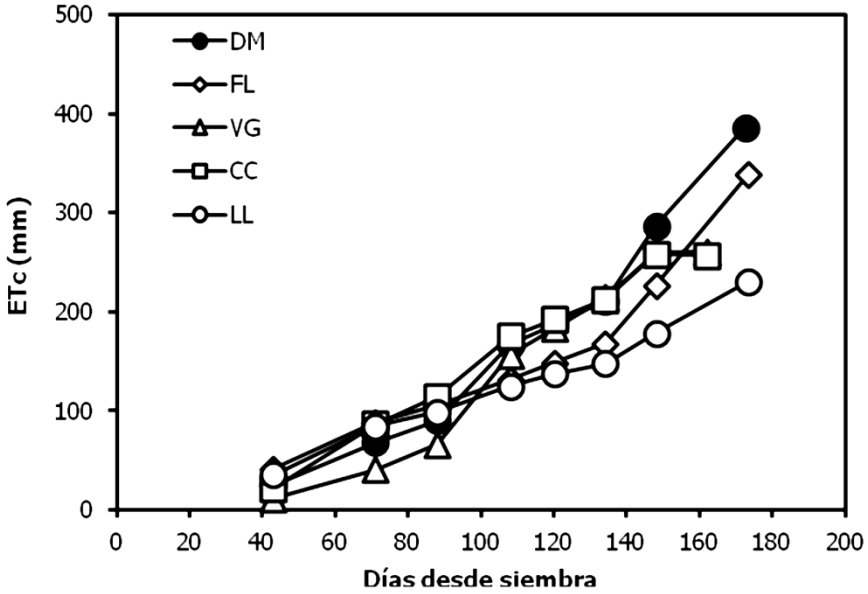


Figura 18.8.5: Evapotranspiración del cultivo (ETc) en función del tiempo desde la siembra para un cultivo de garbanzo sembrado bajo distintas condiciones hídricas iniciales y momentos de aplicación de riego.

Tabla 18.8.4: Cantidad total de agua evapotranspirada por el cultivo (ETc) y eficiencia de uso del agua para la producción de biomasa (EUA) para un cultivo de garbanzo sembrado bajo distintas condiciones hídricas iniciales y momentos de aplicación de riego.

Tratamiento	**Etc (mm)**	**EUA (g/m^2/mm)**
DM	386	30,2
FL	340	29,0
VG	261	32,1
CC	257	30,4
LL	231	25,7
ES*	32	4,8

**ES = Error estándar*

Rendimiento en grano y componentes

El rendimiento estuvo asociado estrechamente con el consumo de agua, siendo el tratamiento DM el de mayor rendimiento. Como las condiciones de manejo del experimento fueron realizadas con adecuado nivel nutricional y control de plagas, malezas y enfermedades, podemos decir que el tratamiento DM representa el rendimiento potencial del cultivo para este ambiente y año en particular. Cuando se compara DM con otros tratamientos, por ejemplo LL, el rendimiento se redujo un 57% mientras que el consumo de agua de un 40%, lo que indica que otros mecanismos, como la captura de radiación y la EUR, también están involucrados en las perdidas de rendimiento. Sin embargo, una lámina de 150 mm aplicada más tempranamente (tratamientos VG y FL), permitió lograr cerca del 80% del rendimiento máximo (Tabla 18.8.5). Si se realiza el mismo análisis, en el tratamiento CC se logró cerca del 70% del alcanzado con riego a demanda. Esto último refleja dos aspectos significativos, i) la importancia de partir con una buena recarga del perfil y ii) el nivel de los máximos rendimientos que pueden alcanzarse en condiciones de máxima recarga del perfil al momento de la siembra en secano en esta región.

Tabla 18.8.5: Rendimiento (Rend), número de granos por unidad de superficie (NG), peso por grano (PG) e índice de cosecha (IC) para un cultivo de garbanzo sembrado bajo distintas condiciones hídricas iniciales y momentos de aplicación de riego.

Tratamiento	Rend (g/m^2)	NG (num/m^2)	PG (mg)	IC (%)
DM	542	1041	519	47
FL	436	894	482	45
VG	413	834	496	50
CC	390	777	504	50
LL	230	463	498	39
ES*	71	119	21	2

**ES = Error estándar*



En la región norte de Córdoba, las condiciones de recarga normales de los suelos indican que pueden obtenerse cerca de 150 mm de agua útil a la siembra de los cultivos invernales, y los valores promedio de rendimiento de garbanzo de los últimos años rondan los 200 g/m^2 (2), valor similar al obtenido en esta experiencia en el tratamiento LL, que es el que mejor representa las condiciones promedio para este ambiente.

Entre los componentes numéricos, el número de granos por unidad de superficie fue el de mayor asociación con el rendimiento, mientras que el peso individual del grano no mostró grandes variaciones entre tratamientos (Tabla 18.8.5). Según Leport et al. (8), el peso por grano normalmente no experimenta importantes variaciones, ya que no estaría afectado por el aborto de vainas bajo sequías terminales.

La partición hacia estructuras reproductivas, representada por el índice de cosecha, mostró una caída con aplicaciones de riego tardías (tratamiento LL, Tabla 18.8.5). En consecuencia, las aplicaciones de riego que mejoren el estado fisiológico del cultivo, es decir alta capacidad para interceptar radiación, alta eficiencia de uso de la radiación y alta partición hacia estructuras reproductivas en etapas críticas, son las que garantizarán la mayor respuesta productiva.

Consideraciones finales

A partir de lo expuesto en esta sección, se hacen algunas consideraciones acerca del manejo del riego en general, y en particular para el tipo de ambiente de la región donde se realizó la experiencia. En cada caso se concluye sobre alternativas concretas para aumentar la productividad.

- Una deficiencia hídrica creciente durante la estación, acorta la duración del ciclo del cultivo. En ambientes con escaso nivel de precipitaciones, una elevada recarga del perfil del suelo a la siembra, o riegos durante el período vegetativo, no garantizan una mayor duración de ciclo. Por lo tanto, el momento y cantidad

de agua a suministrar con el riego, deben ajustarse para evitar niveles de estrés que acorten la duración del mismo.

- La cantidad de agua disponible para el cultivo al inicio del ciclo afectará la capacidad de exploración del perfil de suelo por las raíces. Maximizar la cantidad de agua almacenada durante el barbecho, junto a la correcta planificación de los riegos, será fundamental para optimizar el rendimiento.
- El nivel de intercepción de luz y la eficiencia de uso de la radiación que logre el cultivo, estará condicionada por la cantidad de agua disponible. Una condición hídrica deficiente al inicio del ciclo, reduce de forma irreversible la capacidad para interceptar radiación, la cual no se recupera una vez que el cultivo cesó la generación de nuevas estructuras vegetativas.
- El momento de aplicación del riego debe planificarse teniendo en cuenta las reservas de agua en el suelo al momento de la siembra, y deben garantizar una elevada capacidad del cultivo para interceptar radiación y sostener altas eficiencias de uso de la radiación y partición hacia estructuras reproductivas con el objetivo de maximizar la eficiencia de uso del agua.
- El rendimiento del cultivo está más asociado a variaciones del número de granos que al peso por grano; por lo tanto, aquellas estrategias de riego que permitan mejorar el estado fisiológico del cultivo en los momentos donde se determina el número de granos, período de floración y formación de vainas, serán las que logren mayores respuestas en el rendimiento.

Bibliografía

1. Abbate, P. y M. Cantarero. 2001. Efectos del estrés hídrico en trigo. Actas V Congreso Nacional de Trigo y III Simposio Nacional de Cereales de Siembra Otoño-Invernal. Carlos Paz, Córdoba, Argentina. Conferencia.
2. Bolsa de Cereales de Córdoba. 2015. Informe Agroeconómico N°145 de la Bolsa de Cereales de Córdoba. Estructura y



actualidad del mercado de garbanzo. http://www.bccba.com.ar/informe-agroeconomico-n145-bolsa-cereales-cordoba-estructura-actualidad-mercado-garbanzo-7194.html. Ingreso: 09/2015.

3. Cantarero, M.; Tula, A.; Luque, S.; Ovando, G. y J. Dardanelli. 2012. Patrones de absorción y eficiencia del uso del agua en cultivos invernales en el centro de Córdoba. Tercera Reunión Internacional de Riego INTA. EEA Manfredi, Córdoba, Argentina. Pp.: 20-30.

4. Dardanelli, J.; Collino, D.; Otegui, M. E. y V. O. Sadras. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En: Pascale, A (Ed.). Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Buenos Aires, Argentina. Pp.: 377-440.

5. Gregory, P. J.; Saxena, N. P.; Arihara, J. y O. Ito. 1994. Root form and function in relation to crop productivity in cool season food legumes. En: Muehlbauer, F. J. y W. J. Kaiser. (Eds.). Expanding the production and use of cool season food legumes (. Kluwer Academic Publishers, Holanda. Pp.: 809-820.

6. Kashiwagia, J.; Krishnamurthy, L.; Purushothaman, R.; Upadhyaya, H. D.; Gaur, P. M.; Gowda, C. L. L.; Ito, O. y R. K. Varshney. 2015. Scope for improvement of yield under drought through the root traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 170: 47–54.

7. Krishnamurthy, L.; Johansen, C. y O. Ito. 1996. Genetic variation in root system development and its implications for drought resistance in chickpea. En: Ito, O.; Johansen, C.; Adu-Gyamfi, J. J.; Katayama, K.; Kumar Rao, J. V. D. K. y T. J. Rego. (Eds.). Root and nitrogen in cropping systems of the semi-arid tropics. Culio Corporation, Tsukuba, Japón. Pp.: 234–250.

8. Leport, L.; Turner, N. C.; Davies, S. L. y K. H. M. Siddique. 2006. Variation in pod production and abortion among chickpea cultivars under terminal drought. European Journal of Agronomy 24: 236–246.

9. Martellotto, E.; Salinas, A.; Salas, P. H.; Lovera, E.; Giubergia, J. P.; Capuccino, V.; Lopez, C.; Signorile, O.; Lingua, S.; Alvarez, C.; Cantarero, M. y G. Viotti 2005. Boletín N°9. E.E.A. INTA Manfredi – Area Recursos Naturales y Agronomía. Proyectos Regionales de Agricultura Sustentable. Ediciones Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria.

10. Passioura, J. B. 1983. Roots and drought resistance. Agricultural Water Management 7: 265-280.

11. Robertson, M. J.; Carberry, P. S.; Huth, N. I.; Turpin, J. E.; Probert, M. E.; Poulton, P. L.; Bell, M.; Wright, G. C.; Yeates, S. J. y R. B. Brinsmead. 2002. Simulation of growth and development of diverse legume species in APSIM. Australian Journal of Agricultural Research 53: 429-446.

12. Singh, P. 1991. Influence of water-deficits on phenology, growth and dry-matter allocation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 28: 1-15.

13. Singh, P. y Y. V. Sri Rama. 1989 Influence of water deficit on transpiration and radiation use efficiency of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Agricultural and Forest Meteorology 48: 317-330.

14. Singh, P. y S. M. Virmani. 1996. Modeling growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 46: 41-59.

15. Soltani, A.; Ghassemi-Golezani, K.; Khooie, F. R y M. Moghaddam. 1999. A simple model for chickpea growth and yield. Field Crops Research 62: 213-224.

16. Soltani, A.; Robertson, M. J.; Mohammad-Nejad, Y. y A. Rahemi-Karizaki. 2006. Modeling chickpea growth and development: Leaf production and senescence. Field Crops Research 99: 14-23.

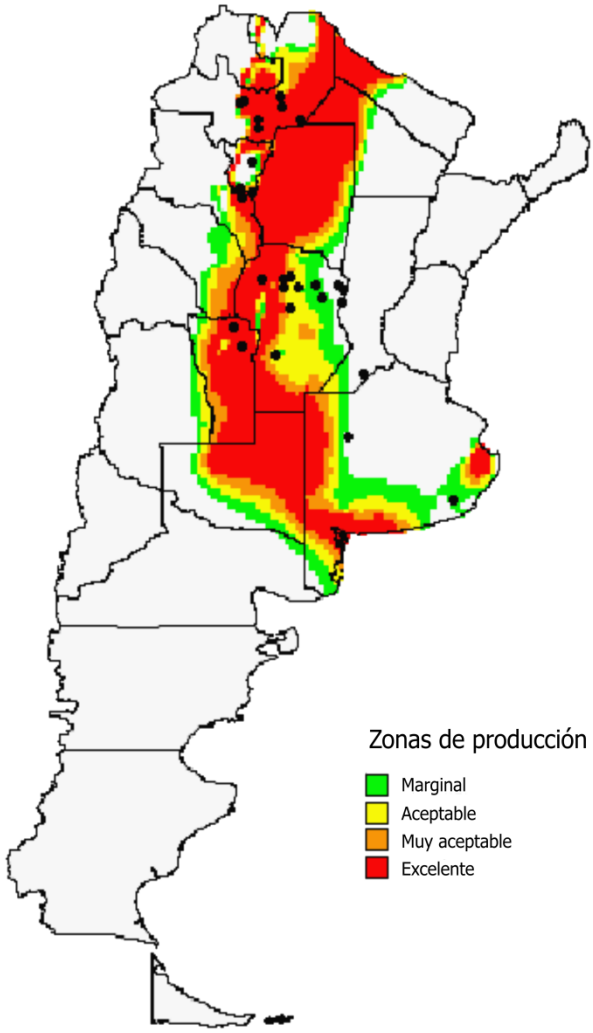
17. Vadez. V.; Soltani, A. y T. R. Sinclair. 2012. Modelling possible benefits of root related traits to enhance terminal drought adaptation of chickpea. Field Crops Research 137: 108-115.



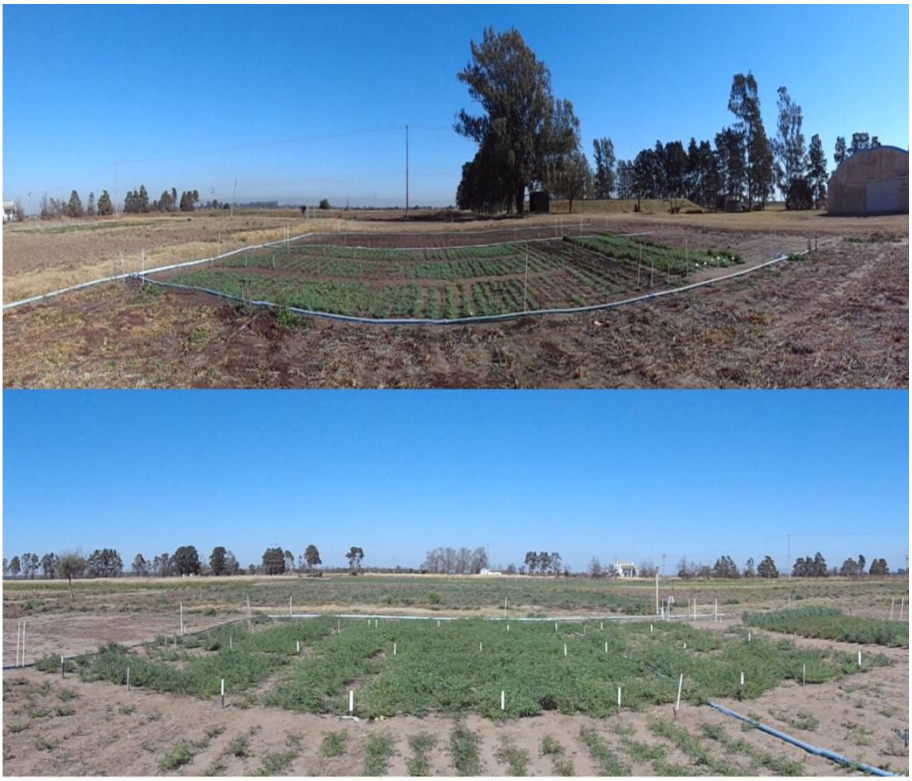
Lamina 2.1: Ciclo biológico del garbanzo. © N. Ateca.



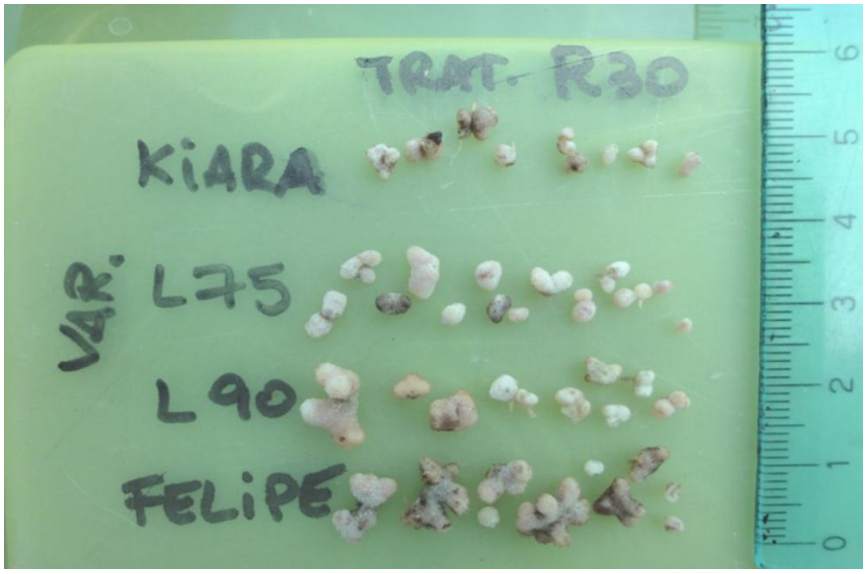
Lamina 2.2: Flor, fruto y semillas de garbanzo. © N. Ateca.



Lamina 4.1: Mapa con las zonas de producción potencial en base a datos presentados en Tabla 4.4. Los puntos indican localidades con antecedentes del cultivo. Fuente: Saluzzo (7).



Lamina 5.1: Vistas panorámicas de ensayos de aprovechamientos de recursos en garbanzos, según genotipo y espaciamiento. Campo Escuela FCA-UNC (31°19′ LS - 64°13′ LW). © R. Toledo.



Lamina 6.1: Nódulos de Rhizobium *en los cultivares Kiara UNC-INTA, Felipe UNC-INTA y líneas experimentales L75 y L90. © A. Perticari.*



Lamina 6.2: Proceso de aislamiento de Rhizobium*. © A. Perticari.*



*Lamina 7.1.1: Variedades locales de garbanzo (*Cicer arietinum *L.) De izquierda a derecha: Sauco, Criollo y Mexicano. Fuente: Biderbost (4).*



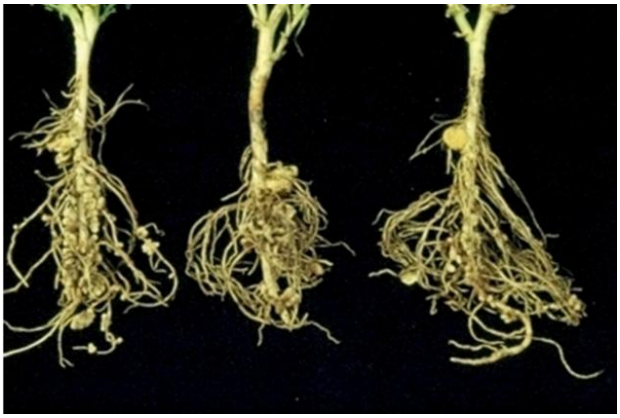
*Lamina 7.1.2: Daños por heladas (-5°C) en plantas de floración de garbanzo (*Cicer arietinum *L.). Área experimental de la Comuna de Los Chañaritos, Cruz del Eje, Córdoba. 1° parcela: variedad local Sauco; 2° parcela: variedad local Mexicano; 3° parcela: variedad local Criollo. Parcelas ubicadas en sentido izquierda a derecha en una línea imaginaria. Fuente: Biderbost (4).*



*Lamina 7.1.3: Hábito de crecimiento de plantas de garbanzo (*Cicer arietinum *L.) en inicio de floración. De izquierda a derecha: erecto (variedad local Mexicano), semierecto y semipostrado (variedad local Sauco). Fuente: Biderbost (4).*



*Lamina 7.1.4: Hábito de crecimiento de plantas de garbanzo (*Cicer arietinum *L.) en inicio de floración. De izquierda a derecha: erecto (variedad local Mexicano) y postrado (variedad local Criollo). Fuente: Biderbost (4).*



*Lamina 7.1.5: Raíces de plantas de garbanzo (*Cicer arietinum *L.) de las variedades locales Sauco y Criollo con nódulos originados de infección natural con cepas nativas de* Rhizobium sp*. Área experiemental de la Comuna de Los Chañaritos, Cruz del Eje, Córdoba. Fuente: Biderbost (4).*



Lámina 7.1.6: Daños por "heladas" (-3ºC), en plantas al inicio de floración de líneas de garbanzo (Cicer arietinum L.); área experimental de la Comuna Los Chañaritos, Cruz del Eje, Córdoba. De derecha a izquierda, en el primer bloque: parcelas progenies de dos hileras de plantas de dos líneas tipo Mexicano; las demás líneas corresponden a las variedades locales Sauco y Criollo. En el cuarto surco se observa además daños por hormigas podadoras. Fuente: Biderbost (4)



*Lámina 7.1.7: Jaula de cría con malla metálica antigranizo para cruzamientos en garbanzo (*Cicer arietinum *L.). Área experimental anexa Facultad de Ciencias Agropecuarias - UNC. Daños severos por "heladas" (-7ºC) en plantas de la variedad local Mexicano. Fuente: Biderbost (3)*



*Lámina 7.1.8: Líneas tipo Desi originadas de mutaciones espontaneas en la variedad local Sauco de garbanzo (*Cicer arietinum *L.). De izquierda a derecha, arriba: Mutante tegumento gris y Mutante tegumento negro; abajo: Mutante tegumento overo y variedad local Sauco, tipo Kabuli. Fuente: Biderbost (3).*



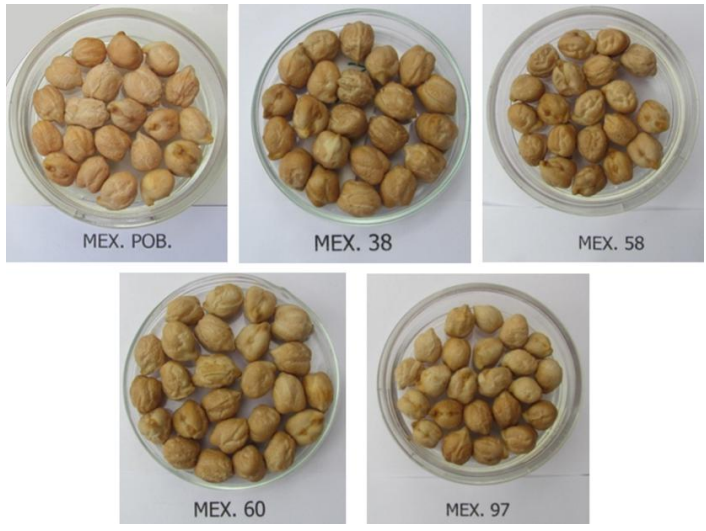
Lámina 7.2.1: De izquierda a derecha: hoja normal, hoja unifoliada, porte erecto, porte semierecto. © Josefina Rubio.



Lámina 7.2.2: De izquierda a derecha: genotipo precoz y tardío. © Josefina Rubio.



Lámina 7.2.3: Arriba de izquierda a derecha flor rosa, flor blanca, abajo vaina doble y vaina simple. © Josefina Rubio.



Lamina 7.2.4: Mex. Pob., Mex. 38, Mex. 58, Mex. 97, Mex. 60. © J. Carreras.



Lámina 7.2.5: Chañaritos S-156, Norteño, Kiara UNC-INTA, Felipe UNC INTA. © J. Carreras.



Lámina 7.3.1: Cruzamiento CA2990 x WR315. Líneas M1, M60, M30, M85. ©. J. Carreras.

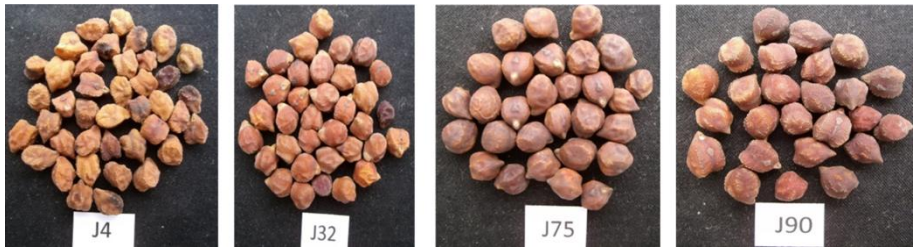


Lámina 7.3.2: Cruzamiento JG62 x ILC 72. Líneas J4, J32, J75, J90. ©. J. Carreras.



Lámina 7.3.1: Testigos Chañaritos S-156 y Norteño. ©. J. Carreras.



Lámina 7.3.4: Cruzamientos Kabuli x Desi y Desi x Kabuli para arquitectura de cultivo y producción por planta. © J. Carreras.



Lámina 7.4.1: Garbanzo tipo Desi (izquierda) y tipo Kabuli (derecha). ©. J. Carreras.



Lámina 8.1: Larva de Helicoverpa gelotopoeon. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 8.1: Larva de Helicoverpa gelotopoeon alimentándose de la vaina. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 8.3: Adulto de H. gelotopoeon. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 8.4: Larva de Heliothis virescens. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 8.5: Larva de Heliothis virescens alimentándose de vaina. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 8.6: Adulto de H. virescens. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 8.7: Pulgón alado. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 8.8: Pulgón parasitado. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 8.9: Adulto y pupa de Lyriomiza spp. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



8.10: Adulto de Thysanoptera. © D. Ávalos, P. Fichetti, L. Moscardó y V. Mazzuferi.



Lámina 9.1: Pérdida de plantas por Rhizoctonia sp.*, Córdoba, setiembre 2012. © G. Viotti.*



Lámina 9.2: Tizón producido por Rhizoctonia sp. *en las ramas basales en plántulas (izquierda) y plantas en estado reproductivo (derecha), Córdoba, 2011. © G. Viotti.*



Lámina 9.3: Proceso de un cultivo con progreso de marchitamiento por Fusarium spp*. Derecha: plantas con los primeros síntomas. Depto. Castellanos, octubre 2012, Santa Fe. © M. F. Magliano*





Lámina 9.4: Síntoma y signo principal de Tizón en hojas (izquierda) (© G. Viotti) y desarrollo de picnidios en círculos sobre las manchas (derecha) (© M. Sillon).



*Lámina 9.5: Cultivo de garbanzo con presencia de síntomas de rabia (*A. rabiei*) y pústulas de roya (*U. ciceris-arietini*). Noviembre 2013, Santa Fe. © M. Sillon,*





Lámina 10.1: Planta y semillas del cultivar Chañaritos S-156. © J. Carreras.

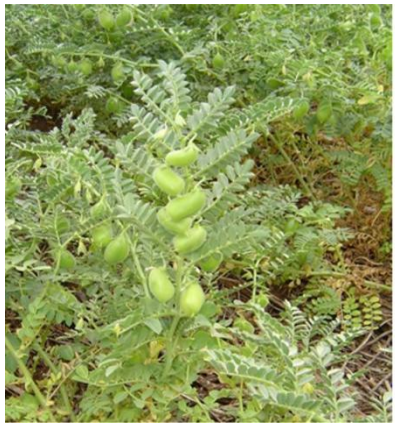




Lámina 10.2: Planta y semillas del cultivar Norteño. © J. Carreras.





Lámina 10.3: Planta y semillas del cultivar Kiara UNC-INTA. © J. Carreras.





Lámina 10.4: Planta y semillas del cultivar Felipe UNC-INTA. © J. Carreras.



Lámina 10.5: Planta del cultivar TUC 464 y vainas del cultivar TUC 403. © O. Vizgarra y C. Espeche.



Lámina 10.6: Lote de semilla (izquierda) y lote con problemas de germinación (derecha) a fin de ciclo. © J. Carreras.



Lámina 10.7: Producción de semilla de garbanzo bajo siembra directa (izquierda) y bajo siembra convencional (derecha) Cruz del Eje, 2012. © J. Reginatto.



Lámina 10.8: Producción de semilla en momento óptimo de trilla (izquierda). Secado con gramoxone al 95% de vainas en madurez fisiológica (derecha). © J. Reginatto.



Lámina 10.9: Planta de proceso de semilla ADLEXPO ARGENTINA S.A., Colonia Caroya-Córdoba, clasificadora por zarandas, mesa densimétrica, clasificadora electrónica y línea de embolsado. © J. Reginatto.



Lámina 10.10: Línea de embolsado (izquierda). Semillas Vitulo Agro S.A (derecha). © J. Reginatto.



Lámina 13.6.1: Cultivo de garbanzo en llenado de grano. Zona serrana, Coronel Príngles, Bs. As. © A. Poletti.

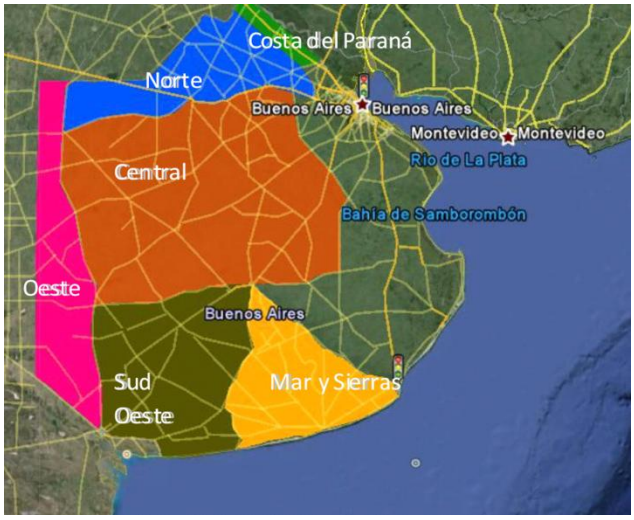


Lámina 13.6.2: Zonas agroecológicas homogéneas de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: SAGyP – INTA.

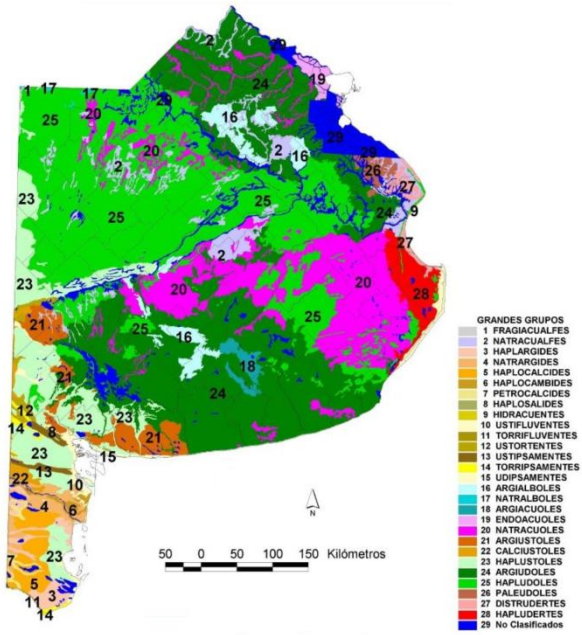


Lámina 13.6.3: Descripción general de los grandes grupos de suelos de la Provincia de Buenos Aires. Fuente: SAGyP – INTA.





Lámina 13.8.1: Presencia de nódulos en las diferentes partes de la raíz principal y lateral (arriba). Inoculación correcta (izquierda), falla en la inoculación (derecha). © M. Toscano.

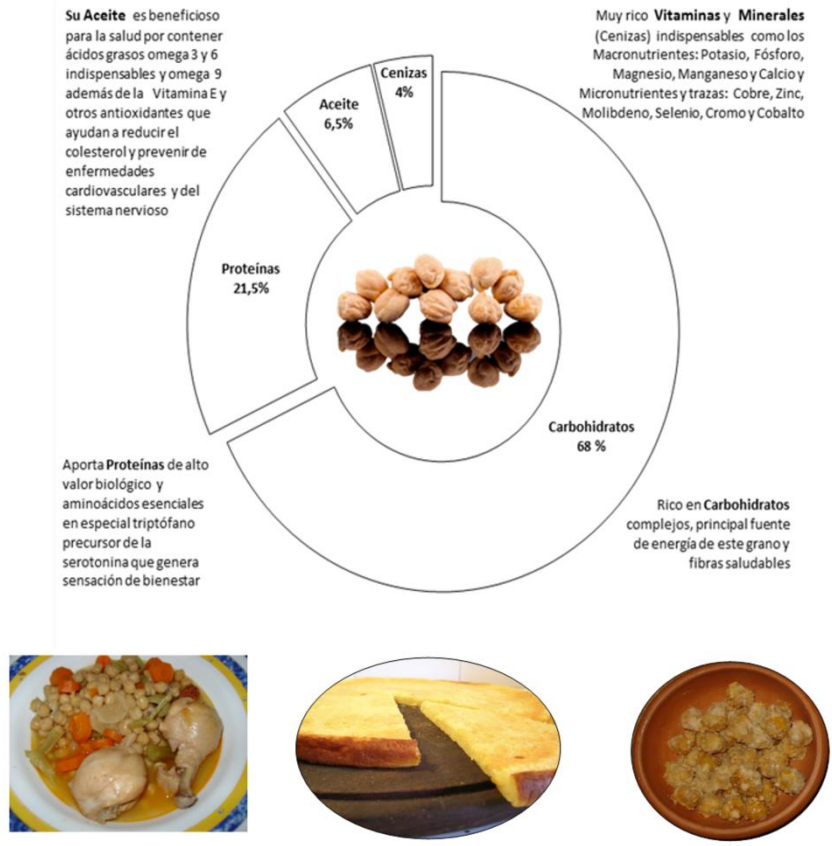


Lámina 14.1: Composición proximal del grano de garbanzo tipo Kabuli de la Provincia de Córdoba (Argentina) y sus fortalezas nutricionales en pollo aromático, fainá y praliné. © M. Martínez y M. J. Allende.



Cadena productiva: producción primaria, industria procesadora, transporte y comercialización.

Productos tradicionales:
harina, humus, falafel
y tortillas.



Productos gourmet y no tradicionales:
galletas, comidas rápidas, confituras
con chocolate y fideos.



Innovaciones: salsas y alimentos para bebés.

Lámina 15.1: Agregado de valor al grano de garbanzo. © B. Ackermann.



Lámina 16.7.1: Garbanzo con riego por goteo en La Rioja. © A. Oliva.

AUTORES

Ackermann Beatriz Almada. Traductora de Inglés. Especialista en Comercio Exterior y Seguridad Alimentaria. Consultora privada.
ackermannbeatriz@gmail.com

Aguilar Roxana. Biologa. Técnica investigadora Laboratorio Calidad de Granos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Manfredi. Córdoba.
aguilar.roxana@inta.gob.ar

Albrecht Julio César. Ingeniero Agrónomo. Asesor Privado.
j.albrecht@coopmj.com.ar

Alemanno Gabriela. Ingeniera Agrónoma. Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Tecnología de Semillas. Extensión y Apoyo al Desarrollo Rural. INTA-AER-Belén-Catamarca.
alemanno.gabriela@inta.gob.ar

Allende María José. Ingeniera Agrónoma. Profesor Asistente Mejoramiento Genético Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
allendemariajose@hotmail.com

Ateca Norma Susana. Ingeniera Agrónoma. Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Tecnología de Semillas. Profesor Titular Botánica Morfológica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
norsuateca77@gmail.com

Avalos Delia Susana. Doctora en Ciencias Biológicas. Profesora Adjunta Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
avalos@agro.unc.edu.ar.

Badini Raúl. Doctor en Ciencias Químicas. Profesional Científico Tecnológico Superior. Director Científico Unidad de Espectroscopia, CEPROCOR.
rbadini@ceprocor.uncor.edu

Beltramini Verónica Susana. Ingeniera Agrónoma. Profesora Asistente Botánica Morfológica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
veronicabeltramini@gmail.com

Biderbost Elvio. Ingeniero Agrónomo. MSc. en Fitomejoramiento. Ex Profesor Titular Mejoramiento Genético Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba. Universidad Católica Córdoba. Ex Director Instituto de Fitopatología y Fisiología Vegetal (IFFIVE)-INTA.
elviobiderbost@hotmail.com

Bologna Susana. Ingeniera Agrónoma. Magister en Gestión Ambiental. Profesora Adjunta Mejoramiento Genético Vegetal. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis.
sbbologna@gmail.com

Cantarero Marcelo. Ingeniero Agrónomo. MSc. en Producción Vegetal. Profesor Asociado Cereales y Oleaginosas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
mcantare@agro.unc.edu.ar

Caramello Daniel Alcides. Ingeniero Agrónomo. Profesor Adjunto Producción Porcina. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
dacarame@hotmail.com

Carreras Julia Juana del Carmen. Ingeniera Agrónoma. Doctora en Biociencias y Ciencias Agroalimentarias. Profesora Asociada Mejoramiento Genético Vegetal. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
juliacarreras@yahoo.com.ar

Castro Rafael José. Ingeniero Agrónomo. Asesor Privado.
rafacastro9@hotmail.com

Cavenio Mariano Rubén. Ingeniero Agrónomo. Profesor Asistente Granja. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
marianocavenio@agro.unc.edu.ar

Cisternas Patricia Amelia. Ingeniera Agrónoma. Profesora Asistente Granja. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
cisterna@agro.unc.edu.ar

Coirini Rubén Omar. Ingeniero Agrónomo. Profesor Asociado Manejo Agrosistemas Marginales. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
rcoirini@agro.unc.edu.ar

Collavino Norma Graciela. Ingeniero Agrónomo. Master en Biotecnología de Plantas. Profesora Asociada Mejoramiento Genético Vegetal. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta.
collavingrace@yahoo.com.ar

Cosiansi Jorge Francisco. Ingeniero Agrónomo. MSc. en Mecanización Rural. Profesor Titular Maquinarias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
jocosian@gmail.com

Dragneff Mortcheff Eleonora. Ingeniera Agrónoma. Asesora Privada.
eleonora_cba04@hotmail.com

Espeche Clara. Ingeniera Agrónoma. Investigador Asistente Legumbres Secas. Estación Experimental Agroindustrial. Obispo Colombres. Tucumán.
cespeche@eeaoc.org.ar

Fekete Ana. Ingeniera Agrónoma. MSc en Genética Vegetal. Profesional de Gestión Externa Mejoramiento de Legumbres. Estación Experimental Agropecuaria Salta INTA.
fekete.ana@inta.gob.ar

Fichetti Patricia del Carmen. Biologa. Doctora en Ciencias Biológicas. Profesora Asistente Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
pfichett@agro.unc.edu.ar

Fili Marcela Josefina. Licenciada en Nutrición. Profesional Técnico Investigador. Agroalimentos Legumbres y Cultivos Extensivos. Estación Experimental Agropecuaria Salta INTA.
fili.marcela@inta.gob.ar

García Medina Susana. Ingeniera Agrónoma. Profesional Principal Investigadora Fitomejoramiento de Legumbres. Estación Experimental Agropecuaria Salta INTA.
garcia.aurora@inta.gob.ar

Garzón Juan Manuel. Magister en Economía. Investigador Jefe de IERAL. Coordinador Área Economía Agrícola.
jgarzon@ieral.org

Giorgetti Myriam. Licenciada en Economía. Estación Experimental Cerrillos INTA Salta.
myryamgiorgetti@hotmail

Godoy Valdivieso Juan Julian. Ingeniero Agrónomo. Profesor Asistente Maquinarias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba.
juangodoy@agro.unc.edu.ar

Gray Liliana. Ingeniero Agrónomo. Profesor Titular Mejoramiento Genético Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Jujuy.
ingegray@uolsinectis.com.ar

Guillen Joel Francisco. Ingeniero Agrónomo. Auxiliar Primera Mejoramiento Genético Vegetal. Universidad Nacional de Villa María Córdoba.
joel_1075@hotmail.com

Hayipanteli Sergio. Ingeniero Agrónomo. Profesor Asistente Maquinarias Agrícolas. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba.
sehayipa@agro.unc.edu.ar

Inga Marcela. Licenciada en Química. Master en Química, Área de Concentración Química Analítica. Coordinadora Unidad Espectroscopia de CEPROCOR.
marcela.inga@cba.gov.ar

Karlin Marcos Sebastián. Ingeniero Agrónomo. Doctor en Ciencias Agropecuarias. Profesor Asistente Química General e Inorgánica. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
mkarlin@agro.unc.edu.ar

Kopp Sandra Beatriz. Biologa. MSc. en Ciencias Agropecuarias. Profesora Adjunta Biología Celular. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
sankopp@agro.unc.edu.ar

Livolsi Daniela. Ingeniera Agrónoma. Profesora Asistente Granja. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
dlivolsi@agro.unc.edu.ar

Luque Sergio. Ingeniero Agrónomo. MSc. en Producción Vegetal. Profesor Adjunto Cereales y Oleaginosas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
sluque@agro.unc.edu.ar

Maich Ricardo. Ingeniero Agrónomo. Especialista en Genética Aplicada. Profesor Adjunto Genética. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
rimaich@agro.unc.edu.ar

Marioli Nobile Carla Georgina. Ingeniera Agrónoma. Doctora.
carlagmn@gmail.com

Martínez María José. Bióloga. Doctora en Ciencias Biológicas. Directora Laboratorio Calidad de Granos. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.
mjmartinez@manFredi.inta.gov.ar

Mazzuferi Vilma Encarnación. Ingeniera Agrónoma. Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Tecnología de Semillas. Profesora Adjunta. Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
vimazzu@yahoo.com.ar

Moscardó María Laura. Ingeniera Agrónoma. Especialista en Protección Vegetal. Profesor Asistente. Zoología Agrícola. Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba
lauramoscardo@agro.unc.edu.ar

Oliva Adolfo Mario. Ingeniero Agrónomo. Técnico extensionista. Agencia Experimental La Rioja. INTA.
oliva.adolfo@inta.gob.ar

Orecchia Fernando Miguel. Ingeniero Agrónomo. Asesor privado.
ferorecchia@yahoo.com.ar

Osés Diego Hernán. Ingeniero Agrónomo. Profesor Asistente Granja. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba

Pastrana Panadero Claudio. Ingeniero Agrónomo. Legumbres Secas. Estación Experimental Cerrillos INTA Salta.
cppastrana@hotmail.com

Perticari Alejandro. Ingeniero Agrónomo. Investigador. Coordinador Red de Recursos Genéticos Microbianos Laboratorio BPCV-IMYZA-INTA Castelar.
perticari.alejandro@inta.gob.ar

Pocovi Mariana. Licenciada en Ciencias Biologicas. MSc. en Biotecnología de Plantas. Profesor Adjunto Genética. Universidad Nacional de Salta.
fcn13161@gmail.com

Poletti, Adrián. Ingeniero Agrónomo. Consultor privado.
apoletti@incrementarsa.com.ar

Ré Ricardo. Ingeniero Agrónomo. Asesor Técnico. Gerente de Re Agroservicios.
ricardo@reagroservicios.com.ar

Reginatto Julieta. Ingeniera Agrónoma. Asesora Técnica de Vitulo Agro SA.
julieta@granariasa.com.ar.

Rojas Elizabeth. Ingeniera Agrónoma. Auxiliar Primera Mejoramiento Genético Vegetal. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de San Luis.
elirojass@hotmail.com

Rosso Mauro. Ingeniero Agrónomo. Director Grupo Kermel.
rossomauroj@yahoo.com.ar

Saluzzo José Alberto. Ingeniero Agrónomo. MSc. en Producción Vegetal. Profesor Instituto Agrotecnologico de Tandil. Asesor Privado.
saluzzoj@yahoo.com

Scarafiocca Mario. Ingeniero Agrónomo. Cono SA. Responsable Módulo Córdoba.
sanrafael@conoagropecuaria.com.ar

Segovia Gabriela Silvia. Ingeniera Agrónoma. Técnica Asesora Programa Cambio Rural La Rioja.
sgambasegovia@gmail.com

Sillón Margarita. Ingeniera Agrónoma. Profesora Fitopatología. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Litoral.
margaritasillon@arnet.com.ar

Silva Mercedes Pilar. Biologa. Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención en Producción Vegetal. Laboratorio Calidad Granos. Estación Experimental Agropecuaria Manfredi.
silva.mercedes@inta.gob.ar

Sosa Enrique Eduardo. Ingeniero Agrónomo. Profesor Adjunto Granja. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
enrisosa@agro.unc.edu.ar

Taborda Marcos. Ingeniero Agrónomo. Asesor Privado.
marcosnicolastaborda@hotmail.com

Toledo Rubén Eduardo. Ingeniero Agrónomo. Profesor Asistente Cereales y Oleaginosas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
rtoledo@agro.unc.ar

Toscano Mariano Gabriel. Ingeniero Agrónomo. Asesor Privado.
marianog.toscano@gmail.com

Tubelo Daniel Antonio. Ingeniero Agrónomo. Doctor en Economía. Estación Experimental Cerrillos INTA Salta.
tubello.daniel@inta.gob.ar

Tula Alfredo. Ingeniero Agrónomo. Profesor Auxiliar Cereales y Oleaginosas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
alfretula@agro.unc.edu.ar

Viotti Gloria Inés. Ingeniera Agrónoma. Magister en Ciencias Agropecuarias, Mención Tecnología de Semillas. Profesora Adjunta Cereales y Oleaginosas. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
gviotti@agro.unc.edu.ar

Vizgarra Oscar. Doctor en Ciencias Biológicas. Investigador Sección Granos. Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán
poroto@eeaoc.org.ar

AGRADECIMIENTO POR EL APORTE ECONÓMICO

Secretaría de CIENCIA y TECNOLOGIA | Ministerio de INDUSTRIA, COMERCIO, MINERÍA Y DESARROLLO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO | GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA

CONO AGROPECUARIA

Granaria de Vitulo Agro S.A.

Operador de Granos y Semillas



MIRU AGROPECUARIA S.R.L.

AGRO URANGA S.A.



El cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en Argentina está realizado en 16 Capítulos. En cada uno de ellos se refleja el trabajo realizado por personas pertenecientes a diferentes disciplinas, desde la biología, la ingeniería agronómica, la economía y la nutrición. Todos ellos, referentes de Universidades, del INTA y del sector agropecuario privado que brindaron su tiempo y dedicación para aportar al conocimiento de la especie en sus requerimientos, bondades y las posibilidades diversas como alimento. El camino recorrido por el garbanzo en Argentina es relativamente corto, a pesar de ello el desarrollo y la transferencia de tecnología al sector productivo ha logrado rendimientos superiores a la media mundial generando un grano de calidad para el mercado interno y externo.

UNC Universidad Nacional de Córdoba
FCA Facultad de Ciencias Agropecuarias
50 Aniversario
Gobierno de la Provincia de Córdoba
PROGRAMA PROTRI