

# SIMPOSIO NACIONAL DE GARBANZO MEMORIA



 **AGRICULTURA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL

**inifap**  
Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias



Instituto Nacional de Investigaciones  
Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Av. Progreso no. 5, Barrio Santa Catarina  
Alcaldía Coyoacán, C.P. 04010, Ciudad de México  
**Centro de Investigación Regional del Noroeste**  
**Campo Experimental Costa de Hermosillo**  
Pascual Encinas Félix núm. 72.  
Colonia La Manga. Hermosillo, Sonora.  
Memoria Científica No. 17, Noviembre de 2020  
ISSN: En trámite

## **SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL**

**Dr. Víctor Manuel Villalobos Arámbula**  
Secretario

**Ing. Víctor Suárez Carrera**  
Subsecretario de Alimentación y Competitividad

**Lic. David Monreal Ávila**  
Coordinador General de Ganadería

**Dr. Salvador Fernández Rivera**  
Coordinador General de Desarrollo Rural

**Lic. Ignacio Ovalle Fernández**  
Director General de Seguridad Alimentaria Mexicana

## **INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS**

**Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque**  
Encargado del Despacho de los Asuntos  
de la Dirección General del INIFAP

**Dr. José Antonio Cueto Wong**  
Coordinador de Investigación,  
Innovación y Vinculación

**Dr. Luis Ortega Reyes**  
Coordinador de Planeación y Desarrollo

**Lic. José Humberto Corona Mercado**  
Coordinador de Administración y Sistemas

## **CENTRO DE INVESTIGACIÓN REGIONAL DEL NOROESTE**

**Ing. Marco Antonio Carreón Zúñiga**  
Director Regional

**Dr. Jesús Arnulfo Márquez Cervantes**  
Director de Investigación

**M.A. Luis Alberto Avilés Muñoz**  
Director de Administración

## **CAMPO EXPERIMENTAL COSTA DE HERMOSILLO**

**M.C. Teodoro Cervantes Mendivil**  
Jefe de Campo

# ***SIMPOSIO NACIONAL DE GARBANZO***

## ***MEMORIA***

*MC. José Grageda Grageda  
M.Sc. Fernando Afonso Vieira de Figueiredo  
M.Sc. Pedro Fco. Ortega Murrieta  
Ing. Gustavo Adolfo Fierros Leyva  
**Compiladores***

*MC. José Grageda Grageda  
M.Sc. Fernando A. Vieira de Figueiredo  
M.Sc. Pedro Fco. Ortega Murrieta  
Ing. Gustavo Adolfo Fierros Leyva  
**Editores***

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias  
Centro de Investigación Regional del Noroeste  
Campo Experimental Costa de Hermosillo

**Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias**

Progreso # 5, Colonia Barrio de Santa Catarina  
Alcaldía de Coyoacán  
C.P. 04010. Ciudad de México.  
Tel. 553871- 8700

SIMPOSIO NACIONAL DE GARBANZO, Año 2, No. 1, noviembre de 2020, es una publicación anual editada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Avenida Progreso, Número 5, Colonia Barrio de Santa Catarina, Alcaldía Coyoacán, Ciudad de México. C.P. 04010. <https://eventosagrodesonora.mx>. Editor Responsable: Pedro Francisco Ortega Murrieta. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. En trámite. ISSN: En trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor. Responsable de la última actualización de este número: Erasmo Valenzuela Cornejo. Campo Experimental Costa de Hermosillo, Pascual Encinas Félix No. 72, Col. La Manga. Hermosillo, Sonora, México. C.P. 83220.

Primera edición 2020

Tiraje: 500 ejemplares.

No está permitida la reproducción total o parcial de esta memoria, ni la transmisión de ninguna forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, fotocopia, por registro u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito de la institución.

## SIMPOSIO NACIONAL DE GARBANZO

Plataforma virtual YouTube y Facebook  
Fecha: 10-12 de noviembre de 2020

### PROGRAMA

CONFERENCIA / PONENTE	
HORA	REGISTRO EN LÍNEA DESDE EL 5 DE NOVIEMBRE
	10 NOVIEMBRE
17:00	<b>BIENVENIDA</b> Dr. Luis Ángel Rodríguez del Bosque. Encargado del Despacho de los Asuntos de la Dirección General del INIFAP.
17:05	<b>MENSAJE</b> Ing. José Mendivil Velderráin. Coordinador Territorial Zona 1 Noroeste. SADER.
17:10	<b>MENSAJE E INAUGURACIÓN</b> Ing. Jorge Guzmán Nieves. Secretario de la SAGARHPA, Gobierno del Estado de Sonora.
17:15	<b>INTRODUCCIÓN AL VIII SIMPOSIO NACIONAL DE GARBANZO</b> M.Sc. Pedro Francisco Ortega Murrieta
17:20	<b>PRONOSTICO DE CLIMA. PERSPECTIVA DE LOS GRANDES NÚMEROS PARA EL ESTUDIO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN MÉXICO</b> Dr. Víctor Manuel Rodríguez Moreno. Coordinador del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. Campo Experimental Pabellón. Pabellón, Aguascalientes.
17:50	<b>SITUACION GLOBAL DEL GARBANZO. RETOS Y OPORTUNIDADES PARA MÉXICO.</b> Dr. Jorge Alberto Acosta Gallegos. Programa de Frijol y Garbanzo. INIFAP-Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato
18:50	<b>NUEVAS VARIETADES DE GARBANZO Y ASPECTOS DE MANEJO AGRONÓMICO.</b> M.Sc. Pedro Fco. Ortega Murrieta. Programa de Garbanzo INIFAP-Campo Experimental Costa De Hermosillo. Hermosillo, Sonora.
19:20	<b>SESIÓN DE CARTELES DE INVESTIGACIÓN</b>
	11 NOVIEMBRE
17:00	<b>BIOLOGIA Y MANEJO INTEGRADO DE <i>Fusarium</i></b> Dr Gil Virgen Calleros. Departamento de Producción Agrícola, Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara, Nextipac, Zapopan, Jalisco.
17:30	<b>DETECCION Y MANEJO DE NEMÁTODOS EN GARBANZO</b> M.C. Armando Carrillo Fasio. CIAD, A.C. Unidad Culiacán. Culiacán, Sinaloa.
18:00	<b>ESTRATEGIA MOLECULAR PARA SELECCIONAR GENOTIPOS DE GARBANZO TOLERANTES A CALOR</b> Dr. Víctor Montero Tavera. Programa de Biotecnología. Campo Experimental Bajío. Celaya, Guanajuato.
18:30	<b>GARBANZO: VALOR NUTRICIONAL, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES</b> Dra Janitzio Xiomara Korina Perales Sánchez. Facultad de Ciencias Químico Biológicas. Universidad Autónoma de Sinaloa. Culiacán, Sinaloa.
19:00	<b>SESIÓN DE CARTELES DE INVESTIGACIÓN</b>

12 NOVIEMBRE	
17:00	<b>MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS EN EL CULTIVO DE GARBANZO</b> MC Agustín Alberto Fu Castillo. Programa de Sanidad Forestal y Agrícola. INIFAP-Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora.
17:30	<b>CONSIDERACIONES EN LA EVALUACION DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN DEL GARBANZO</b> Dr. Jesús Navejas Jiménez. Programa de Ingeniería de Riego. INIFAP-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur
18:00	<b>MILDIU Y ALTERNARIA DEL GARBANZO: IMPACTO ECONOMICO Y SU CONTROL FITOSANITARIO</b> M.C. Isidro Padilla Valenzuela. Programa de Garbanzo INIFAP-Campo Experimental Norman E. Borlaug. Cd Obregón, Sonora.
18:30	<b>POSIBILIDADES PARA EL MANEJO ORGANICO DEL CULTIVO DE GARBANZO</b> Dr. Jaime Alonso Bernal Velázquez. Director y Asesor de Proyectos. ABS. Hermosillo, Sonora.
19:00	<b>SESIÓN DE CARTELES DE INVESTIGACIÓN</b>
19:15	<b>CLAUSURA</b>

### COMITÉ CIENTÍFICO

<b>Nombre</b>	<b>Institución</b>
MC. Iván Ramírez Ramírez	COLPOS
MC. José Grageda Grageda	INIFAP- CIRNO
MS. Fernando Afonso Vieira de Figueiredo	INIFAP- CIRNO
M.Sc. Pedro Fco. Ortega Murrieta	INIFAP - CIRNO
Ing. Gustavo Adolfo Fierros Leyva	INIFAP - CIRNO
MC. Isidoro Padilla Valenzuela	INIFAP - CIRNO

## COMITÉ ORGANIZADOR

---

<b>COORDINACIÓN GENERAL Y FINANZAS</b>	PEDRO FCO. ORTEGA MURRIETA TEODORO CERVANTES MENDÍVIL JESUS OCTAVIO FLORES LARA
<b>PROMOCIÓN Y DIFUSIÓN</b>	ERASMO VALENZUELA CORNEJO MARÍA DE LOS ANGELES ALMARAL CARRILLO ANA AURORA FONTES PUEBLA KARLA GUADALUPE DOMINGUEZ CANIZALES ADRIANA RODRÍGUEZ BORBÓN
<b>EXPOSITORES Y PROGRAMA DE CONFERENCIAS</b>	PEDRO FCO. ORTEGA MURRIETA GUSTAVO A. FIERROS LEYVA EMÍLIO JIMENEZ GARCÍA
<b>MEMORIAS</b>	JOSÉ GRAGEDA GRAGEDA FERNANDO A. VIEIRA DE FIGUEIREDO PEDRO FRANCISCO ORTEGA MURRIETA GUSTAVO ADOLFO FIERROS LEYVA ISIDORO PADILLA VALENZUELA
<b>INSCRIPCIÓN Y REGISTRO</b>	FERNANDO AFONSO VIEIRA DE FIGUEIREDO MIGUEL ANGEL ZAPATA MORENO EMÍLIO JIMENEZ GARCÍA MARÍA DE LOS ÁNGELES ALMARAL CARRILLO F. ROBERTO BURBOA CABRERA DULCE IRENE ACOSTA VALLE IVETH MARIA ALMARAL CARRILLO JOSE SILVA CONSTANTINO MIGUEL ROBERTO SALAZAR DIAZ JESUS CIPRIANO CONTRERAS VILLA RUBÉN CABANILLAS CRUZ MARÍA DEL ROSARIO ROBLES LÓPEZ
<b>MÓDULOS COMERCIALES</b>	ANA AURORA FONTES PUEBLA KARLA GUADALUPE DOMÍNGUEZ CANIZALES PEDRO FRANCISCO ORTEGA MURRIETA AGUSTÍN ALBERTO FU CASTILLO ABRAHAM GÁMEZ LUCERO
<b>TRANSMISIÓN DEL EVENTO</b>	ANA AURORA FONTES PUEBLA KARLA GUADALUPE DOMINGUEZ CANIZALES ADRIANA RODRÍGUEZ BORBÓN
<b>MODERADORES</b>	JESÚS HUMBERTO NÚÑEZ MORENO MIGUEL ANGEL ZAPATA MORENO GERARDO MARTINEZ DÍAZ KARLA GUADALUPE DOMÍNGUEZ CANIZALES

---

## **AGRADECIMIENTOS**

El Comité Organizador del VIII Simposio Nacional de Garbanzo, agradece el apoyo del Gobierno del Estado de Sonora, SADER, Fundación Pro Investigación Agrícola del Estado de Sonora, A.C. (FIAES), la Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. (SOMEFI) y la Asociación Agrícola Hermosillense S.A. de C.V. para la realización de este evento.

De la misma manera se hace amplio reconocimiento y agradecimiento por su apoyo a las siguientes Instituciones y/o Empresas:

- INIFAP-Campo Experimental Norman E. Borlaug
- INIFAP-Campo Experimental Todos Santos
- INIFAP- Campo Experimental Bajío
- INIFAP- Campo Experimental Costa de Hermosillo
- Asociación de Organismos Agrícolas del Norte de Sonora (AOANS)
- Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Sonora
- Junta Local de Sanidad Vegetal de Hermosillo
- Productores de Garbanzo
- Alimentos Agrícolas y Naturales S.A. de C.V. (ALIANSA)
- Asistencia Técnica de Granos S.A. de C.V.
- Guan&Plus Fertilizantes Orgánicos
- Manufacturera Fehr S.A. de C.V.
- Aquafim S.A. de C.V.
- AGROABS de Hermosillo S.A. de C.V.

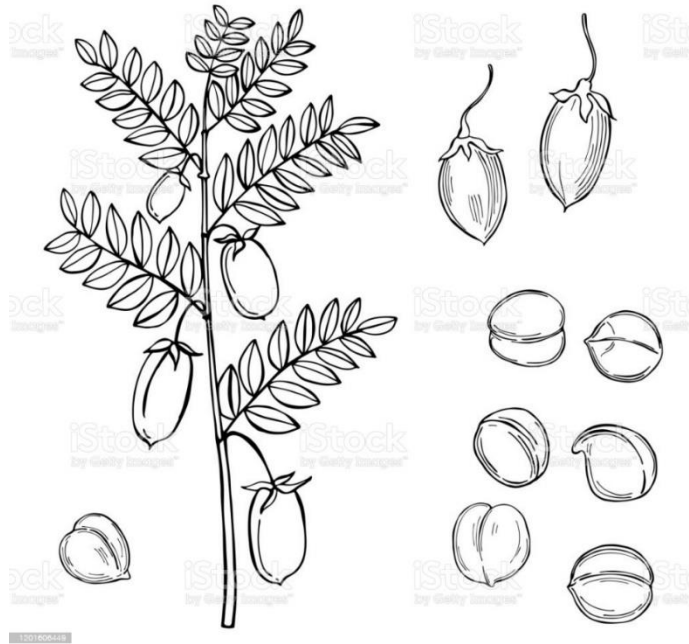


## CONTENIDO

TÍTULO	Pág.
<p><b>NUEVAS VARIETADES DE GARBANZO Y ASPECTOS DE MANEJO AGRONÓMICO</b>  <i>Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA, Gustavo A. FIERROS LEYVA, Isidoro PADILLA VALENZUELA, Jorge A. ACOSTA GALLEGOS, Víctor VALENZUELA HERRERA, Brenda Z. GUERRERO AGUILAR, Erasmo GUTIÉRRES PÉREZ, Agustín A. FU CASTILLO, Jesús M. ÁVILA SALAZAR. Campo Experimental Costa de Hermosillo. INIFAP. Hermosillo, Sonora.</i></p>	13
<p><b>BIOLOGÍA Y MANEJO INTEGRADO DE <i>Fusarium</i> EN GARBANZO.</b>  <i>Gil VIRGEN CALLEROS. Departamento de Producción Agrícola.CUCBA. Universidad de Guadalajara. Zapopan Jalisco, México.</i></p>	20
<p><b>DETECCIÓN DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y SU MANEJO EN EL CULTIVO DEL GARBANZO.</b>  <i>José Armando CARRILLO-FASIO. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC. Carretera a Eldorado Km 5.5, Col.Campo El Diez, CP 80110, Culiacán, Sinaloa, México.</i></p>	26
<p><b>ESTRATEGIA MOLECULAR PARA SELECCIONAR GENOTIPOS DE GARBANZO TOLERANTES A CALOR.</b>  <i>Ana Paulina RODRÍGUEZ-VERA, Jorge Alberto ACOSTA-GALLEGOS, Jorge Eric RUIZ-NIETO, Víctor MONTERO-TAVERA. Campo Experimental Bajío, INIFAP. Celaya, Gto. Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida. Universidad de Guanajuato. Celaya, Gto.</i></p>	34
<p><b>GARBANZO: VALOR NUTRICIONAL, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES.</b>  <i>Janitzio Xiomara Korina PERALES SÁNCHEZ. Programa Regional de Posgrado en Biotecnología, Facultad de Ciencias Químico Biológicas (FCQB), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Culiacán, Sinaloa.</i></p>	39
<p><b>EXPERIENCIAS EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA CON MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL GARBANZO.</b>  <i>Agustín A. FÚ CASTILLO, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA, Karla G. DOMÍNGUEZ CANIZALES, Gustavo A. FIERROS LEYVA, José GRAGEDA GRAGEDA. Investigadores del CECH-INIFAP. Pascual Encinas Félix No. 72. Col. La Manga. Hermosillo, Sonora.</i></p>	46
<p><b>CONSIDERACIONES RELEVANTES EN LA EVALUACIÓN DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN DEL GARBANZO EN B.C.S.</b>  <i>Jesús NAVEJAS JIMÉNEZ, Erasmo GUTIÉRRES PÉREZ, Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA, Sergio ZAMORA SALGADO. Campo Experimental Todos Santos. INIFAP. La Paz, B.C.S.</i></p>	58
<p><b>MILDIU Y ALTERNARIA DEL GARBANZO: IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO FITOSANITARIO.</b>  <i>Isidoro PADILLA VALENZUELA, José Alfonso RAMÍREZ ARREDONDO, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA, Gustavo Adolfo FIERROS LEYVA. Campo Experimental Norman E. Borlaug. Km. 12 Norman E. Borlaug, A.P. 115, Cd. Obregón, Sonora.</i></p>	64

<b>PONENCIAS DE INVESTIGACIÓN - CARTELES</b>	
<p><b>RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE GARBANZO BLANCO VALIDADAS EN BAJA CALIFORNIA SUR.</b>  <i>Erasmus GUTIERRES PÉREZ, Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ, Raúl AVALOS CASTRO, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA. INIFAP-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B. C. S.,</i></p>	72
<p><b>EVALUACIÓN PATOGENICA DE 25 AISLADOS DE <i>Fusarium solani</i> DE BAJA CALIFORNIA SUR EN DOS GENOTIPOS DE GARBANZO TIPO BLANCO HOGA 67 Y BLANCO SINALOA 92.</b>  <i>Montserrat ZAPATERO OLIVARES, Brenda Zulema GUERRERO AGUILAR, Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ, Erasmo GUTIÉRRES PÉREZ. Instituto Tecnológico de Roque, km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. Celaya, Guanajuato.</i></p>	77
<p><b>ANÁLISIS DE DIVERSIDAD GENÉTICA DE RASGOS MORFO-AGRONÓMICOS EN GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i> L.) TIPO DESI POR TÉCNICAS MULTIVARIADAS.</b>  <i>Raúl ÁVALOS CASTRO, Erasmo GUTIERRES PÉREZ, Claudia M. MELGOZA VILLAGÓMEZ INIFAP - Campo Experimental Todos Santos/Sitio Experimental Valle de Santo Domingo. Carretera Transpeninsular Km 208, Cd. Constitución, B. C. S.</i></p>	83
<p><b>CIENCIA DE DATOS PARA EL PRONÓSTICO DEL MILDIU VELLOSO (<i>Peronospora ciceris</i>) DEL GARBANZO (<i>Cicer arietinum</i> L) USANDO DATOS METEOROLOGICOS.</b>  <i>Víctor Manuel RODRIGUEZ-MORENO, Jorge Ernesto MAURICIO RUVALCABA, José GRAGEDA GRAGEDA, Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ. INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.</i></p>	95
<p><b>CARACTERIZACIÓN DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE GARBANZO UTILIZADAS COMO PROGENITORES EN LA GENERACION DE POBLACIONES SEGREGANTES.</b>  <i>Víctor VALENZUELA HERRERA, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA, Sixto VELARDE FÉLIX, Milagros RAMÍREZ SOTO. INIFAP-Campo Experimental Valle de Culiacán, km 17.5 Carretera Culiacán-El Dorado, Culiacán, Sinaloa.</i></p>	101
<p><b>EVALUACIÓN PATOGENICA DE <i>Fusarium oxysporum</i> EN DOS GENOTIPOS DE GARBANZO BLANCO.</b>  <i>Brenda Beatriz SÁNCHEZ RODRÍGUEZ, Brenda Zulema GUERRERO AGUILAR, Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ, Erasmo GUTIÉRRES PÉREZ. Instituto Tecnológico de Roque, km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. Celaya, Guanajuato,</i></p>	105
<p><b>GENERACIÓN DE MODELOS PARA LA PREDICCIÓN DE DOS ENFERMEDADES DEL GARBANZO EN BAJA CALIFORNIA SUR. AVANCES 2019-2020.</b>  <i>José GRAGEDA GRAGEDA, Víctor Manuel RODRÍGUEZ MORENO, Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ. Investigador del INIFAP-CECH. Hermosillo, Sonora.</i></p>	112
<p><b>EVALUACIÓN DE FECHAS DE SIEMBRA Y DAÑOS DEL COMPLEJO DE LEPIDÓPTEROS EN GARBANZO.</b>  <i>Agustín Alberto FU CASTILLO, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA, Gustavo Adolfo FIERROS LEYVA, Jose GRAGEDA GRAGEDA, Campo Experimental Costa de Hermosillo-INIFAP. Hermosillo, Sonora. México.</i></p>	119

<b>PONENCIAS DE INVESTIGACIÓN - CARTELES</b>	
<p><b>RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE OCHO VARIEDADES Y DOS LÍNEAS AVANZADAS DE GARBANZO BLANCO (<i>Cicer arietinum</i> L.) EN FECHA TARDÍA.</b></p> <p><i>Gustavo Adolfo FIERROS-LEYVA, Pedro Fco. ORTEGA-MURRIETA, Jorge Alberto ACOSTA-GALLEGOS, Isidoro PADILLA-VALENZUELA, Víctor VALENZUELA-HERRERA, Erasmo GUTIERRES-PÉREZ, Franklin Gerardo RODRÍGUEZ-COTA. INIFAP-CE Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora.</i></p>	124
<p><b>RELACIÓN ENTRE DESCRIPTORES MORFO-AGRONÓMICOS DEL FRUTO QUE IMPACTAN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GARBANZO.</b></p> <p><i>Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ, Erasmo GUTIERRES PÉREZ, Gustavo Adolfo FIERROS LEYVA, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA, Jorge Alberto ACOSTA GALLEGOS, Víctor VALENZUELA HERRERA. Campo Experimental Todos Santos. INIFAP. La Paz, B. C. S.,</i></p>	131
<p><b>ANÁLISIS DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES E INFRARROJAS ADQUIRIDAS CON VANT PARA EL MONITOREO DEL RIEGO EN GARBANZO.</b></p> <p><i>José Denis OSUNA AMADOR, Armando TRASVIÑA CASTRO, Rodrigo MÉNDEZ ALONZO, Romeo SALDÍVAR LUCIO, Rufina HERNÁNDEZ MARTÍNEZ y Georgianne W. MOORE. Campo Experimental Todos Santos del INIFAP. Estudiante Doctorado en Ciencias en Ciencias de la vida, CICESE.</i></p>	137



## **PRESENTACIÓN**

El cultivo del garbanzo se siembra durante el ciclo otoño-invierno y es una de las mejores opciones de producción en el noroeste de México por su bajo consumo de agua y por su importancia económica al ser un generador de divisas. La superficie de siembra promedio cosechada en esta región del país en el período 2015-2020 fue de 78,796 ha, con un rendimiento promedio de 2.06 toneladas por hectárea y un volumen de producción de 152,939 toneladas anuales que representan un valor de aproximadamente 2,294 millones de pesos (SIAP, 2020).

Entre los principales avances tecnológicos que inciden en la productividad y calidad del cultivo están las prácticas agronómicas como el manejo óptimo del agua de riego, ocasionado por la incorporación de algunas áreas de producción en Sonora y Baja California Sur a los sistemas de riego presurizado y nuevas tecnologías como la biofertilización, por lo que solo mediante la investigación e innovación será posible enfrentar estos retos para mantener e incrementar la productividad y rentabilidad de este cultivo. En la actualidad la solución a los problemas que han impactado la producción de garbanzo se ha logrado mediante la generación y uso de variedades mejoradas con resistencia o tolerancia a las enfermedades de la raíz, obtenidas mediante mejoramiento genético y el mejoramiento de plantas, además de la adecuación del manejo agronómico.

Como parte de la estrategia para solventar la problemática que afronta el cultivo de garbanzo, se propone fomentar la difusión de las tecnologías disponibles en el INIFAP e instituciones de enseñanza, mediante eventos de transferencia de tecnología que aglutinen a técnicos, académicos, productores, comercializadores e industriales a fin de darle mayor valor a la cadena productiva de este cultivo; para ello se está realizando el “VIII Simposio Nacional de Garbanzo” que en esta ocasión debido a la contingencia sanitaria por el Covid19 se está realizando en forma virtual.

Para el desarrollo de este evento se cuenta con la participación conjunta del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Fundación Pro Investigación Agrícola del Estado de Sonora A.C. (FIAES), la Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. (SOMEFI) y la Asociación Agrícola Hermosillense S.A. de C.V. (AAH), empresas del ramo y agricultores cooperantes. Esperamos que los avances y resultados de la investigación en garbanzo apoyen a mejorar los sistemas de producción del garbanzo, así como la sustentabilidad y rentabilidad de esta leguminosa.

**M.C. Teodoro Cervantes Mendivil**  
*Jefe de Campo del CECH - INIFAP*

## **PRESENTACIÓN**

La realización del VIII Simposio Nacional de Garbanzo muestra la unidad de investigadores, técnicos, productores e Instituciones de apoyo, para promover el crecimiento de esta Cadena Agroindustrial. La Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. (SOMEFI) participa en este evento con el interés de cumplir con los objetivos de su creación; promover, divulgar e impulsar el desarrollo científico, técnico y educativo de las ciencias agronómicas, en esta ocasión, formando parte del comité organizador de este evento, que en esta ocasión debido a la contingencia sanitaria por el Covid19 se está realizando en forma virtual.

El presente simposio aborda la problemática relacionada con las prácticas agronómicas de manejo del cultivo, mejoramiento genético, manejo del riego y fertilizantes, nutrición vegetal, uso de organismos benéficos, control de maleza, utilización alternativa del producto, entre otros. La divulgación de los avances en estas líneas de investigación, ayudará a los productores en la toma de decisiones para que el cultivo de garbanzo se mantenga como uno de los más rentables dentro de los cultivos de grano en el ambiente de clima templado.

El presidente del Comité Directivo Nacional de la SOMEFI 2019-2020 agradece la invitación del Comité Organizador del VIII Simposio Nacional de Garbanzo para participar en este importante evento. Nuestras felicitaciones y mejores deseos para que el simposio sea todo un éxito, en bien del sector garbanzero y de México.

**Atentamente**

**MC. Iván Ramírez Ramírez**  
*Presidente de la SOMEFI*

# CONFERENCIAS



## NUEVAS VARIEDADES DE GARBANZO Y ASPECTOS DE MANEJO AGRONÓMICO

Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA<sup>1</sup>, Gustavo A. FIERROS LEYVA<sup>1</sup>,  
Isidoro PADILLA VALENZUELA<sup>2</sup>, Jorge A. ACOSTA GALLEGOS<sup>3</sup>,  
Víctor VALENZUELA HERRERA<sup>4</sup>, Brenda Z. GUERRERO AGUILAR<sup>3</sup>,  
Erasmus GUTIÉRRES PÉREZ<sup>5</sup>, Agustín A. FU CASTILLO<sup>1</sup>, Jesús M. ÁVILA SALAZAR<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Campo Exp. Costa de Hermosillo INIFAP, Hermosillo, Sonora; <sup>2</sup>Campo Exp. Norman E. Borlaug, Cd. Obregón Sonora; <sup>3</sup>Campo Exp. Bajío, Celaya, Guanajuato; <sup>4</sup>Campo Exp. Valle de Culiacán, Sinaloa, <sup>5</sup>Campo Exp. Todos Santos, La Paz, B.C.S.; <sup>6</sup>Profesor Jubilado, Departamento de Agricultura y Ganadería, Universidad de Sonora.  
ortega.pedro@inifap.gob.mx.

### Resumen

Se evaluaron a nivel experimental y comercial cuatro nuevas variedades de garbanzo, una línea experimental y dos testigos regionales en localidades de Sonora, Sinaloa y Baja California Sur durante los ciclos de producción 2019 y 2020. Algunas localidades con altas cantidades de infestación de hongos causantes de la rabia (*Fusarium solani* y *F. oxysporum*). Sobresalieron en todas las localidades Mazocahui, BlancoSon, Sinalomex 2018 y la línea HOGA 2006-14-8 por su rendimiento, calidad y tolerancia a *Fusarium*. Las variedades testigo Blanco Sinaloa 92, Blanoro y la nueva variedad Combo 743 fueron las que produjeron menor rendimiento de grano y fueron susceptibles al hongo *Fusarium*. Es necesario que se evalúen en cada región en parcelas de productores para darlas a conocer y sean adoptadas por los productores de garbanzo.

### Introducción

Una de las principales fuentes de energía y de proteína en el mundo son las leguminosas, entre ellas el garbanzo, que ocupa un lugar muy preponderante en la alimentación humana. En México, el garbanzo blanco de grano grande y rugoso tipo 'kabuli' se produce principalmente en condiciones de riego en el Noroeste de México, en su mayoría para exportación hacia el Medio Oriente. Este cultivo se ha adaptado a las condiciones climáticas del Noroeste de México, y debido a su eficiencia en el uso del agua, es una opción adecuada ya que el agua para riego es escasa y de muy alto costo. La principal limitante al igual que otras regiones productoras, son las enfermedades de la raíz causadas principalmente por *Fusarium* spp, y la manera más económica y factible de combatirlas es mediante la resistencia genética, en combinación con prácticas culturales que reduzcan las poblaciones de estos hongos en el suelo.

La superficie de siembra promedio cosechada en el noroeste de México es de esta región de país en los últimos seis años (2015-2020) fue de 78,796 ha, con rendimiento promedio de 2.062 t ha<sup>-1</sup>, y con una producción de 152,939 toneladas anuales (SIAP, 2020) con un valor de la producción de aproximadamente 2,340 millones de pesos. Dentro de las limitantes agronómicas de la producción del garbanzo en el Noroeste de México están las enfermedades foliares y de la raíz (Fierros *et al.*, 2012), destacando las enfermedades de raíz causadas por el género *Fusarium*, principalmente (Saxena, 1984). El objetivo es dar a conocer el comportamiento de estas nuevas variedades liberadas por el INIFAP.

### Materiales y métodos

Durante los ciclos 2019 y 2020 se evaluaron variedades de garbanzo liberadas recientemente por el programa de Mejoramiento Genético de Garbanzo del INIFAP y una línea élite, en lotes experimentales en Sonora, Sinaloa y Baja California Sur. Durante el 2020 se evaluaron dos

variedades en parcelas comerciales de productores del área de la Costa de Hermosillo, Sonora. Se sembraron las variedades Mazocahui, BlancoSon, Combo 743, Sinalomex 2018, y la línea élite HOGA 2006-14-8, los testigos fueron Blanoro y Blanco Sinaloa 92. Todas se sembraron bajo diferentes sistemas de producción, tanto en sistema de riego por goteo como rodado. Se reportan los resultados de rendimiento, calibre de grano y porcentaje de grano exportable. En la Costa de Hermosillo, todos los suelos donde se evaluaron las variedades presentaron alta infestación del hongo *Fusarium* spp., y en la mayoría de ellos se presentó el nemátodo de la lesión *Pratylenchus thornei*.

Las evaluaciones experimentales fueron parcelas pequeñas establecidas en diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, pero las validaciones con los productores fueron extensiones de terreno de 1,000 a 2,000 m<sup>2</sup> y algunas muestras se tomaron en terrenos donde se estaban reproduciendo las variedades para semilla de registro. Los campos de la Costa de Hermosillo donde se realizaron estas evaluaciones en el ciclo 2020 se anotan en el Cuadro 1, así como la presencia de *Fusarium* medida en Unidades Formadoras de Colonia (UFC) por gramo de suelo. El nemátodo de la lesión (*Pratylenchus thornei*) en número por 100 g de suelo.

**Cuadro 1. Poblaciones de *Fusarium* spp y *Pratylenchus thornei* en los sitios del estudio donde se evaluaron las nuevas variedades de garbanzo del INIFAP. Ciclo 2019-2020.**

<b>Id</b>	<b>Sitio</b>	<b><i>F. oxysporum</i> (UFC/ g suelo)</b>	<b><i>F. solani</i> (UFC/ g suelo)</b>	<b><i>P. thornei</i> (no./100 g de suelo)</b>
CE	Campo Exp. Costa de Hermosillo	80	700	400
CN	Campo Nuevo (AgroExtremadura)	1400	300	640
NE	Nochistongo (Ensayos)	1300	-	740
NR	Nochistongo (Reproducción)	800	200	30
KN	SPR Kino	800	200	460
TR	La Trácala	400	-	-
BC	La Bachata	750	-	32
BS	Basopa	400	-	-

Se tomaron muestras de diferentes tamaños para estimar el rendimiento de grano. Se calculó el rendimiento exportable pasando una muestra por una criba con perforaciones de 9 mm de diámetro, asimismo se midió el calibre de grano contando el número de semillas en 30 g. Se reporta además el rendimiento de las variedades por los diferentes calibres de producción, considerando cribas con perforaciones de 12, 11, 10, 9 8 y 7 mm de diámetro.

### Resultados y discusión

**Ciclo 2018-2019.** En el Cuadro 2 se anota el rendimiento de exportación de las localidades experimentales de evaluación durante el ciclo 2018-2019. En estos sitios destaca el Noch Rodado, por el alto valor de población de *Fusarium* ya que presentó 1800 UFC, en Noch Goteo 1,000 UFC y en CECH 800 UFC, además en forma respectiva presentaron 10, 38 y 15 nemátodos *Pratylenchus thornei* por 100 g de suelo. Bajo estas condiciones en el lote Noch Rodado sobresalieron Mazocahui, BlancoSon y la línea HOGA 2006-14-8, con rendimiento de grano de



exportación de 3,800, 2,879 y 2,540 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente, que son muy superiores a la producción de los testigos regionales Blanco Sinaloa 92 y Blanoro, que rindieron 294 y 382 kg ha<sup>-1</sup>.

En el sitio Noch Goteo sobresalen de nuevo por su alto rendimiento de calidad exportación los genotipos BlancoSon, Combo 743, la línea HOGA 2006-14-8 y Mazocahui, tal como se anota en el Cuadro 2. En la localidad CECH fueron más bajos los rendimientos generales pero con la misma tendencia de obtener los rendimientos mas altos con los genotipos BlancoSon, Mazocahui, HOGA 2006-14-8, Combo 743 y Sinalomex 2018.

Es conveniente hacer la aclaración que se ha documentado la interacción de los nemátodos con Fusarium, ya que el problema de infección por este hongo se incrementa pues los nemátodos producen lesiones que facilitan la penetración de los hongos, aun cuando las variedades tengan resistencia genética (Castillo *et al.*, 1988). En promedio de las localidades evaluadas, sobresalen por su alto rendimiento BlancoSon, Mazocahui y la línea HOGA 2006-14-8.

**Cuadro 2. Rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>) de exportación de las nuevas variedades de garbanzo en las localidades en Sonora. Ciclo 2018-2019.**

Genotipo / variedad	Goteo Noch†	Rodado Noch	CECH 1 FS	CECH 2da FS	CENEB 1 FS	CENEB 2da FS	Promedio
BlancoSon	4,229	2,879	1,771	1,750	922	774	2,054
Mazocahui	3,245	3,800	1,936	1,275	899	810	1,994
HOGA 2006-14-8	4,147	2,540	2,091	1,452	503	803	1,923
Combo 743	4,226	868	944	1,657	1,435	1,431	1,760
Sinalomex 2018	2,957	913	1,198	1,613	1,258	1,244	1,531
Blanco Sinaloa 92	3,323	294	434	973	1,313	1,312	1,275
Blanoro	2,790	382	756	1,010	1,201	1,330	1,245

†Noch, Campo Nochistongo; CECH, Campo Experimental Costa de Hermosillo; CENEB, Campo Experimental Norman E. Borlaug.

En cuanto al calibre del grano la tendencia en las localidades fue que se presentaron los mejores tamaños de grano (menor calibre) con la variedad Sinalomex 2018 (Cuadro 3). El resto de las variedades está en el rango de ser aceptables en el mercado internacional.

En cuanto al porcentaje de grano de exportación producido por las variedades, sobresalen Sinalomex 2018, HOGA 2006-14-8, Combo 743, Mazocahui y BlancoSon con valores mayores al 80%. La de menor valor fue la testigo Blanco Sinaloa 92 con 71% en promedio de las localidades evaluadas (Cuadro 4).

**Cuadro 3. Calibre de exportación (número de granos en 30 g) de las nuevas variedades de garbanzo en localidades de Sonora. Ciclo 2018-2019.**

Genotipo / variedad	Goteo Nocht†	Rodado Noch	CECH 1a FS	CECH 2a FS	CENEB 1a FS	CENEB 2a FS	Promedio
BlancoSon	44	48	44	48	54	57	49
Mazocahui	45	49	45	48	51	56	49
HOGA 2006-14-8	43	47	43	48	50	54	48
Combo 743	41	48	45	46	46	49	46
Sinalomex 2018	40	45	42	44	52	54	46
Blanco Sinaloa 92	43	48	50	46	42	49	46
Blanoro	42	51	48	46	51	52	48

†Noch, Campo Nochistongo; CECH, Campo Experimental Costa de Hermosillo; CENEB, Campo Experimental Norman E. Borlaug.

**Cuadro 4. Porcentaje de grano de exportación de las nuevas variedades de garbanzo en las localidades en Sonora. Ciclo 2018-2019.**

Genotipo / variedad	Goteo Nocht†	Rodado Noch	CECH 1a FS	CECH 2a FS	CENEB 1a FS	CENEB 2a FS	Promedio
BlancoSon	93	84	92	82	63	63	80
Mazocahui	90	85	89	73	74	74	81
HOGA 2006-14-8	97	90	98	83	61	61	82
Combo 743	94	58	81	83	86	86	81
Sinalomex 2018	92	92	90	91	83	72	87
Blanco Sinaloa 92	92	56	48	61	84	84	71
Blanoro	92	65	78	74	72	72	75

†Noch, Campo Nochistongo; CECH, Campo Experimental Costa de Hermosillo; CENEB, Campo Experimental Norman E. Borlaug.

**Ciclo 2019-2020.** Durante este ciclo de producción, se sembraron las mismas variedades en parcelas experimentales de ocho localidades de Sonora, Sinaloa y Baja California Sur, en diferentes sistemas de producción, bajo riego por goteo, rodado y con solo humedad de lluvias. Se les dio manejo de acuerdo a lo recomendado por INIFAP. En el Cuadro 5 se muestra el rendimiento de exportación de los genotipos, donde se observa que en promedio general de las localidades, los más altos rendimientos los obtuvieron la línea experimental HOGA 2006-14-8, seguida por Sinalomex y Mazocahui, que están por arriba de la media de producción de Blanco Sinaloa-92. Las variaciones del rendimiento entre localidades son inherentes a los sistemas de producción.

**Cuadro 5. Rendimiento de exportación (kg ha<sup>-1</sup>) de las nuevas variedades de garbanzo en las localidades en Sonora, Sinaloa y Baja California Sur. Ciclo 2020.**

Genotipo	HMO Nocht†	HMO Campo Nuevo	BCS StoDom	VY SEMAY	VY CENEB	SIN 1	SIN 2	SIN 3	Prom
HOGA 2006-14-8	1,110	2,608	3,087	1,969		1,777	3,148	1,777	2,211
Sinalomex 2018	1,275	2,290	2,644	1,593	1,438	2,163	2,765	1,751	1,990
Mazocahui	1,279	2,407	2,846	897	1,245	1,618	3,168	1,846	1,913
Blanco Sin.-92	1,035	2,312	3,129	1,248	1,658	1,800	2,083	1,715	1,872
BlancoSon	1,793	2,573	2,783	946	1,056	-	-	1,881	1,839
Blanoro	935	2,023	3,350	1,161	1,408	1,331	2,016	2,372	1,824
Combo 743	1,085	2,417	3,106	1,316	885	1,188	1,790	1,709	1,687

† HMO Nocht, Hermosillo Campo Nochistongo; BC StoDom, Valle de Santo Domingo; VY, Valle del Yaqui, SIN, Culiacán, Sinaloa.

En cuanto a calibre de grano, sobresale Sinalomex 2018 entre todas las variedades por su tamaño de grano, mientras que el resto de las variedades caen dentro de la clasificación de aptas para exportación (Cuadro 6).

**Cuadro 6. Calibre de exportación (número de granos en 30 g) de las nuevas variedades de garbanzo en las localidades en Sonora, Sinaloa y Baja California Sur. Ciclo 2020.**

Genotipo	HMO Nocht†	HMO Campo Nuevo	BCS StoDom	SIN 1	SIN 2	SIN 3	Promedio
HOGA 2006-14-8	50	46	41	44	42	48	45
Sinalomex 2018	47	45	43	40	39	45	43
Mazocahui	51	45	42	45	44	49	46
Blanco Sin.-92	46	42	40	47	46	49	45
BlancoSon	50	44	41	-	-	50	46
Blanoro	47	45	41	43	46	48	45
Combo 743	49	45	43	46	42	48	45

† HMO Nocht, Hermosillo Campo Nochistongo, BC StoDom, Valle de Santo Domingo; VY, Valle del Yaqui, SIN, Culiacán, Sinaloa.

En cuanto al promedio del porcentaje de grano de las variedades en las localidades que se evaluaron, HOGA 2006-14-8, Sinalomex 2018 y Blanoro presentaron los valores más altos, con 89, 86 y 84% de grano de calidad exportación respectivamente.

**Cuadro 7. Porcentaje de grano de exportación de las nuevas variedades de garbanzo en las localidades en Sonora, Sinaloa y Baja California Sur. Ciclo 2020.**

Genotipo	HMO Noch †	HMO Campo Nuevo	BCS StoDom	VY SEMAY	VY CENEB	SIN 1	SIN 2	SIN 3	Promedio
HOGA 2006-14-8	74	96	97	70	-	98	97	89	89
Sinalomex 2018	80	86	94	65	75	99	98	90	86
Mazocahui	72	90	94	45	67	96	93	88	81
Blanco Sin.-92	80	90	94	53	76	96	89	83	83
BlancoSon	98	89	94	48	72	-	-	89	81
Blanoro	84	88	95	54	73	97	90	91	84
Combo 743	75	91	95	57	64	96	95	85	82

† HMO Noch, Hermosillo Campo Nochistongo, BC StoDom, Valle de Santo Domingo; VY, Valle del Yaqui, SIN, Culiacán, Sinaloa

En campo de productores se tuvieron parcelas de validación y se registró el rendimiento de las parcelas dedicadas a la producción de semilla. Se anotan en el Cuadro 1 los niveles de infestación de Fusarium y el nemátodo Pratylenchus, por lo que las variedades expresaron su potencial bajo estas condiciones. En promedio de las localidades, Mazocahui superó con 541 kg ha<sup>-1</sup> al testigo del productor, así como BlancoSon superó al testigo con 442 kg ha<sup>-1</sup> en promedio de las dos localidades evaluadas.

**Cuadro 8. Rendimiento de campo de las variedades de garbanzo Mazocahui, BlancoSon y Blanoro en la Costa de Hermosillo, en parcelas de validación y reproducción de semilla con productores.**

Variedad	Localidades						Promedio
	NR†	TR†	BC	BS	KN†	CN†	
Mazocahui	3,694	3,096	3,826	2,429	2,470	2,770	3,048
BlancoSon	3,933	2,779	-	-	-	-	3,356
Blanoro	4,328	1,500	2,060	2,000	-	2,649	2,507

†, campos donde se reprodujo la semilla.

Se midió el rendimiento por rango de calibres en las variedades evaluadas en terrenos de los productores. En el Cuadro 9 se anotan los porcentajes de rendimiento por calibre a nivel semicomercial, de los cuales el promedio de calibre de grano entre 0 a 5X (50 a 40 semillas/ 30 g) fue de 74%, los cuales adquieren mayor precio de venta.

**Cuadro 9. Porcentaje de rendimiento por calibre de grano de las variedades Mazocahui y BlancoSon en las localidades de la Costa de Hermosillo.**

Calibres†	Localidades / variedad						Prom
	TR Mazocahui	TR BlancoSon	BC Mazocahui	BS Mazocahui	KN Mazocahui	CN Mazocahui	
0 a 5X	76	71	54	90	82	71	74
4			25	5			6
10 a 12	17	7				7	5
16-18		16	19		16		9
24-36	4	4			2	7	4

† Calibres, numero de granos en 30 g, 0 a 5X, 40 a 50 granos; calibre 4, 54 granos; Calibres 10 a 12, 60 a 62 granos; calibres 16 a 18, 66 a 68 granos; calibres 24 a 36, 74 a 86 granos.

### Conclusión

Las nuevas variedades son una buena opción de siembra para los productores, con calidad y tolerancia a enfermedades de la raíz causada por *Fusarium*, a excepción de Combo 743 que se comportó como sensible a estas poblaciones del hongo.

### Literatura revisada

- Fierros L.G.A., P.F. Ortega M., R.A. Salinas P., I. Padilla V., V. Valenzuela H. y E. Gutiérrez P. 2012. Rendimiento, calidad de grano y respuesta a pudriciones radiculares de 17 líneas élite de garbanzo. Memorias del XV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C, México. p. 1047-1052.
- Castillo P., M.P. Mora R., J.A. Navas C., R.M. Jiménez D. 1998. Interactions of *Pratylenchus thornei* and *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceris* on chickpea. *Phytopathology* 88(8): 828-838.
- Ortega M. P.F., G.A. Fierros L., J.A. Acosta G., V. Valenzuela H., I. Padilla V., F. Rodríguez P, E. Gutiérrez P., B.Z. Guerrero A. y S. Velarde F. 2016. Nuevos genotipos de garbanzo para ser liberados como variedades en el Noroeste de México. Memoria del IV Simposio Nacional de Garbanzo. Memoria Científica No. 9. Campo Experimental Costa de Hermosillo. CIRNO-INIFAP. Hermosillo, Sonora p. 17-24.
- Saxena, N.P. 1984. Chickpeas. In. *The Physiology of Tropical Field Crops*. P. R. Goldsworthy and N.M. Fisher eds. John Wiley and Sons Ltd. New York, N.Y. U.S.A. p. 419-451.
- SIAP. 2020. Consulta en línea, 18 de octubre 2020. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>.

## BIOLOGÍA Y MANEJO INTEGRADO DE *Fusarium* EN GARBANZO

### Gil VIRGEN CALLEROS

Departamento de Producción Agrícola. CUCBA. Universidad de Guadalajara. Km. 15.5 Carretera Guadalajara-Nogales, Las Agujas Mpio. de Zapopan, Zapopan Jal. México. Tel:(33)37771150 ext. 33192. gvirgen@cucba.udg.mx

#### Resumen

El garbanzo es considerado como la segunda leguminosa en superficie cultivada a nivel mundial. Entre los problemas fitosanitarios que lo afectan de manera considerable destacan las enfermedades, especialmente aquellas causadas por hongos nativos de suelo tales como *Fusarium oxysporum f sp, ciceris*, *Rhizoctonia solani* y *Macrophomina phaseolina*. Sin duda *Fusarium* es considerada la enfermedad más importante de este cultivo, así mismo, diferentes especies de este patógeno se han reportado afectando al garbanzo, sin embargo *F. oxysporum f sp, ciceris* es considerada como la de mayor impacto económico, ya que esta puede causar clorosis y amarillamiento así como marchitez y comúnmente se presenta en etapas tempranas o tardías del desarrollo del cultivo. Aspectos biológicos de este patógeno son clave en el conocimiento para el establecimiento de las estrategias de control. Entre estos aspectos la sobrevivencia, variabilidad genética, rangos de humedad y temperatura son los que favorecen su desarrollo. El manejo integrado de esta enfermedad incluye métodos culturales tales como manejo de humedad, fertilización, rotación de cultivo entre otras, así como el uso de variedades tolerantes/resistentes, microorganismos de biocontrol además de algunos fungicidas que han mostrado eficiencia.

**Palabras clave:** *Fusarium* spp, manejo integrado, leguminosas.

#### Introducción

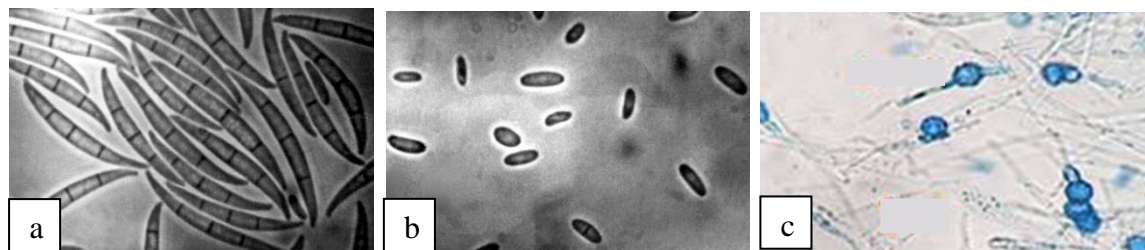
El cultivo del garbanzo (*Cicer arietinum L.*) es sembrado en aproximadamente en 13.5 millones de hectáreas en más de 50 países del mundo con un volumen de producción de 13 millones de toneladas. De ellos, el 89.2% se cultiva en Asia y representa el 84.5% de la producción mundial. India es el principal país productor de garbanzos con el 73.3% de la superficie mundial y el 67.4% de la producción. Pakistán ocupa el segundo lugar con el 7.3% de la superficie mundial y el 5.7% de la producción, seguido por Australia (4.2% de la superficie cultivada, 6.2% de la producción), Irán (4.1% de la superficie cultivada, 2.3% de la producción) y Turquía (0.3% de la superficie cultivada, 0.37% de la producción), mientras que en México la superficie reportada con intención de siembra por el SIAP (2018) fue de 104, 487 ha con un rendimiento esperado de 2.02 toneladas por hectárea, siendo Sinaloa y Sonora los estados con mayor superficie cultivada. En gran parte del mundo, el garbanzo se cultiva en ambientes semiáridos y en suelos de pobre calidad agrícola, que combinada con pérdidas de rendimiento causadas por estrés biótico y abiótico, han propiciado rendimientos promedio de 0.9 a 1.08 ton ha<sup>-1</sup>, que está considerablemente por debajo del potencial teórico (FAOSTAT, 2014).

La marchitez del garbanzo se encuentra reportada en al menos 32 países de todos los continentes. Esta enfermedad se reportó por primera vez en la India en 1918 y puede causar pérdidas hasta del 100% en predios con condiciones favorables para el desarrollo del hongo (Jendoubi *et al.*, 2017). Sin duda esta enfermedad es también la más importante en México en aquellas regiones donde se cultive garbanzo, particularmente en el Noroeste de México, ya que

la presencia de esta enfermedad constituye el principal factor limitante de la producción de garbanzo.

### Organismo causal

El marchitamiento por *Fusarium* en garbanzo es causado por *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* Schlechtend. En medio de agar dextrosa papa y bajo luz ultravioleta, el micelio en principio es blanco y algodonoso pero puede llegar a ser de color crema o salmón o permanecer de color blanco. *Fusarium* produce microconidias, macroconidias y clamidiosporas (Figura 1). Las microconidias (miden de 2.5–4.5  $\mu\text{m}$  x 5–11  $\mu\text{m}$ ) son ovales o cilíndricas, rectas o curvas. Las macroconidias (de 3.5–4.5  $\mu\text{m}$  x 25–65  $\mu\text{m}$ ) se producen más escasamente que las microconidias y por lo general, presentan de 3 a 5 septos de forma fusifoide. Las clamidiosporas se forman en cultivos de 15 días, así como en tejidos de garbanzo infectados, formadas individualmente, en pares o en cadenas y son lisas o de pared rugosa. Las hifas son septadas y profusamente ramificadas. El hongo puede crecer a temperaturas entre 7 y 35  $^{\circ}\text{C}$  y pH de 4 a 9.4. Sin embargo las condiciones óptimas para su desarrollo son de 25 a 27  $^{\circ}\text{C}$  y pH de 5.1 a 5.9, dependiendo de las razas (Jiménez *et al.*, 2011).



**Figura 1. Tipos de esporas producidas por *F. oxysporum f. sp. ciceris* a) macroconidias, b) microconidias y c) clamidiosporas**

### Síntomas

Los síntomas de la enfermedad pueden desarrollarse en cualquier etapa fenológica y las plantas afectadas pueden agruparse en manchones o aparecer en todo el predio (Figura 2). El marchitamiento puede observarse en genotipos susceptibles dentro de los 25 días posteriores a la siembra en el campo (denominado "marchitamiento temprano"). Sin embargo los síntomas suelen ser más visibles en las primeras fases de la floración, 6 a 8 semanas después de la siembra y también pueden aparecer hasta la etapa de formación de vainas ("marchitamiento tardío", Figura 2). Las plantas marchitas tardías exhiben la caída de pecíolos, raquis y hojas, seguidas de coloración amarillenta y necrosis del follaje. El marchitamiento temprano es más dañino, sin embargo, los granos de plantas marchitas tardías son más claros, ásperos y más deshidratados que los de plantas sanas.

Puede afectar a pocas ramas de una planta, dando como resultado un marchitamiento parcial, debido a la independencia vascular de la planta. Las raíces de plántulas y plantas afectadas no muestran decoloración externa de las mismas si se arrancan de raíz antes de ser severamente afectadas o secadas. Sin embargo las raíces y el tallo de una planta desarrollan una decoloración marrón oscura de los tejidos del xilema que se pueden ver cuando se dividen verticalmente o en sección transversal. Las distorsiones histológicas se producen en los tejidos vasculares de las

raíces y tallos afectados como resultado de la formación de cavidades entre el floema y el xilema, el xilema y la médula, y el parénquima del floema, así como la proliferación celular anómala en el cambium vascular. Esto, junto con la formación de geles y oclusiones ópticamente densos en el vaso del xilema (pero no de las tilosas), probablemente contribuye al retraso del flujo vascular de agua y nutrientes, así como al desarrollo de síntomas morfológicos (Jiménez *et al.*, 1989 y Jiménez *et al.*, 2015).



**Figura 2. Clorosis y marchitez severa de garbanzo causado por *F. oxysporum f. sp. ciceris***

### Variabilidad genética

*F. oxysporum f. sp. ciceris* presenta una extensa variedad patogénica a pesar de ser monofilético. Se han determinado dos patotipos en función de los distintos síndromes de amarillamiento o marchitamiento con decoloración vascular café que se induce en garbanzos susceptibles. El síndrome del amarillamiento se caracteriza por un avance lento y progresivo y la muerte tardía de la planta, mientras que el síndrome del marchitamiento se caracteriza por una rápida y severa clorosis, flácidez y muerte temprana de la planta (Trapero-Casas y Jiménez-Díaz, 1985). Además de los tipos de síntomas, los dos patotipos difieren genéticamente: se pueden distinguir inequívocamente por marcadores de ADN polimórfico amplificado al azar (RAPD), así como por ensayos específicos de reacción en cadena de polimerasa (PCR) que utilizan secuencia caracterizadas de la región amplificada (SCAR) derivados de esos marcadores RAPD (Kelly *et al.*, 1998).

Los aislamientos de los dos patotipos se colocaron en dos grupos significativamente distintos basados en los ensayos de huellas genéticas de ADN y RAPD (Jiménez-Gasco *et al.*, 2001, y Kelly *et al.*, 1994). Además de los patotipos, se pueden identificar ocho razas patógenas (es decir, las razas 0, 1A, 1B / C, 2, 3, 4, 5 y 6) en *F. oxysporum f. sp. ciceris* por la severidad de las reacciones de la enfermedad en un conjunto de 10 variedades diferenciales de garbanzo (Cuadro 1) (Jiménez *et al.*, 2015). Se considera que de estas, la raza 1A es la más virulenta en la India (Golakiya *et al.*, 2018).



**Cuadro 1. Reacción diferencial de líneas de garbanzo a razas patógenas de *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*<sup>a</sup>**

Linea diferencial de garbanzo	Raza patogénica							
	0	1A	1B/C	2	3	4	5	6
12-071/10054	S	M	S	R	R	R	R	M
JG-62	R	S	S	S	S	S	S	S
C-104	M	M	R/M	S	S	S	S	M
JG-74	R	R	R	S	R	R	M	R
CPS-1	R	R	R	S	M	M	M	R
BG-212	R	R	R	S	M	M	R	R
WR-315	R	R	R	R	S	R	R	R
ICCV-2	R	R	R	S	S	S	S	M
ICCV-4	R	R	R	S	S	S	S	M
P-2245	S	S	S	S	S	S	S	S

<sup>a</sup>Enfermedad evaluada en una escala de severidad de 0 a 4 dependiendo del porcentaje de tejido foliar afectado (0 = 0%, 1 = 1 a 23%, 2 = 24 a 66%, 3 = 67 a 100% y 4 = planta muerta) 40 días después de la siembra en suelo infestado. Rección promedio de la enfermedad <1 fue considerados resistentes (R) y >3 como susceptible (S), reacciones intermedias son consideradas como moderadamente susceptible (M).

### Manejo integrado de *Fusarium*

El manejo integrado de enfermedades contempla el uso de diversas estrategias con la finalidad de reducir el impacto de los fitopatógenos. Estas incluyen medidas culturales, genéticas, biológicas y químicas. Los cultivares o variedades resistentes son la medida de lucha más práctica y económicamente eficiente para el control de enfermedades de cultivos, pero su eficiencia es comprometida por la variabilidad patogénica en las poblaciones de los patógenos (Jiménez *et al.*, 2005), tal como se muestra en la Figura 3. En un estudio de manejo integrado donde se evaluó fecha de siembra, variedades tolerantes/resistentes y tratamiento biológico con *Bacillus megaterium* RGAF 51, *B. subtilis* GB03, no patógenos *F. oxysporum* Fo 90105 y *Pseudomonas fluorescens* RG 26 a semilla y suelo durante tres años en campo infestado con *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* raza 5 en Córdoba, España, mostró que la fecha de siembra de principios de primavera a invierno retrasó significativamente la enfermedad. Una relación lineal significativa fue encontrada entre el desarrollo de la enfermedad a lo largo del tiempo y las variables meteorológicas. La enfermedad se desarrolló más temprano y más rápido conforme la temperatura media aumentó y la lluvia acumulada disminuyó.



**Figura 3. Contraste de dos variedades de garbanzo en relación a la marchitez causada por *Fusarium*. Tolerante (izq) y susceptible (der).**

Por debajo de las condiciones altamente propicias para el desarrollo del marchitamiento por *Fusarium*, el grado de control de la enfermedad dependía principalmente de la elección de la fecha de siembra, y en menor grado en el nivel de resistencia de genotipos de garbanzo a *F. oxysporum* *F. sp. ciceris* raza 5, y los tratamientos de biocontrol. La fecha de siembra, los genotipos parcialmente resistentes y los agentes de biocontrol mostraron una reducción en la tasa de desarrollo epidémico a lo largo del tiempo, así como la severidad de la enfermedad, y un aumento en la emergencia de plántulas. El rendimiento de semilla de garbanzo fue influenciado por los tres factores en el estudio. El aumento en el rendimiento de semilla de garbanzo fue el efecto más consistente de los agentes de biocontrol. Sin embargo ese efecto fue influenciado principalmente por la fecha de siembra, que también determinó el desarrollo de la enfermedad (Landa *et al.*, 2004). Así mismo Murali *et al.* (2019) evaluaron tres cepas de rizobacterias sobre *Fusarium* tanto en invernadero como campo, encontrando que *Pseudomonas chlororaphis* CPs3 mostro la más alta germinación de la semilla y mayor rendimiento.

Tratamientos químicos con Thiram (0.15%) + Carbendazim (0.1%) en semilla han mostrado una alta eficacia en el control de *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* (Nikam *et al.*, 2007). Otras alternativas que se han utilizado incluyen el uso de quitosano el cual ha mostrado eficacia en la reducción de esta enfermedad tanto in vitro como in vivo, como lo señalado por Kaur *et al.* (2018), quienes encontraron que nanocompuestos de óxido de cobre de quitosano (Ch-CuO) y nanocompuestos de óxidos de quitosano y zinc (Ch-ZnO) fueron los más eficaces contra el *Foc* en todas las concentraciones evaluadas (50, 100 y 200 µg/mL). Se encontró que las nanopartículas de quitosano (Ch) y los nanocompuestos de quitosano-plata (Ch-Ag) eran moderadamente efectivos pero más eficiente que el fungicida estándar, es decir, oxiclورو de cobre (CuOCl).

### Literatura citada

- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database), 2014. FAOSTAT Production Statistics of Crops. Available in: <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- Golakiya, B.B., M.D. Bhimani and L.F. Akbari. 2018. Characterization of Indian Isolates of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* causing Chickpea Wilt. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci* 7(3): 1152-1162
- Jendoubi W., Bouhadida M., Boukteb A., Béji M. and Kharrat M. 2017. Fusarium Wilt Affecting Chickpea Crop. *Agriculture* 7 (23): 1-16
- Jimenez Diaz, R.M.; Jimenez Gasco, M.M.; Landa, B.B.; Castillo, P.; Navas-Cortes, J.A. Fusarium Wilt of chickpea. 2011. In *Compendium of Chickpea and Lentil Diseases and Pests*; Chen, W., Sharma, H.C., Muehlbauer, F.J., Eds. The American Phytopathological Society: St. Paul, MN, USA.
- Jiménez-Díaz R., Pablo Castillo, María del Mar Jiménez-Gasco., Blanca B. Landa, Juan y A. Navas-Cortés. 2015. Fusarium wilt of chickpeas: Biology, ecology and management. *Crop Protection* 73: 17-27
- Jiménez-Díaz, R.M., Basallote-Ureba, M.J., Rapoport, H.1989. Colonization and pathogenesis in chickpea infected by races of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*. In: Tjamos, E.C., Beckman, C. (Eds.), *Vascular Wilt Diseases of Plants*, vol. H28. Springer-Verlag, Berlin, Germany, pp. 113 - 121
- Jiménez-Gasco, M.M., Pérez-Artés, E., Jiménez-Díaz, R.M., 2001. Identification of pathogenic races 0, 1B/C, 5, and 6 of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* with random amplified polymorphic DNA (RAPD). *Eur. J. Plant Pathol.* 107, 237 - 248.
- Jiménez-Gasco Ma P., Navas-Cortés J. y Jiménez-Díaz R. 2005. Evolución de *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*, el agente de la Fusariosis vascular del garbanzo, en razas patogénicas y patotipos. *Bol. San. Veg. Plagas*, 31: 59-69
- Kaura Pawan, Joginder Singh Duhana and Rajesh Thakurb. 2018. Comparative pot studies of chitosan and chitosan-metal nanocomposites as nano-agrochemicals against fusarium wilt of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 14; 466–471
- Kelly, A.G., Bainbridge, B.W., Heale, J.B., Pérez-Artés, E., Jiménez-Díaz, R.M., 1998. Planta-polymerase-chain-reaction detection of the wilt-inducing pathotype of *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris* in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 52, 397 - 409.
- Landa, B. B., Navas-Cortés, J. A., and Jiménez-Díaz, R. M. 2004. Integrated management of Fusarium wilt of chickpea with sowing date, host resistance, and biological control. *Phytopathology* 94:946-960.
- Murali Sanka, P., S. Vanitha, A. Kamalakannan, P. Anantha Raju<sup>1</sup> and P. Jeyakuma. 2019. Biological Management of Fusarium Wilt in Chickpea (*Cicer arietinum* L.) caused by *Fusarium oxysporum f. sp. ciceris*. *Legume Research*. P.1-6
- Nikam P. S., Jagtap G. P. and Sontakke P. L. 2007. Management of chickpea wilt caused by *Fusarium oxysporium f. sp. ciceris*. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 2 (12), pp. 692-697,
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).2018. <http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/intension/Intenci%C3%B3n%20de%20siembraO1%202018porcultivo.pdf>
- Trapero-Casas, A., Jiménez-Díaz, R.M.1985. Fungal wilt and root rot diseases of chickpea in southern Spain. *Phytopathology* 75, 1146 – 1151

## DETECCIÓN DE NEMATODOS FITOPARÁSITOS Y SU MANEJO EN EL CULTIVO DEL GARBANZO

**José Armando CARRILLO-FASIO**

Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, AC. Carretera a Eldorado Km 5.5, Col. Campo El Diez, CP 80110, Culiacán, Sinaloa, México.  
acarrillo@ciad.mx

### Introducción

El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es la segunda leguminosa comestible en el mundo después de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Es una importante fuente de proteínas en muchas regiones. Se cultiva en 47 países y es un componente importante de los sistemas de cultivo de subsistencia para los agricultores. Más del 90% de los cultivos de garbanzo se cultivan en ocho países incluidos India, Pakistán, Irán, Turquía, Etiopía, México, Australia y Canadá, en orden decreciente. Se han reportado muchas especies de nematodos fitoparásitos en las raíces y rizosfera del garbanzo en las principales regiones productoras del mundo. Sin embargo, solo ciertas especies de nematodos se consideran limitantes para la producción de garbanzo, lo que provoca una pérdida de rendimiento anual estimada del 14%.

Los síntomas y signos del parasitismo por nematodos en garbanzo difieren según el hábito de su alimentación. Además, los ataques pueden hacer que las plantas sean más sensibles a otras infecciones bióticas y en general, dan como resultado un retraso en el crecimiento y un rendimiento deficiente. Los síntomas causados por el ataque de nematodos son inespecíficos y son en gran parte una consecuencia de la interrupción de los procesos normales de crecimiento de las plantas y la absorción y translocación de agua y nutrientes. En consecuencia, el daño de los nematodos al garbanzo suele pasar desapercibido y se atribuye a otras causas, como la falta de fertilidad o la deficiente humedad del suelo. Por estas razones, los nematodos parásitos de las plantas a menudo se denominan "enemigos invisibles" de los cultivos.

Los nematodos patógenos más importantes del garbanzo son los agalladores (*Meloidogyne* spp.), los lesionadores de raíces (*Pratylenchus* spp.), los formadores de quistes (*Heterodera* spp.) y el reniforme (*Rotylenchulus reniformis*). Este estudio se centra en su la distribución geográfica y patogenicidad, junto con los síntomas, epidemiología y manejo de las enfermedades que causan en garbanzo. Además, describiremos algunos de los métodos de diagnóstico más comunes y eficientes disponibles. Finalmente, se abordan las complejas interacciones que ocurren entre ellos y otros microorganismos que coinfectan este cultivo, incluidos los rizobios y el patógeno fúngico *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*, que causa el marchitamiento por Fusarium.

### Nematodos fitopatoparásitos

#### Generalidades

Los nematodos son organismos pluricelulares translúcidos, que no presentan segmentaciones internas. Son pseudocelomaticos, lo que indica que poseen un espacio ocupado por líquidos entre la pared del cuerpo y el tubo digestivo. En el caso de los fitoparásitos uno de los aspectos que los caracteriza, es que cuentan con una estructura hueca denominada estilete, la cual tiene

capacidad de extenderse hacia afuera del cuerpo, la cual es utilizada para penetrar las células de las plantas y así extraer el contenido celular (Lagunes y Zavaleta, 2016; Jones *et al.*, 2013). Los nematodos son los organismos más numerosos en los agroecosistemas, ya que se encuentran como organismos de vida libre, alimentándose de hongos, bacterias, protozoarios y nematodos o como parásitos de plantas y animales; además, forman parte importante de las cadenas tróficas del suelo. Son organismos que afectan en distinto grado una amplia variedad de cultivos, en especial las hortalizas y frutales.

Dentro del orden Rhabditida se encuentran los Tylenchidos, siendo el grupo más numeroso de nematodos fitoparásitos. La mayoría presenta más de una etapa infectiva y son capaces de sobrevivir en condiciones adversas la mayor parte de su ciclo de vida. Por otro lado, los órdenes Dorylaimida y Triplonchida poseen un número menor de nematodos parásitos de las plantas. Además, en estos ordenes se encuentran los únicos capaces de transmitir virus en plantas (*Xiphinema* y *Longidorus*) (De Ley, 2006).

### **Los nematodos fitoparásitos se clasifican según su hábito alimenticio**

Según la APS (2013) en su artículo sobre nematodos parásitos de plantas, la mayoría de los nematodos parásitos son patógenos de las raíces; sin embargo, existen algunas especies que se alimentan principalmente de tejidos aéreos (brotes, hojas y semillas), e indica que hay siete tipos principales de estrategias de alimentación utilizadas por nematodos fitopatógenos.

**Los ectoparásitos:** El nematodo permanece fuera de la planta y utiliza su estilete para alimentarse a partir de las células de las raíces de la planta. Utilizan esta estrategia para alimentarse de numerosas plantas, por lo que es más fácil para ellos cambiar de alojamiento, pero su movilidad los hace muy susceptibles a las fluctuaciones ambientales y depredadores. Los nematodos ectoparásitos se caracterizan por presentar estiletes extremadamente largos, que les ayudan en la alimentación de las profundidades de la raíz de la planta de células vegetales ricas en nutrientes. Algunos de ellos inducen en la planta a formar una célula o células ampliadas de las que el nematodo se alimenta durante un período prolongado de tiempo (APS, 2013).

**Semi-endoparásitos:** Son los nematodos que se son capaces de penetrar parcialmente la planta en algún momento de su ciclo de vida. Por lo general, la cabeza penetra la raíz y le permite formar una célula de alimentación permanente. Se hinchan y no se mueven una vez que han entrado en la fase de endoparásitos de su ciclo de vida. Al renunciar a su movilidad, se arriesgan a morir si su planta huésped muere, por otro lado se benefician de la formación de un sitio de alimentación permanente, lo que aumenta su absorción de nutrientes y la capacidad de reproducción (APS, 2013).

**Endoparásitos sedentarios:** Este grupo incluye a los nematodos más dañinos en los cultivos en el mundo y tienen un estilo de vida sedentario. Los dos principales de este grupo son los del quiste (*Heterodera* y *Globodera*) y los agalladores de la raíz (*Meloidogyne*). En ellos el estadio J2 invade la planta cerca de la punta de la raíz y migra a través del tejido a las células vasculares en desarrollo. Estos nematodos están completamente integrados a la raíz durante sus etapas iniciales de desarrollo, pero más tarde sobresalen de la raíz. Los nematodos J2 inyectan

secreciones en y alrededor de las células de las plantas para estimular la formación de células grandes de alimentación. Una vez que estas se forman se vuelven sedentarios porque sus músculos somáticos se atrofian. Los juveniles se alimentan, agrandan y mudan tres veces hasta la etapa adulta. Las células grandes o de alimentación formadas por estos nematodos en el tejido vascular de la planta los hacen susceptible al estrés hídrico (APS, 2013).

**Endoparásitos migratorios:** Estos pasan gran parte de su vida migrando dentro de los tejidos radicales o células vegetales de las cuales se alimentan. Causan necrosis masiva en los tejidos de la planta debido a su alimentación y migración. Cuando se alimentan de la planta, simplemente succionan el citoplasma de células vegetales utilizando su estilete, matando a la célula de la planta y avanzando la lesión. Los nematodos se alimentan, mudan y se reproducen principalmente en el tejido de la planta. Todas las etapas móviles son capaces de alimentarse de la planta y pueden moverse en el suelo en busca de nuevas raíces para invadir. Debido a que estos nematodos crean heridas extensas en la raíz de la planta, se pueden presentar infecciones secundarias por bacterias y hongos, generando un mayor daño en las raíces de la planta (APS, 2013).

#### **Nematodos parásitos de las raíces del garbanzo**

De los pocos estudios realizados en México han demostrado que existen más de 20 especies, pertenecientes a 20 géneros de nematodos fitoparásitos, que se asocian de una forma u otra al garbanzo. Los registros de mayor importancia en las áreas productoras permiten separarlos en cuatro grupos: Endoparásitos sedentarios constituido por especies de *Meloidogyne*, con un nivel de daño considerable. Semiendoparasitos donde sobresale *Rotylenchulus reniformis*; endoparásitos migratorios como *Radopholus similis* y los ectoparásitos que agrupan a especies de *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Criconebella*, *Longidorus* y *Xiphinema*.

#### **Nematodo arriñonado**

##### ***Rotylenchulus reniformis***

Uno de los más importantes en las hortalizas, leguminosas y frutales es el nematodo reniforme (*Rotylenchulus reniformis*), el cual se comporta como ectoparásito en la fase juvenil y machos adultos y como semi-endoparásito en la fase adulta de las hembras. Este nemátodo sobrevive de un ciclo a otro en hospederos alternos como la maleza y se disemina a otras áreas por medio del agua de riego y suelo adherido a los implementos agrícolas; además de material de trasplante infectado, e inclusive se les encuentra en suelos secos, lo cual es diferente para otros géneros de nematodos; de allí, que se encuentra causando severos daños en las raíces, inhibiendo la absorción del agua y elementos esenciales para el desarrollo de las plantas.

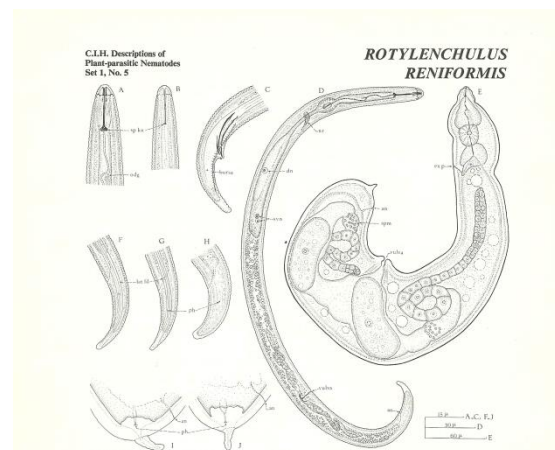
*Rotylenchulus* es el género donde las hembras se comportan de manera semi-endoparasita en las raíces. Estos organismos se encuentran comúnmente en las regiones tropicales y subtropicales. El género posee diez especies conocidas, siendo la más representativa *R. reniformis* por más de 20 años. Esto debido a que se encuentra en una gran zona geográfica y posee amplio rango de hospedantes (Robinson *et al.*, 1997).



### Rango de hospedantes

Las especies de plantas hospedantes más importantes son *Glycine max*, *Zea mays*, *Ficus carica*, *Vitis vinífera*, *Cicer arietinum*, *Brassica oleracea*, *Carica papaya*, *Coffea arábica*, *Cucumis melo*, *Cucumis sativus*, *Gossypium hirsutum*, *Solanun lycopersici*, *Mentha sp*, *Nicotiana tabacum*. *Phaseolus vulgaris*, *Pisum sativum*, *Vigna unguiculata* y *Persea americana*.

*R. reniformis* es un nematodo que forma una espiral abierta con características sexuales dimórficas. Las hembras inmaduras son libres en el suelo con medidas de 0.30 – 0.45 mm de largo. La región de la cabeza esta redondeada formando un cono. Posee un estilete de 10-21  $\mu$  presentando una fuerza moderada (Siddiqui, 1972; Germani, 1078; Cepeda, 1996; Robinson *et al.*, 1997; Lauren, 2010). La glándula esofageal se encuentra en posición dorsal detrás de la base del estilete. El esófago tiene muy desarrollado un bulbo medio que es elongado presentando lóbulos glandulares. La parte trasera de la vulva se encuentra opuesta a las gónadas con una flexión doble en el ovario. La cola del nematodo es redonda terminando en una punta estrecha con anillos que van de los 20 a 24. La hembra adulta posee cuerpo arqueado ventralmente. Es obesa y es semiendoparasita de las raíces. Visualmente en forma de riñón, debido a que sus gónadas aumentan de tamaño y ocupan espacio en su cuerpo. El estilete del macho esta esclerotizado y es más débil que el de la hembra juvenil. Su esófago es degenerado con una pequeña bursa anal, en donde se forma una pequeña curvatura en forma de espícula (Siddiqui, 1972; Robinson *et al.*, 1997).



### Síntomas de daños por *Rotylenchulus reniformis*

Los daños mecánicos directos causados por *Rotylenchulus reniformis* son considerados de moderado a severo y son causados por la secreción de saliva introducida en los tejidos de las plantas durante el proceso de alimentación. Este perfora la pared celular, introduce saliva dentro del citoplasma, extrae parte del contenido celular y se moviliza en unos pocos segundos. El proceso de alimentación causa una reacción en la células de las plantas afectadas, resultando en la muerte o debilitamiento de los extremos de las raíces y yemas, formación de lesiones y rompimiento de tejidos, abultamientos y deformación en tallos y hojas. Algunas de estas manifestaciones son causadas por la descomposición del tejido afectado por las enzimas del nematodo, la cual, con o sin la ayuda de metabolitos tóxicos, causa desintegración del tejido y muerte de las células (Agrios, 2005; Luc *et al.*, 2005; Perry & Moens, 2006; Castillo & Vovlas, 2007).

### Nematodos de menor importancia en el cultivo del garbanzo

#### *Criconemella sp*

Es un nematodo que se comporta como ectoparásito. La hembra presenta el cuerpo anillado y ligeramente curvado, región anterior atenuada con la terminación apical truncada, la caudal más

o menos redondeada. Primero y segundo anillos no diferenciados del resto del cuerpo. Primer anillo de 6-8 pm de ancho, redondo y más estrecho que el segundo. Región labial con seis pseudolabios y sin lóbulos sublaterales. Disco labial no elevado. Los cinco o seis primeros anillos de la región anterior son redondos al igual que diez anillos posteriores a la vulva. Anillos del cuerpo recurvados y con el margen crenado. Anastomosis frecuentes. Estilete de 35-37 pm se extiende de 21-23 anillos desde la región anterior. Nódulos en forma de ancla de 9-12 pm de ancho. Poro excretor se abre en el anillo 43-51 por debajo del esófago. Ovario prodélfico, recto. Espermateca de oval a redonda.

### ***Helicotylenchus* sp.**

Las especies de *Helicotylenchus* son ectoparásitas, pero pueden comportarse como endoparásitos migratorios, presentan una característica vermiforme; cuando está en reposo, el cuerpo adquiere una forma de C o espiral. Presenta cutícula fuertemente estriada con anillos, región labial continua con el cuerpo y semiesférica o conoide, canal de la glándula dorsal largo, estilete moderado con nódulos basales redondeados, presencia de vulva al 75 % de la longitud del cuerpo, cola curvada dorsal con la presencia de un prolongación ventral llamada mucro. Las especies de este género son cosmopolitas. Este género abarca más de 200 especies descritas (Rybarczyk-Mydlowska *et al.*, 2019; Uzma *et al.*, 2015). Los síntomas son parecidos a los causados por otros nematodos fitoparásitos. Se alimentan de las capas más externas de la corteza de la raíz, causando lesiones necróticas pequeñas que son características. Penetra de 4-6 capas de células del parénquima cortical. Su daño está confinado al parénquima más cercano a la epidermis. Los daños celulares son a menudo decoloraciones que posteriormente constituyen áreas necróticas. Su diseminación es principalmente por tejido infectado (Suárez y Rosales 2004).

### ***Longidorus* sp**

*Longidorus spp.*, son nematodos finos que miden 4.5 a 6.4 mm de longitud. La reproducción parece ser en general partenogenética porque los machos son poco frecuentes, aunque existe reproducción bisexual en las poblaciones con muchos machos. Este nematodo tiene cuatro etapas juveniles y tanto juveniles como adultos hibernan. Los huevos son depositados en primavera y principios de verano, cuando el suelo está aún fresco y las plantas forman raíces. Las hembras ponen relativamente pocos huevos (20 al año). Estos nematodos viven durante varios años en la fase adulta y puede tardar más de un año en completar un ciclo reproductivo. A medida que sube la temperatura y baja la humedad del suelo en verano, los nematodos se entierran más profundamente en el suelo, con frecuencia descansan entre 60 y 120 cm bajo la superficie. En otoño vuelven a subir a la zona de las raíces. Por esta razón, si se quieren tomar muestras de este nematodo, es mejor hacerlo en primavera o en otoño (noviembre a marzo), cuando están más cerca del nivel del suelo.

### ***Tylenchorhynchus* sp**

La región labial se presenta como una prolongación del cuerpo, presencia de campos laterales con cuatro incisuras, el bulbo posterior desarrollado, la cola ahusada, redondeada y ligeramente estriada; el estilete desarrollado con nódulos basales conspicuos.



**Merlinius sp.** Es otro miembro de la familia de Tylenchorhynchus. Solo que este género posee seis incisuras longitudinales en el campo lateral.

**Paratylenchus:** Las hembras presentan la vulva ubicada en el cuarto posterior del cuerpo, el estilete es fuerte de longitud variable en las hembras. En los machos es reducido o inexistente, cutícula finamente anillada sin ornamentación, cola cónica terminada en punta.

**Xiphinema:** Su principal característica es el odontoestilete largo, delgado y grueso en la base, con anillo guía a media distancia o cerca de la base, la cola es truncada y redondeada o con proyecciones en la cara ventral en hembras y machos.

**Pratylenchus:** Nematodo endoparásito migratorio conocido como lesionador. Los síntomas son: enanismo de la planta, alargamiento del ciclo vegetativo, reducción en tamaño y número de hojas; así como, reducción de la vida productiva de la plantación. En las raíces produce una lesión roja al penetrar la corteza de la raíz y en lesiones más viejas se tornan necróticas, negras o púrpura en el tejido epidermal y cortical, a menudo con ruptura de las raíces, permitiendo la invasión de otros microorganismos. Su ciclo de vida de huevo a huevo es cercano a los 27 días a una temperatura que oscile entre 25 y 30 °C (Suárez y Rosales 2004). La región labial es anillada y poco diferenciada del cuerpo. Estilete corto, fuerte con nódulos gruesos y redondeados, cola casi redondeada o puntiaguda. La hembra tiene la vulva ubicada en el cuarto posterior, con un ovario sencillo y el macho presenta cola con bursa.

## Bibliografía

- Agrios, GN. 1996. Fitopatología. D.F, México. 2 ed. Limusa. 838 p.
- Blok, VC; Powers, TO. 2009. Biochemical and Molecular Identification. In Perry, R.; Moens, M; Starr, J. eds. Root-knot nematodes. London, UK. CAB International, p. 98-112.
- Canto-Sáenz, M. 2010. Separatas del Curso de Nematología. Lima, Perú. Escuela de Posgrado. Especialidad de Fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Carneiro, RMDG; Almeida, MRA; Quénhervé, P. 2000. Enzyme phenotype of *Meloidogyne* spp., populations. *Nematology* 2:645-654.
- Chitwood, DJ; Perry, RN. 2009. Reproduction, Physiology and Biochemistry. In Perry, R; Moens, M; Starr, J. eds. Root-knot nematodes. London, UK. CAB International. p. 182-194.
- Eisenback, JD; Hirschmann, H; Sasser, JN; Triantaphyllou, AC. 1983. Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo agallador (*Meloidogyne* spp.), con una clave pictórica. North Carolina. USA. Dept. Plant Pathology and Genetics North Carolina State University and United State Agency for International Development. North Carolina State University Graphics. 48 p.
- Eisenback, JD. 1985. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). In Sasser, JN; Carter, CC. eds. An Advanced Treatise on *Meloidogyne*. v 1: Biology and Control. North Carolina. USA. Dept. Plant Pathology and United State Agency for International Development. North Carolina State University Graphics. p. 95- 112.
- Eisenback, JD; Hirschmann, H. 1991. Root-knot nematode: *Meloidogyne* spp. and races. In Nickle, WR. eds. Manual of Agricultural Nematology. New York. USA. Marcel Dekker. p. 191-274.
- Eisenback, JD; Hunt DJ. 2009. General Morphology. In Perry, R; Moens, M; Starr, J. eds. Root-knot nematodes, UK. CAB International, p. 18-50.

- Esbenshade, PR; Triantaphyllou, AC. 1985. Use of enzyme phenotypes for identification of *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology* 17, 6-20.
- García, A. 2006. Identificación de especies de nematodos fitopatógenos de los géneros *Globodera* spp. y *Meloidogyne* spp., por medio de dos técnicas moleculares. Informe de Práctica de Especialidad en Biología. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 47 p.
- Handoo, ZA; Nyczepir, AP; Esmenjoud, D; Van der Beek, JG, CastagnoneSereni, P, Carta, LK; Skantar, AM; Higgins, JA. 2004. Morphological, molecular, and differential-host characterization of *Meloidogyne floridensis* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing peach in Florida. *Journal of Nematology* 36:20–35
- He, B; Magill, C; Starr, JL. 2005. Laser capture microdissection and real-time PCR for measuring mRNA in giant cells induced by *Meloidogyne javanica*. *Journal of Nematology* 37, 308–312.
- Hirschmann, H. 1985. The genus *Meloidogyne* and morphological characters differentiating its species. In Sasser, JN; Carter, CC. eds. *An Advanced Treatise on Meloidogyne*. v. 1: Biology and Control. North Carolina. USA. Dept. Plant Pathology and United State Agency for International Development. North Carolina State University Graphics. p. 79-93.
- Hirschmann, H. 1986. *Meloidogyne hispanica* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), the „Seville Root-Knot Nematode“. *Journal of Nematology*. 18(4): 520-532.
- Hussey, RS. 1985. Host-parasite relationships and associated physiological changes. In Sasser, JN, Carter; CC. eds. *An Advanced Treatise on Meloidogyne*: I.
- Lunt, DH; Whipple, LE; Hyman, BC. 1998. Mitochondrial DNA variable number tandem repeats (VNTRs): Utility and problems in molecular ecology. *Molecular Ecology* 7:1441–1455. 84
- Moens, M; Perry, RN; Starr, JL. 2009. *Meloidogyne* species - a diverse group of novel and important plant parasites. In Perry, RN; Moens, M; Starr, JL. eds. *Rootknot nematodes*. London, UK. CAB International, p. 1-13.
- Rodríguez, M. 2000. Identificación y caracterización de *Meloidogyne mayaguensis* (Nemata: Meloidogynidae) en el café en Cuba. Tesis Grado de Doctor en Ciencias Agrícolas. Cuba. Universidad Agraria de la Habana Fructuoso Rodríguez Pérez, 145 p.
- Sasser, JN; Eisenback, JD; Carter, CC; Triantaphyllou AC. 1983. The International Meloidogyne Project-Its Goals and Accomplishments. *Annual Review of Phytopathology* 21: 271-288.
- Taylor, A; Sasser, J. 1983. Biología, identificación y control de los nemátodos del nódulo de la raíz. North Carolina. EE.UU. Proyecto Internacional de Meloidogyne. Publicación Cooperativa entre el Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte y la Agencia de EEUU para el desarrollo Internacional. 111 p.
- Dávila, M., Acosta, N., Beyancourt, C. & Negrón, J., 1999.- Capacidad quitinolítica de hongos aislados de suelos agrícolas infestados con el nematodo nodulador (*Meloidogyne* spp.) en Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.*, 83 (3-4): 189-199.
- Dhawan, S.C. & Singh, S., 2009.- Compatibility of *Pochonia chlamydosporia* with nematicide and neem cake against root knot nematode, *Meloidogyne incognita* infesting okra. *Indian Journal of Nematology*, 39: 85-89.
- Esfahani, N.M. & Pour, A.B., 2006.- The effects of *Paecilomyces lilacinus* on the pathogenesis of *Meloidogyne javanica* and tomato plant growth parameters. *Iran Agricultural Research*, 24 (2): 67-76.
- Flores, C.R., Atkinns, S.D., Manzanilla-López, R. & Prado-Vera, I.C., 2008.- Caracterización de aislamientos mexicanos de *Pochonia chlamydosporia* (Goddard) Gams y Zare para el control biológico de *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne y Allen. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 26 (2): 93-104.
- Giraldo, F.M. & Leguizamón, C.J., 1997.- Aislamiento y evaluación in vitro de hongos a partir de estados de *Meloidogyne* spp., infectados naturalmente. *Cenicafé*, 48 (3): 195: 203
- Gómez, L., 2007.- Diagnóstico de nematodos agalleros y prácticas agronómicas para el manejo de *Meloidogyne incognita* en la producción protegida de hortalizas: Tesis, UNAH - CENSA, Cuba.

- Hernández, M.A. & Díaz, L.H., 2008.- KlamiC®: Bionematicida agrícola producido a partir del hongo *Pochonia chlamydosporium* var. *catenulata*. *Revista Protección Vegetal*, 23 (2): 131-134.
- Khan, T.A. & Saxena, S.K., 1997.- Integrated management of root-knot nematode *Meloidogyne javanica* infected tomato using organic materials and *Paecilomyces lilacinus*. *Bioresource Technology*, 61: 247-250.
- Mendez, C.A.C., Mendez, G.E., Cipullo, J.P. & Burdmann, E.A., 2005.- Acute intoxication due to ingestion of vegetables contaminated with aldicarb. *Clinical Toxicology*, 43: 117-118.

## ESTRATEGIA MOLECULAR PARA SELECCIONAR GENOTIPOS DE GARBANZO TOLERANTES A CALOR

Ana Paulina RODRÍGUEZ-VERA<sup>1</sup>, Jorge Alberto ACOSTA-GALLEGOS<sup>1</sup>,  
Jorge Eric RUIZ-NIETO<sup>2</sup>, Víctor MONTERO-TAVERA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Bajío-INIFAP. Celaya, Gto. <sup>2</sup>Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida. Universidad de Guanajuato.  
montero.victor@inifap.gob.mx

### Resumen

México es un importante productor y exportador de garbanzo; sin embargo, las altas temperaturas durante la floración y el llenado del grano limitan el rendimiento y el tamaño de la semilla. Las estrategias de adaptación de las plantas al estrés por calor dependen de las condiciones climáticas y del suelo, pero principalmente de las características genéticas de las plantas. El aumento en la producción de proteínas de choque térmico (HSP) ocurre cuando las plantas experimentan un aumento brusco o gradual de la temperatura con el fin de resistir el estrés con el menor daño. Se estudiaron los perfiles de expresión de sesenta y cinco genes relacionados con proteínas de choque térmico que inducen la transcripción bajo estrés por calor, lo que permitió la selección de genotipos tolerantes. Con base en el número de genes sobreexpresados y en su nivel de expresión se calculó un índice de tolerancia. Los genotipos Desi tolerantes fueron: ICC 10259, ICC 13020, ICC 4958 y Annigeri; y los kabuli: Mazocahui, ICCV 2, Blanco Sinaloa 92, Tequi Blanco 95, Combo 743 y CUGA 08-1210.

**Palabras clave:** estrés por calor, proteínas HSP, niveles de expresión.

### Introducción

México ocupa el noveno lugar en el mundo como productor de garbanzo y produce dos tipos: blanco o kabuli y forrajero o desi. El primero se produce en la región noroeste con fines de exportación y el segundo se utiliza principalmente en la región centro-occidental (Guanajuato, Jalisco y Michoacán) como alimento para ganado. Las altas temperaturas son uno de los principales factores abióticos que reducen el rendimiento de grano. La traducción de proteínas de choque térmico (HSP) se incrementa cuando las plantas experimentan un aumento de la temperatura. Varias HSP funcionan como chaperonas y participan en el correcto plegamiento de otras proteínas y mantienen estable su conformación durante el estrés (Parankusam *et al.*, 2010). Las proteínas HSP101, HSP70, HSP17.7 y HSP17.6 protegen a las células vegetales de la muerte celular programada inducida por el estrés a altas temperaturas (Rikhvanov *et al.*, 2007). HSP21 protege la transcripción de ARN polimerasa en cloroplastos bajo estrés (Zhong *et al.*, 2013). La biotecnología representa una oportunidad para ayudar a reducir las pérdidas por este estrés a través de la identificación de genes transcritos, así como la determinación de su función. En esta investigación se estudiaron genes relacionados con la tolerancia al estrés por calor y se midieron sus niveles de expresión por RT-PCR con el fin de identificar genotipos kabuli y desi tolerantes a altas temperaturas.

### Materiales y métodos

Se estudiaron trece genotipos de garbanzo kabuli y dieciséis tipo desi (Cuadro 1). El tipo desi incluyó ICC 4958, un genotipo tolerante a la sequía y para el cual se ha secuenciado su genoma completo (Parween *et al.*, 2015) en el que se buscaron secuencias de HSP. Se identificaron sesenta y cinco genes, sobre los que se diseñaron iniciadores específicos para su amplificación.

Por PCR punto final se identificaron 35 secuencias que produjeron solo un amplicón. Por otro lado, se sembraron 50 semillas de cada material, se seleccionaron diez plántulas morfológicamente uniformes, cinco de ellas se mantuvieron todo su ciclo de vida a 26 °C y otras cinco además se les trató a 40 °C por dos horas durante la etapa vegetativa caracterizada por la aparición de ramas secundarias. Las temperaturas se aplicaron en una cámara de crecimiento MRC®.

Para determinar el nivel de expresión de las HSP, se utilizó tejido foliar de cada planta en las condiciones de prueba. Se purificó ARN total con el protocolo de Logemann *et al.* (1987) y se estandarizó su concentración a 1,000 ng  $\mu\text{L}^{-1}$ . Los ADNc se sintetizaron mediante transcripción inversa utilizando el kit de síntesis de PCR Super SMART™. Para determinar la expresión génica en respuesta a ambos tratamientos se normalizó el nivel basal en las muestras de cada tratamiento amplificando el gen 26S por RT-PCR según la metodología de Montero-Tavera *et al.* (2017); las reacciones, el programa de amplificación y la documentación de los resultados se llevaron a cabo de acuerdo con los mismos autores. Los niveles de expresión generados por RT-PCR se midieron utilizando el software TotalLabQuant. La expresión relativa de cada gen se definió en relación a la expresión del gen constitutivo 26S dándole un valor de 1. El criterio de selección de genes inducidos se basó en un análisis de varianza completamente aleatorio, calculando la diferencia mínima significativa que resultó de 0.1.

Con base en el nivel de expresión se llevaron a cabo análisis de agrupamiento en ambos tipos de garbanzos. Los valores de expresión relativa de todos los genes se utilizaron en un análisis de mapa de calor con el algoritmo heatmap.2 del paquete estadístico R g plots v3.0.1.1; las distancias se calcularon con el coeficiente de Ward y Shakespeare. Además, se calculó un Índice de tolerancia (IT) modificado de Rosielle y Hamblin (1981) utilizando como entrada los niveles de expresión. Este índice representa la relación de la expresión en condiciones de estrés y sin estrés, que se normalizó en cada prueba considerando la expresión del gen constitutivo 26S.

### Resultados y discusión

Los genotipos desi tolerantes indujeron en promedio 30.5 genes, los moderadamente tolerante 23.8 y los susceptibles 11.5; mientras que en el tipo kabuli los genes inducidos fueron 28.4, 20.7 y 10.5, respectivamente (Cuadro 1).

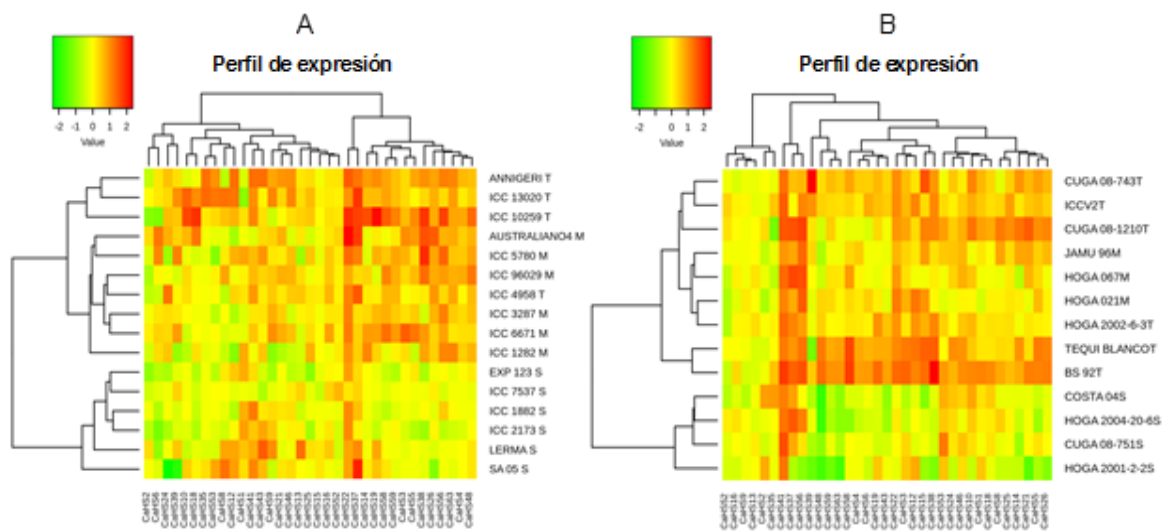
Se identificaron diez genes cuyo perfil de expresión es útil para la selección de genotipos tolerantes al calor en ambos tipos de garbanzo (*CaHS3*, *CaHS5*, *CaHS19*, *CaHS22*, *CaHS26*, *CaHS37*, *CaHS38*, *CaHS41*, *CaHS56* y *CaHS58*). Además de estos, se identificaron 8 genes exclusivos para la selección de genotipos de kabuli (*CaHS1*, *CaHS10*, *CaHS12*, *CaHS15*, *CaHS21*, *CaHS24*, *CaHS46* y *CaHS53*) y 6 exclusivos para la selección de genotipos desi (*CaHS14*, *CaHS16*, *CaHS43*, *CaHS48*, *CaHS59* y *CaHS63*). Entre los genes con mayor nivel de expresión bajo estrés en ambos tipos de garbanzo destacan los que codifican proteínas de 70 kDa (*HSP70*) y 22 kDa (*HSP22*). Se observó en todos los genotipos la inducción de los genes *CaHS22* y *CaHS37*, correspondientes a una HSP aún no descrita y una de 22,7 kDa, respectivamente. Los genes *CaHS2* y *CaHS18* se indujeron en la mayoría de los genotipos en condiciones de estrés. La expresión inducida del gen *CaHS41*, que contiene un dominio HSP20, se observó en todos los genotipos kabuli.

La expresión de algunos genes fue diferente entre los tipos de garbanzo: *CaHS9* tuvo una mayor inducción en desi y *CaHS53* en kabuli. Los genotipos desi mostraron niveles más altos de expresión (Figura 1), así como un mayor número de genes inducidos en comparación con los de los genotipos kabuli. Esto podría explicarse porque los materiales desi, al ser más resistentes y menos domesticados, han mantenido una mayor diversidad genética y diversos mecanismos de tolerancia al calor. Es importante establecer que las diferencias, aunque significativas, no implican la ausencia de mecanismos de tolerancia en el tipo kabuli, ya que también se identificaron cinco genotipos tolerantes al estrés por calor en este tipo (Figura 1).

**Cuadro 1. Respuesta, genes diferenciales e índice de tolerancia en genotipos de garbanzo kabuli y desi.**

Tipo	Genotipo	Respuesta	Núm. de genes inducidos	Valor promedio por clase <sup>2</sup>	IT
Desi	ICC 13020	T	33	<b>Media de T</b>	0.62
	ICC 10259	T	31	30.5	0.75
	Annigeri	T	29		0.61
	ICC 4958	T	29		0.33
	ICC 96029	MT	26	<b>Media de MT</b>	0.38
	ICC 5780	MT	26	23.8	0.42
	ICC 6671	MT	26		0.45
	El Patrón	MT	24		0.46
	ICC 3287	MT	24		0.22
	ICC 1282	MT	19		0.10
	Lerma	S	16	<b>Media de S</b>	0.20
	San Antonio 05	S	16	11.5	0.15
	Line 123	S	10		-0.20
	ICC 2173	S	10		-0.16
	ICC 1882	S	9		-0.02
ICC 7537	S	8		-0.07	
Kabuli	Blanco Sinaloa 92	T	31	<b>Media de T</b>	0.98
	ICCV2	T	31	28.4	0.51
	Tequi Blanco 95	T	27		0.67
	CUGA 08-743	T	27		0.55
	CUGA 08-1210	T	25		0.60
	Mazocahui	T	26		0.37
	HOGA 021	MT	23	<b>Media de MT</b>	0.23
	JAMU 96	MT	21	20.7	0.30
	HOGA 067	MT	18		0.21
	HOGA 2004-20-6	S	12	<b>Media de S</b>	-0.12
	Combo-751	S	11	10.5	-0.02
	Costa 04	S	10		-0.14
Blancoson	S	9		-0.39	

<sup>1</sup> T = tolerante, MT = moderadamente tolerante, S = susceptible. <sup>2</sup> Calculado con base en los valores de expresión aditivos de genes individuales.



**Figura 1. Mapa de calor que muestra los perfiles de expresión de genotipos desi (A) y kabuli (B). El dendrograma superior muestra las relaciones de similitud de los genes con base en sus niveles de expresión.**

El dendrograma de la izquierda muestra las relaciones de similitud entre los genotipos con base en su perfil de expresión. Los genotipos con predominancia de color rojo son potencialmente tolerantes a calor.

Los genotipos que inducen la expresión de un mayor número de genes son aquellos con mayor potencial de tolerancia al estrés por calor. El análisis de agrupamiento (Figura 1) agrupó los materiales según el número de genes inducidos y esto coincide con la tolerancia reportada en campo bajo condiciones de calor durante la etapa de llenado de semillas (>32 °C); para garbanzo desi y kabuli se obtuvieron tres grupos: 1: genotipos con alto potencial de tolerancia al estrés por calor; 2: genotipos moderadamente tolerantes y 3: genotipos susceptibles. Entre los genotipos desi destacaron ICC 10259, ICC 13020, ICC 4958 y Annigeri; los genotipos kabuli con mayor tolerancia potencial fueron Mazocahui, ICCV2, Blanco Sinaloa 92, Tequi Blanco 95, Combo-743 y CUGA 08-1210 (Figura 1). El Índice de Tolerancia (Cuadro 1) describe la reacción de resistencia de manera similar a los perfiles de expresión. Por tanto, ambas estrategias son válidas para la identificación de genotipos de garbanzo tolerantes a altas temperaturas.

### Conclusiones

- Los genotipos de garbanzo kabuli y desi se clasificaron en tolerantes, moderadamente tolerantes y susceptibles.
- Se identificaron diez genes útiles para seleccionar ambos tipos de garbanzo, ocho para kabuli y seis para desi.
- Los genotipos desi con tolerancia potencial al calor son ICC10259, ICC 13020, ICC 4958 y Annigeri; y los kabuli Mazocahui, ICCV 2, Blanco Sinaloa 92, Tequi Blanco 95, Combo-743 y CUGA 08-1210. Los resultados sugieren que el garbanzo desi tiene un mayor potencial de

tolerancia al calor que el kabuli; sin embargo, la metodología también permitió la identificación de genotipos de kabuli tolerantes.

### Literatura citada

- Logemann, J., Schell, J. y Willmitzer, L. 1987. Improved method for the isolation of RNA from plant tissues. *Analytical biochemistry*, 163 (1), 16–20.
- Montero-Tavera, V., Escobedo-Landín, M.A., Acosta-Gallegos, J.A., Anaya-López, J.L., Ruiz-Nieto, J.E. (2017). 26S: Novel reference gene from leaves and roots of common bean for biotic stress expression studies based on PCR. *Legume Research-An International Journal*, 3:429-433.
- Parankusam, S., Bhatnagar-Mathur, P., Sharma, K. (2017). Heat responsive proteome changes reveal molecular mechanisms underlying heat tolerance in chickpea. *Environmental and Experimental Botany*, 141:132-144.
- Parween, S., Nawaz, K., Roy, R., Pole, A., Suresh, V., Misra, G., Jain, M. 2015. An advanced draft genome assembly of a desi type chickpea (*Cicer arietinum* L). *Scientific reports*.
- Rikhvanov, E.G., Gamburg, K.Z., Varakina, N.N., Rusaleva, T.M., Fedoseeva, I.V., Tauson, E.L., Stupnikova, I.V., Stepanov, A.V., Borovskii, G.B., Voinikov, V.K. (2007). Nuclear-mitochondrial crosstalk during heat shock in *Arabidopsis* cell culture. *Plant Journal*, 52:763–778.
- Rosielle, A., Hamblin, J. (1981). Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environment. *Crop Science*, 21:943-6.
- Zhong, L., Zhou, W., Wang, H., Ding, S., Lu, Q., Wen, X., Peng, L., Zhang, L., Lu, C. (2013). Chloroplast small heat shock protein HSP21 interacts with plastid nucleoid protein pTAC5 and is essential for chloroplast development in *Arabidopsis* under heat stress. *Plant Cell*, 25:2925–2943.



## GARBANZO: VALOR NUTRICIONAL, COMPUESTOS BIOACTIVOS Y PREVENCIÓN DE ENFERMEDADES

Janitzio Xiomara Korina PERALES SÁNCHEZ<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Programa Regional de Posgrado en Biotecnología, Facultad de Ciencias Químico Biológicas (FCQB), Universidad Autónoma de Sinaloa (UAS), Cd Universitaria, AP 1354, CP 80,000 Culiacán, Sinaloa, México. <sup>2</sup> Programa de Posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos, FCQB, UAS, Cd Universitaria, AP 1354, CP 80,000 Culiacán, Sinaloa, México

El garbanzo (*Cicer arietinum* L) es la tercera leguminosa de mayor consumo a nivel mundial después de los frijoles y guisantes (Sánchez-Chino *et al.*, 2015). Este grano es cultivado en numerosos países como India, Pakistán, México y regiones del mediterráneo (Asif *et al.*, 2013). En nuestro país se cosecha garbanzo en los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur. Se clasifica según su origen en dos tipos: garbanzo desi (región india) cuya semilla es pequeña, pigmentada y de cubierta seminal gruesa, y garbanzo kabuli (región mediterránea) semilla grande, de color blanco o beige y cubierta seminal delgada (Chavan *et al.*, 1987; Wood y Grusak, 2007). Según las diferencias botánicas, la cubierta de la semilla y el cotiledón pueden variar entre 3-16% y del 82-97% del peso de la semilla respectivamente; estos valores relativos afectan la composición química/nutricional e influyen en la funcionalidad y por tanto el uso como alimento.

### Composición química y valor nutricional

El garbanzo es una excelente fuente de proteínas y carbohidratos. Estos componentes representan aproximadamente el 80% del peso seco total de la semilla; el contenido de lípidos es relativamente alto y está constituido principalmente por ácidos grasos poliinsaturados, que están relacionados con efectos positivos para la salud (Wood y Grusak, 2007; Jukanti *et al.*, 2012; Jandacek, 2017). Además, presenta una buena cantidad de vitaminas (niacina, ácido ascórbico) y minerales (Ca, P, Mg, Na, Fe, K). Es por todo esto que el valor nutricional del garbanzo es superior a muchas otras leguminosas (Asif *et al.*, 2013).

### Proteínas

El contenido de la proteína de garbanzo oscila entre 13-31% en base seca (Garzón-Tiznado *et al.*, 2012; Domínguez-Arispuro *et al.*, 2017). Las principales fracciones proteicas son globulinas (56.6%), glutelinas (18%), albuminas (12%) y prolaminas (2.8%) (Singh y Jambunathan, 1981). La calidad de la proteína se determina comparando el perfil de aminoácidos contra una proteína estándar, la caseína principal proteína de leche tiene un valor de digestibilidad proteínica *in vitro* (DP<sub>IV</sub>) del 90%; el garbanzo presenta valores similares a la caseína, ya que posee una DP<sub>IV</sub> entre 65.3-92.3%, digestibilidad de proteína verdadera de 83.77-84.90%, y utilización de proteína neta de 87-92% (Kadam, 1989; Reyes-Moreno *et al.*, 2002; Angulo-Bejarano *et al.*, 2008). Además, tiene una relación de eficiencia proteínica (PER, por sus siglas en inglés) de 1.20-2.64, PER calculado (C-PER, por sus siglas en inglés) de 1.54; este último se basa en el perfil de aminoácidos esenciales y la digestibilidad de las proteínas. La puntuación de aminoácidos corregida por la digestibilidad de las proteínas (PDCAAS, por sus siglas en inglés) indica la competencia de la proteína estudiada para satisfacer los requisitos de proteína de un individuo; el garbanzo presenta un PDCAAS de 0.73, mientras que la utilización neta de proteínas (NPR) es de 2.65, la calificación química (CQ) es de 72.0% y el índice de aminoácidos esenciales (EAAI)

es de 67.10-87.00% (Milán-Carrillo *et al.*, 2007; Angulo-Bejarano *et al.*, 2008). Aunque el garbanzo es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) su valor nutricional es superior a muchas otras leguminosas como soya y lenteja (Asif *et al.*, 2013).

### **Lípidos**

El contenido de lípidos del garbanzo es de 2.6-10.0 % b.s, por lo que se encuentra en el grupo de “leguminosas de bajo contenido lipídico” (1-6% de lípidos) (Reyes-Moreno *et al.*, 2004; Garzón-Tiznado *et al.*, 2012; Domínguez-Arispuro *et al.*, 2017) y se compone principalmente de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) (62-67%). El principal ácido graso del garbanzo es el ácido linoleico [46-62% (aceite de garbanzo desi) y 16-56% (aceite de garbanzo kabuli)], seguido del ácido oleico [18-23% (aceite de garbanzo desi) y 19-32% (aceite de garbanzo kabuli)] (Wood y Grusak 2007). Los PUFA proporcionan efectos beneficiosos sobre los lípidos séricos. El  $\beta$ -sitosterol, el principal fitosterol del garbanzo, ayuda a disminuir los niveles de colesterol sérico, la presión arterial y las enfermedades cardiovasculares. Los PUFA también son importantes para la producción de prostaglandinas, que ayudan a reducir la presión arterial y la construcción del músculo liso (Jukanti *et al.*, 2012).

### **Carbohidratos**

Los carbohidratos representan entre el 58-73% de la composición del garbanzo (Reyes-Moreno *et al.*, 2004; Milán-Carrillo *et al.*, 2007; Garzón-Tiznado *et al.*, 2012;). Este se divide en digeribles (almidón, mono y disacáridos) y no digeribles (fibra y oligosacáridos). El contenido total de almidón (AT) en el garbanzo es del 32.0-57.2%, el almidón disponible (AD) de 34-36.7%, y almidón resistente (AR) hasta 19.3% (Sánchez-Magaña *et al.*, 2014; Demirkesen-Bicak *et al.*, 2018). El sistema digestivo humano no puede digerir el AR; por tanto, se comporta como fibra dietética, con los mismos efectos benéficos (Aguilera *et al.*, 2009; Demirkesen-Bicak *et al.*, 2018). La fibra dietética en el garbanzo varía del 18-29% (desi) al 10-24% (kabuli) (Domínguez-Arispuro *et al.*, 2017; Sánchez-Magaña *et al.*, 2014). Su consumo regular está relacionado con la disminución de la prevalencia de enfermedades crónico degenerativas, como diabetes, obesidad y enfermedades gastrointestinales y cardiovasculares (Anderson *et al.*, 2009). En las leguminosas, la mayoría de la fibra dietética es insoluble (FDI), representa el 85-93% de la fibra dietética total (Hall *et al.*, 2016). La ingesta alta de fibra puede ayudar a sentirse satisfecho más rápido y por más tiempo, gracias a la acción de carga de la FDI y a los largos tiempos de digestión, lo que ayuda a tratar la obesidad (Bouchenak y Lamri-Senhadji, 2013).

### **Vitaminas y minerales**

Las vitaminas y los minerales son necesarios para los procesos metabólicos; su déficit implica una gran variedad de condiciones de salud (FAO / OMS, 2001). El garbanzo es rico en vitaminas del complejo B (tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico, piridoxina, ácido fólico, cobalamina), vitaminas C, D, E y K (Chavan *et al.*, 1987; Jukanti *et al.*, 2012); así como en minerales como calcio, magnesio, potasio, fósforo, hierro y zinc, entre otros (Jukanti *et al.*, 2012).

### **Factores antinutricionales**

Aunque el garbanzo posee excelentes atributos nutricionales, presenta componentes indeseables que limitan su calidad nutricional (El-Adawy, 2002). Algunos de ellos son el ácido fítico (forma

complejos con iones de minerales e inhibe la acción de enzimas digestivas reduciendo la digestibilidad de nutrientes), oligosacáridos (produce gases indeseables durante la fermentación en el colon), lectinas (interfieren en la absorción de minerales), saponinas (disminuyen la absorción de zinc, hierro y proporcionan sabor amargo), taninos (astringente) e inhibidores de enzimas como tripsina y quimotripsina (Jukanti *et al.*, 2012). Algunos de estos compuestos también tienen efectos benéficos para la salud.

### **Compuestos bioactivos y prevención de enfermedades**

Además del alto valor nutricional del garbanzo, este posee compuestos bioactivos como péptidos bioactivos, fitoesteroles, compuestos fenólicos, isoflavonas y saponinas que se han reportado pueden prevenir el padecimiento de enfermedades crónico degenerativas (Gupta *et al.*, 2016).

### **Péptidos**

Además de las propiedades nutricionales y funcionales que proporcionan las proteínas, también poseen propiedades biológicas. Estas se atribuyen a los péptidos bioactivos, los cuales se liberan de las proteínas durante su digestión gastrointestinal o mediante procesos de hidrólisis controlados utilizando proteasas exógenas (Yust *et al.*, 2012). En el garbanzo las principales investigaciones sobre sus péptidos han sido realizadas en proteínas aisladas e hidrolizadas con enzima (alcalasa) para péptidos con el poder de inhibir la angiotensina I (IECA), enzima relacionada con hipertensión (Medina-Godoy *et al.*, 2012). En otras investigaciones, hidrolizados de proteínas de garbanzo tratados con alcalasa han generado un péptido (NRYHE) con buena actividad antioxidante (Zhang *et al.*, 2012). El efecto antioxidante del péptido NRYHE fue estudiado por catalasa, glutatión peroxidasa y glutatión reductasa en células de cáncer de colon Caco-2 y HT-29; presentando una correlación positiva entre la concentración y la actividad de las tres enzimas estudiadas (Gou *et al.*, 2014) También se han reportado biopéptidos con propiedades anti-carcinogénicas contra las células del cáncer de mama (MCF-7 y MDA-MB-231) (Xue *et al.*, 2015; Álvarez *et al.*, 2016; Sánchez-Chino *et al.*, 2018).

### **Polisacáridos (no digeribles)**

Los polisacáridos no digeribles están formados por oligosacáridos, fibra, resistentes almidón y  $\beta$ -glucanos. Las semillas de leguminosas comúnmente tienen grandes cantidades de oligosacáridos 6.3-8.7%, fibra 13.9-20.7%, almidón resistente 3.39-4.2% y  $\beta$ -glucanos 0.2-0.5% a diferencia de otras semillas. La fibra puede estimular la producción de ácidos biliares al unirse a los ácidos biliares en el intestino, impidiendo su reabsorción, disminuyendo el colesterol hepático y promoviendo la absorción de colesterol en sangre (Abeysekara *et al.*, 2012). Por su parte, la fibra dietética soluble (FDS) se fermenta en el colon y tiene un efecto prebiótico, produciendo ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como acetato, propionato y butirato (Anderson *et al.*, 2009; Slavin, 2013), que ayudan a reducir la síntesis de colesterol en el hígado (Abeysekara *et al.*, 2012). Mientras que el butirato frena la proliferación celular y estimula la apoptosis (Cao *et al.*, 2019). Es por esto que los polisacáridos no digeribles se consideran como nutracéuticos.

### Compuesto fenólicos

El garbanzo contiene diversos compuestos fenólicos. El contenido de fenólicos totales (CFT) en el garbanzo desi y kabuli se encuentra entre 0.7-1.6 y 0.5 mg equivalentes de ácido gálico (EAG)/g de muestra respectivamente (Garzón-Tiznado *et al.*, 2012, 2013; Heiras-Palazuelos *et al.*, 2012; Domínguez-Arispuro *et al.*, 2017). Los principales compuestos fenólicos reportados en el garbanzo son los ácidos sinápico, ferúlico, gálico, p-hidroxibenzoico y cafeico (Domínguez-Arispuro *et al.*, 2017; Quintero-Soto *et al.*, 2018). Con respecto al contenido de flavonoides totales, se ha reportado que el garbanzo desi contiene de 0.5-1.8 mg equivalentes de catequina (ECA)/g, mientras que el garbanzo kabuli presenta valores alrededor de 2.04 mg equivalentes de catequina (ECA)/g (Garzón-Tiznado *et al.*, 2012, 2013; Heiras-Palazuelos *et al.*, 2012). Los principales flavonoides encontrados en el garbanzo son la biocanina A, catequina, daidzeina, genisteina hexóxido, kaemferol, formononetina y quercetina (Milán-Noris *et al.*, 2018; Quintero-Soto *et al.*, 2018).

Sreerama *et al.* (2010) reportaron el contenido de ácido fenólico en las diferentes partes anatómicas del garbanzo (testa, cotiledón y embrión), encontrando que el ácido ferúlico fue el más abundante en todas las partes anatómicas. Los flavonoides también han sido reportados en las diferentes partes anatómicas del garbanzo, siendo el kaemferol el principal flavonoide encontrado en testa, cotiledón y embrión; Por otro lado, la testa y el embrión presentan la mayor cantidad de antocianinas (cianidina, petudina y delphinidina), mientras que en el cotiledón no fueron detectadas (Xu and Chang, 2009; Sreerama *et al.*, 2010).

Los compuestos fenólicos presentan una amplia gama de efectos benéficos, exhiben una alta actividad antioxidante (AoxA), evitando que las biomoléculas sufran daño oxidativo oxidativo (Vuolo *et al.*, 2019). Existen reportes en la literatura que extractos etanólicos de garbanzo, contienen biocanina A y formononetina de poseen actividad hipolipidémica *in vitro* (contra el fibroblasto 3T3-L1) e *in vivo* (ratas) (Nakagawa *et al.*, 1975; Sharma 1979; Shinohara *et al.*, 2016), inactivando las enzimas que participan en la lipogénesis. También se ha reportado que inhiben a la enzima convertidora de angiotensina (ECA) al interactuar con el ión zinc, y modificar el centro activo de la enzima (Al Shukor *et al.*, 2013). Se ha reportado que los compuestos fenólicos del garbanzo exhiben una actividad inhibidora de la ECA de  $IC_{50} = 0.061-0.152$  mg / ml (Sreerama *et al.*, 2012; Mamilla y Mishra, 2017). Además, tienen un índice inhibidor de la  $\alpha$ -amilasa de 3.56, un índice inhibidor de la  $\alpha$ -glucosidasa de 2.94 (Sánchez-Magaña *et al.*, 2014) y un  $IC_{50}$  de 108.3  $\mu$ g / ml y 92.2  $\mu$ g / ml respectivamente (Sreerama *et al.*, 2012).

Los extractos fenólicos de garbanzo desi han mostrado actividad antimutagénica (57.8-62.3% de inhibición), frente a 1- Nitropireno (1-NP), utilizando *Salmonella typhimurium* TA98, observándose una alta correlación de actividad antimutagénica y CFT (Garzón-Tiznado *et al.*, 2013). Asimismo, presenta un potencial antiproliferativo contra el cáncer de mama (Gowen *et al.*, 2007; Ma *et al.*, 2013) y las células de cáncer de colon (Girón-Calle *et al.*, 2004). En la literatura existen reportes que la biocanina A inhibe el crecimiento de células cancerosas de estómago *in vitro* y reduce el crecimiento tumoral en ratones (Yanagihara *et al.*, 1993; Dixon, 2004). Además, los extractos fenólicos de garbanzo mostraron efectos antiinflamatorios, inhibiendo la producción de óxido nítrico en un 10% aproximadamente (Milán-Noris *et al.*, 2018).

## Conclusión

El garbanzo es una leguminosa que posee un buen contenido de proteínas de buena calidad, carbohidratos, fibra dietaria y ácidos grasos insaturados, además de poseer compuestos bioactivos que exhiben un efecto positivo sobre la salud ayudando en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas degenerativas.

## Bibliografía

- Abeysekara, S., Chilibeck, P.D., Vatanparast, H. and Zello, G.A. (2012). A pulse-based diet is effective for reducing total and LDL-cholesterol in older adults. *British Journal of Nutrition*, 108: S103–S110.
- Aguilera, Y., Martín-Cabrejas, M.A., Benítez, V., Mollá, E., López-Andréu, F.J., Esteban, R.M. (2009). Changes in carbohydrate fraction during dehydration process of common legumes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 22: 678–683.
- Álvarez, G.I., Muñoz, C.L.S., Pérez, G.A., Madrigal, E., Jiménez, M.C., Dávila, O.G., Villa, T.S., Sánchez, C.X. (2016). Chemopreventive effect of chickpea (*Cicer arietinum*) protein hydrolysate on colon cancer in mouse. *Toxicology Letters*, 259: S93.
- Angulo-Bejarano, P.I., Verdugo-Montoya, N.M., Cuevas-Rodríguez, E.O., Milán-Carrillo, J., Mora-Escobedo, R., López-Valenzuela, J.A., Garzón-Tiznado, J.A. and Reyes-Moreno, C. (2008). Tempeh flour from chickpea (*Cicer arietinum* L.). Nutritional and physicochemical properties. *Food Chemistry*, 106: 106-112.
- Asif, M., Rooney, L.W. Ali, R. and Riaz, M.N. (2013). Application and Opportunities of Pulses in Food System: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(11): 1168-79.
- Bouchenak, M. and Lamri-Senhadji, M. (2013). Nutritional Quality of Legumes, and Their Role in Cardiometabolic Risk Prevention: A Review. *Journal of Medicinal Food*, 16: 1–14.
- Cao, M., Zhang, Z., Han, S. and Lu, X. (2019). Butyrate inhibits the proliferation and induces the apoptosis of colorectal cancer HCT116 cells via the deactivation of mTOR/S6K1 signaling mediated partly by SIRT1 downregulation. *Molecular Medicine Reports*, 19 (5): 3941-3947.
- Chavan, J.K., Kadam, S.S., Salunkhe, D.K. and Beuchat, L.R. (1987). Biochemistry and technology of chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 25(2): 107-158.
- Demirkesen-Bicak, H., Tacer-Caba, Z. and Nilufer-Erdil, D. (2018). Pullulanase treatments to increase resistant starch content of black chickpea (*Cicer arietinum* L.) starch and the effects on starch properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 11: 505-513.
- Dixon, R.A. (2004). Phytoestrogens. *Annual Review of Plant Biology*, 55: 225–261.
- Domínguez-Arispuro, D.M., Cuevas-Rodríguez, E.O., Milán-Carrillo, J., León-López, L., Gutiérrez-Dorado, R. and Reyes-Moreno, C. (2017). Optimal germination condition impacts on the antioxidant activity and phenolic acids profile in pigmented desi chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Journal of Food Science and Technology*, 55(2): 638-647.
- El-Adawy, T.A. (2002). Nutritional composition and antinutritional factors of chickpeas (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Foods for Human Nutrition*, 57: 83–97.
- Garzón-Tiznado, J. A., Ochoa-Lugo, M. I., Heiras-Palazuelos, M., Domínguez-Arispuro, D. M., Cuevas-Rodríguez, E. O., Gutiérrez-Dorado, R., Milán-Carrillo, J. and Reyes-Moreno C. (2012). Acceptability Properties and Antioxidant Potential of Desi Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars. *Food and Nutrition Sciences*, 3: 1281-1289.
- Garzón-Tiznado, J., Heiras-Palazuelos, M., Espinoza-Moreno, R., Cano-Campos, M., Delgado-Vargas, F., Gutiérrez-Dorado, R., Milán-Carrillo, J. and Reyes-Moreno C. (2013). Antioxidant and antimutagenic activities of optimized extruded desi chickpea (*Cicer arietinum* L) flours. *Journal of Pharmacy and Nutrition Sciences*, 3: 38-47.

- Girón-Calle, J., Vioque, J., del Mar Yust, M., Pedroche, J., Alaiz, M. and Millán, F. (2004). Effect of chickpea aqueous extracts, organic extracts and protein concentrates on cell proliferation. *Journal of Medicinal Food*, 7(2): 122–129.
- Guo Y, Zhang T, Jiang B, Miao M, Mu W. 2014. The effects of an antioxidative pentapeptide derived from chickpea protein hydrolysates on oxidative stress in Caco-2 and HT-29 cell lines. *Journal of Functional Foods* 2014, 7(0):719-726
- Gowen, A., Abu-Ghannam, N., Frias, J. and Oliveira, J. (2007). Modelling the water absorption process in chickpeas (*Cicer arietinum* L.)—The effect of blanching pre-treatment on water intake and texture kinetics. *Journal of Food Engineering*, 78: 810–819.
- Heiras-Palazuelos, M., Ochoa-Lugo, M.I., Gutiérrez-Dorado, R., López-Valenzuela, J.A., Mora-Rochín S., Milán-Carrillo, J., Garzón-Tiznado, J.A. and Reyes-Moreno, C. (2012). Technological properties, antioxidant activity and total phenolic and flavonoid content of pigmented chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 64(1): 69-76.
- Jandacek, R. J. (2017). Linoleic Acid: A Nutritional Quandary. *Healthcare*, 25 (5): 1-8.
- Jukanti, A.K., Gaur P.M., Gowda, C.L.L. and Chibbar R.N. (2012). Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. *British Journal of Nutrition*, 108: S11–S26.
- Kadam SS DSyJN. 1989. Seed Structure and Composition. In: CRC Handbook of World Food Legumes: Nutritional Chemistry, Processing Technology and Utilization. Boca Raton, FL. EUA. CRC Press, Inc.
- Ma, H.R., Wei, H.B., Chen, Z., Yang, Y., Wang, Z.H., Habasi, M., Cao, X. and Aisa H.A. (2013). The Estrogenic Activity of Isoflavones Extracted from Chickpea *Cicer arietinum* L Sprouts in Vitro. *Phytotherapy Research*, 27: 1237–1242.
- Medina-Godoy, S., Ambriz-Pérez, D.L., Fuentes-Gutiérrez, C.I., Germán-Báez, L.J., Gutiérrez-Dorado, R., Reyes-Moreno, C. and Valdez-Ortiz, A. (2012). Angiotensin-converting enzyme inhibitory and antioxidative activities and functional characterization of protein hydrolysates of hard-to-cook chickpeas. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(9): 1974–81.
- Milán-Carrillo, J., Alarcón-Valdéz, C., Gutiérrez-Dorado, R., Cárdenas-Valenzuela, O.G., Mora-Escobedo, R., Garzón-Tiznado, J.A. and Reyes-Moreno, C. (2007). Nutritional properties of quality protein maize and chickpea extruded based weaning food. *Plant Foods for Human Nutrition*, 62: 31-33.
- Milán-Noris, A.K., Gutiérrez-Urbe, J.A., Santacruz, A., Serna-Saldívar, S.O., Martínez-Villaluenga, C.M. (2018). Peptides and isoflavones in gastrointestinal digests contribute to the anti-inflammatory potential of cooked or germinated desi and kabuli chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Chemistry*, 268: 66–76.
- Nakagawa, M., Kawashima, Y. and Ushiyama, M. (1975). Hypolipidemic Principles of *Cicer arietinum*: Biochanin-A and Formononetin. *Lipids*, 11(3): 243-246.
- Quintero-Soto, M.F., Saracho-Peña, A.G., Chavez-Ontiveros, J., Garzon-Tiznado, J.A., Pineda-Hidalgo, K.V., Delgado-Vargas, F. and Lopez-Valenzuela, J.A. (2018). Phenolic profiles and their contribution to the antioxidant activity of selected chickpea genotypes from Mexico and ICRISAT collections. *Plant Foods for Human Nutrition*, 73(2): 122-129.
- Reyes-Moreno, C., Cuevas-Rodríguez, E.O., Milán-Carrillo, J., Cárdenas-Valenzuela, O.G. and Barrón-Hoyos, J. (2004). Solid state fermentation process for producing chickpea (*Cicer arietinum* L) tempeh flour. Physicochemical and nutritional characteristics of the product. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 84: 271–278.
- Reyes-Moreno, C., Milán-Carrillo, J., Rouzaud-Sandez, O., Garzón-Tiznado, J. A. and Mora-Escobedo, R. (2002). Dehulling/Softening/Extrusion (DSE): Technological Alternative to Improve Nutritional Quality of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Agroscience*, 36: 181-189.

- Sánchez-Chino, X., Jiménez-Martínez, C., Dávila-Ortiz, G., Álvarez-González, I. and Madrigal-Bujaidar, E. (2015). Nutrient and Nonnutrient Components of Legumes, and Its Chemopreventive Activity: A Review. *Nutrition and Cancer*, 0(0), 1–10.
- Sánchez-Magaña, L.M., Cuevas-Rodríguez, E.O., Gutiérrez-Dorado, R., Ayala-Rodríguez, A.E., Valdez-Ortiz, A., Milán-Carrillo, J. and Reyes-Moreno, C. (2014). Solid-state Bioconversion of chickpea (*Cicer arietinum* L.) by *Rhizopus oligosporus* to improve total phenolic content, antioxidant activity and hypoglycemic functionality. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 65(5): 558-564.
- Sharma, R.D. 1979. Isoflavones and Hypercholesterolemia in Rats. *Lipids*, 14(6): 535-9.
- Shinohara, S., Gu, Y., Yang, Y., Furuta, Y., Tanaka, M., Yue, X., Wang, W., Kitano, M. and Kimura, H. (2016). Ethanol extracts of chickpeas alter the total lipid content and expression levels of genes related to fatty acid metabolism in mouse 3T3-L1 adipocytes. *International Journal of Molecular Medicine*, 38(2): 574-84.
- Singh U, Jambunathan R. 1981. Studies on Desi and Kabull Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Cultivars: Levels of Protease Inhibitors, Levels of Polyphenolic Compounds and in vitro Protein Digestibility. *Journal of Food Science*, 46(5):1364-1367.
- Sreerama YN, Sashikala VB, Pratape VM. 2010. Variability in the Distribution of Phenolic Compounds in Milled Fractions of Chickpea and Horse Gram: Evaluation of Their Antioxidant Properties. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(14):8322-8330.
- Sreerama, Y.N., Vadakkoot, B.S. and Vishwas, M.P. (2012). Phenolic compounds in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their antioxidant and enzyme inhibitory properties associated with hyperglycemia and hypertension. *Food Chemistry*, 133: 156–162.
- Vuolo, M.M., Lima, V.S. and Maróstica, M.R. (2019). Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. In *Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications*, edited by: Segura-Campos, M.R., 33-55, Woodhead Publishing.
- Wood, J.A. and Grusak, M.A. (2007). Nutritional value of chickpea. In *Chickpea Breeding and Management*, edited by: Yadav, S.S., Redden, R.J., Chen, W. and Cabi, S.B, 101–142. UK: CAB International.
- Xu B, Chang KC. 2009. Phytochemical Profiles and Health-Promoting Effects of Cool-Season Food Legumes As Influenced by Thermal Processing. *Journal of agricultural and food chemistry*, 57(22):10718-10731
- Xue, Z., Wen, H., Zhai, L., Yu, Y., Li, Y., Yu, W., Cheng, A., Wang, C. and Kou X. (2015). Antioxidant activity and anti-proliferative effect of a bioactive peptide from chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Food Research International*, 77(2): 75-81.
- Yanagihara, K., Ito, A., Toge, T. and Numoto, M. (1993). Antiproliferative effects of isoflavones on human cancer cell lines established from the gastrointestinal tract. *Cancer Research*, 53: 5815–5821.
- Yust MdM, Millan-Linares MdC, Alcaide-Hidalgo JM, Millan F, Pedroche J. 2012. Hypocholesterolaemic and antioxidant activities of chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein hydrolysates. *J Sci Food Agr*, 92(9):1994-2001.
- Zhang T, Li Y, Miao M, Jiang B. 2011. Purification and characterisation of a new antioxidant peptide from chickpea (*Cicer arietinum* L.) protein hydrolysates. *Food Chemistry*, 128(1):28-33.

## EXPERIENCIAS EN LA COSTA DE HERMOSILLO, SONORA, CON MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DEL GARBANZO

Agustín A. FÚ CASTILLO, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA,  
Karla Gpe. DOMÍNGUEZ CANIZALES, Gustavo A. FIERRROS LEYVA,  
José GRAGEDA GRAGEDA

Investigadores del CECH-INIFAP.  
Pascual Encinas Félix No. 72. Col. La Manga. Hermosillo, Sonora. 83220.  
fu.agustin@inifap.gob.mx

### Resumen

El garbanzo es afectado por un complejo de plagas las cuales pueden reducir hasta el 100% del rendimiento de grano así como la calidad de grano. La mayor parte de la producción se envía al mercado de exportación, principalmente a países del Medio Oriente que exigen una alta calidad, motivo por el cual se requiere un uso apropiado de agroquímicos y otras prácticas de control de plagas para reducir pérdidas en el cultivo. El uso inadecuado ocasiona contaminación ambiental, daños a la salud, resistencia por parte de los organismos dañinos, incremento de costos y fallas en control. De ahí la importancia de la implementación del manejo integrado de plagas (MIP), el cual logra reducir los daños a menos de 5% y el uso de agroquímicos hasta un 50%. En un futuro el MIP, se debe escalar a manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) y manejo integrado de cultivos (MIC).

**Palabras clave:** insectos, control, umbral.

### Introducción

El cultivo de garbanzo es afectado por *Heliothis* spp, *Spodoptera* spp y *Liriomyza* spp, y algunas plagas de almacén. Los daños por insectos en el período de floración a formación de cápsulas, afectan la producción hasta en 500 kg ha<sup>-1</sup> (Fu *et al.*, 2015), sin embargo, existen reportes de daños a nivel mundial entre 10-80% (Reed *et al.*, 1987). El gusano soldado *Spodoptera exigua*, inicialmente se alimenta del follaje y puede defoliar toda la planta, pero posteriormente las larvas grandes perforan las cápsulas y granos. Una vez que los granos alcanzan su madurez, son menos atractivos al insecto; sin embargo, bajo una fuerte presión del insecto y con larvas grandes es posible tener daños en granos maduros. El complejo de *Heliothis* perfora las cápsulas para alimentarse de los granos en formación dejando un orificio irregular. Una larva de *Heliothis* puede destruir más de 40 cápsulas durante su desarrollo. El mercado del garbanzo de la región es principalmente exportación, el cual exige una alta calidad de grano, y tiene un estándar de daños a grano por gusanos de 0.2%, es decir 2 granos dañados/1000 g de grano, para no ser penalizado en el precio. Otro factor a considerar es la resistencia de estas plagas a los insecticidas utilizados, por ejemplo *Liriomyza* es altamente resistente a las abamectinas (Fu *et al.*, 2015; Fu *et al.*, 2016a, Fu *et al.*, 2018b y Fu *et al.*, 2017). Las plagas más importantes de garbanzo se muestran en el Cuadro 1.

### Plagas del garbanzo

Las principales plagas del garbanzo son el gusano de la cápsula *Heliothis* spp, gusano soldado *Spodoptera* spp y mosca minadora *Liriomyza* spp, y plagas de almacén (varias especies). Los daños por insectos en el período de floración a formación de cápsulas, reducen la producción hasta en 500 kg ha<sup>-1</sup> (Gómez *et al.*, 2002; Fu *et al.*, 2015; Fu *et al.*, 2017). *Spodoptera* y *Heliothis* perforan las cápsulas para alimentarse de los granos en formación y pueden destruir más de 40



cápsulas durante su desarrollo larvario. La defoliación que causa la mosca minadora es otro factor a considerar en la resistencia de esta plaga a los insecticidas utilizados, ya que por ejemplo *Liriomyza* es altamente resistente a las abamectinas.

**Cuadro 1. Principales plagas del garbanzo en la Costa de Hermosillo, Sonora.**

Especie	Importancia	Daños
Grillos <i>Acheta spp</i> y <i>Nemobius</i>	Plaga Secundaria	Tallos cortados
Gusanos trozadores <i>Agrotis ípsilon/ Peridroma saucia</i>	Plaga secundaria	Larvas muerden y cortan plantas pequeñas.
Mosca germinación <i>Delia platura</i>	Plaga terciaria	Larvas perforan semillas y raíces.
Minador de la hoja <i>Liriomyza sativae</i>	Plaga primaria	Adultos pican hojas y larva hace galerías en hojas.
Gusano soldado <i>Spodoptera exigua</i>	Plaga primaria	Larva devora el follaje, cápsulas y granos
Gusano de la capsula <i>Heliothis virescens</i> y <i>Helicoverpa zea</i>	Plaga primaria	Perfora las cápsulas para alimentarse de los granos
Plagas almacén <i>Callosobruchus maculatus</i>	Plaga primaria	Se alimenta granos maduros.

## Principales plagas

### Minador de la hoja *Liriomyza sativa*

**Descripción:** Agromyzidae es una familia de pequeñas moscas cuyas larvas se alimentan de tejidos internos de plantas, a menudo como minadoras o perforadoras de hojas y tallos. La mayoría de las especies de agromícidos infestan un hospedante o se restringen a un pequeño grupo de plantas emparentadas entre sí. Unas especies son polífagas y son plagas en todo el mundo. Es el caso de *L. sativae* y *L. trifolii*, que son plagas polífagas tanto de cultivos ornamentales como hortícolas. En las más de 300 especies de *Liriomyza*, las moscas adultas tienen un aspecto muy similar. Son moscas pequeñas (1–3 mm de longitud) y en vista superior, son en buena medida negras con frente y escutelo amarillos en la mayoría de las especies. Los minadores de la hoja, especialmente *L. sativa* se consideran una de las plagas más importantes del garbanzo, ya que en condiciones de estrés de plantas y siembras tardías pueden defoliar el cultivo y reducir los rendimientos en forma considerable. En la India se reporta a *L. cicerina*, como la especie que ataca garbanzo (Ranga *et al.*, 2013), misma que no existe en México.

**Daños:** Estudios realizados en Siria en siembras de primavera indican que la larva daña más del 30% del follaje; sin embargo, como la planta tiene un crecimiento vegetativo alto, el porcentaje de hojas dañadas en la etapa de floración se reduce a menos del 15%. Los mayores daños por la plaga ocurren después de amarre de frutos, alcanzando más de 60% follaje dañado (Cardona, 1983; ICARDA, 1985). En ataques severos produce un sinnúmero de galerías en las hojas y es capaz de defoliar al cultivo; si esto ocurre cuando el grano está en formación se afecta la calidad. En Rusia se estima que la plaga ocasiona pérdidas de 10 a 40%. En Siria se reportan pérdidas entre 20 a 36% (Reed, 1985 y Cardona, 1983). Otros autores, mencionan que el minador de la hoja, no es una plaga limitante de la productividad en garbanzo (Ranga *et al.*, 2013).

Detección: Las perforaciones de alimentación y las galerías (o minas) suelen ser los primeros signos y los más obvios de la presencia de *Liriomyza*. Las galerías permanecen intactas y prácticamente sin variación durante semanas. Las hembras de mosca perforan las hojas de las plantas hospedantes con el ovipositor y producen unas lesiones que sirven como lugares de alimentación (de hembras y machos) o de oviposición. Las perforaciones de alimentación de las especies de *Liriomyza* son redondeadas, habitualmente de 0.2 mm de diámetro, y se perciben como puntos blancos en el haz de la hoja. Las perforaciones de oviposición suelen ser más pequeñas (0.05 mm) y con una forma circular más uniforme. Las perforaciones de alimentación destruyen un gran número de células y son claramente visibles (EPPO, 2005). Las larvas se alimentan sobre el haz de la hoja, minando a través del parénquima en empalizada. Las galerías suelen ser blanquecinas, con rastros de líneas negras discontinuas a lo largo de la hoja. Las repetidas circunvoluciones en una misma zona pequeña de la hoja generan a menudo un cambio de color de la galería, siendo habitual la aparición de áreas negras húmedas o marrones secas como resultado de las reacciones al minador de las hojas inducidas en la planta (EPPO, 2005; Parrella y Bethke, 1984).

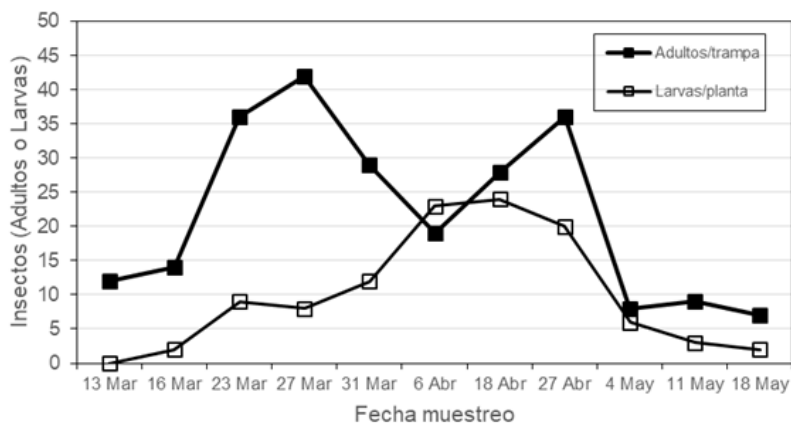
Características morfológicas de *Liriomyza*: Los adultos del minador son pequeñas mosquitas (1.4 a 1.5 mm) de color negro brillante y amarillo, con una mancha triangular de color amarillo entre las alas en la parte dorsal. Los huevecillos son elípticos y pequeños (0.26 mm. de largo, 0.13 mm. de diámetro). Éstos se depositan dentro del tejido foliar. Son blancos y ovalados. Las larvas presentan tres estadios larvarios que se alimentan a medida que excavan a través del tejido foliar. Las larvas recién emergidas tienen unos 0.5 mm de largo, pero al terminar su desarrollo alcanzan los 3.0 mm. Las larvas de *L. sativae* y *L. trifolii* son translúcidas cuando acaban de emerger; posteriormente todo el cuerpo se vuelve amarillo anaranjado. Las larvas del minador son delgadas y de color amarillo brillante y pasan por 3 estadios. Las pupas son cilíndricas ovaladas, de unos 2.0 mm de longitud, tienen la apariencia de granos de arroz, son naranjas amarillentos, en ocasiones más oscuros, de color marrón dorado, cuando salen de las hojas, las pupas se localizan sobre el follaje y en el suelo (King y Saunders, 1984; *Fu et al.*, 1999).

Biología: En el invierno el huevo incuba en seis días, la larva desarrolla en trece, la pupa en 21, completando el ciclo biológico en 40 días. Durante la primavera, el ciclo biológico disminuye sustancialmente, incubando el huevo en 2.9 días, la larva desarrolla en 11 días aproximadamente, igual que la pupa completando el ciclo biológico en 25 días. A principios del verano se aprecia un ciclo biológico de menor duración, equivalente a 19 días, con una incubación del huevo de 3 días, desarrollo larval en 9 días y pupal en 7 días (Lizárraga, 1990). Salas *et al.* (1988) señalan que resultados de un estudio realizado a nivel de laboratorio que bajo condiciones de temperatura y humedad relativa promedio de 27.38°C y 74.28% respectivamente, la duración de las diferentes fases de desarrollo de *Liriomyza* fueron: huevo 3.00-3.21 días, larva 6.0-6.5, pupa 7-9 días, adulto macho 2-5 y adulto hembra 3-7 días. El ciclo de vida completo de estas especies varía de 21 a 28 días, facilitando el desarrollo de muchas generaciones por año.

Los huevecillos tienen una duración de 2 a 4 días antes de eclosionar, el estadio larval pasa por tres instares con duración de 7 a 10 días antes de pupar, requiriendo 8 a 15 días y generalmente lo hace en el suelo. El apareamiento de los adultos ocurre dentro de las 24 horas posteriores a

emergencia de la pupa, una hembra puede colocar 250 huevecillos. Las hembras pican las hojas jóvenes y depositan los huevecillos dentro de estas picaduras en la hoja (King y Saunders, 1984). En las hojas normalmente se observan pequeños orificios causados por las hembras para ovipositar o alimentarse; sin embargo, únicamente un pequeño porcentaje de estas perforaciones contienen huevecillos. El macho y hembra en muchas ocasiones se alimentan de exudaciones de esas picaduras. En pocos días las larvas se desarrollan e inician su alimentación debajo de la cutícula de la hoja. La temperatura óptima de desarrollo es de 29 a 32 °C, el insecto se ve afectado en su crecimiento por temperaturas inferiores a 10 °C. El ciclo de vida tiene una duración menor a 3 semanas, existiendo varias generaciones en el desarrollo del cultivo (Leibee, 1984; Johnson, 1987). Otros estudios a 26 °C indican que la larva completa su desarrollo en 5 a 7 días, la pupa requiere de 9 a 11 días, y el ciclo completo varía de 16 a 22 días (Parrella y Keil, 1984).

Dinámica poblacional: En la Figura 1 se aprecia el comportamiento poblacional de adultos, donde se aprecia un incremento de la población a partir del 13 de marzo hasta el 31 de marzo, con un descenso a principios de abril; sin embargo, los adultos se vuelven a incrementar del 18 de abril hasta el 4 de mayo. Las larvas empiezan a incrementarse a partir del 23 de marzo, alcanzando su máxima densidad en todo el mes de abril, y a partir de mayo reducen su población. La mayor población coincide con el período de floración a llenado de grano.



**Figura 1. Dinámica poblacional de adultos y larvas del minador de la hoja en garbanzo en la Costa de Hermosillo, Sonora.**

Requerimientos climáticos: Lizárraga (1991) encontró que para la época de invierno la duración del ciclo biológico de huevecillo a adulto fue de 40 días, en primavera de 25 y en verano de 19 días. Otros investigadores han reportado la duración del estado larval en menos de 7.4 días a 25 °C, confirmando el hecho de que el aumento de temperatura es el factor de la disminución del tiempo del ciclo biológico. Gómez y Rodríguez (1995) manifiestan que a temperaturas de 26.7 °C se da al máximo de oviposición y la mayor emergencia de adultos, posteriormente Larraín y Muños (1997) encontraron que el desarrollo de esta plaga disminuye considerablemente a 11 °C, mientras que Salas *et al.*, (1988) en un estudio realizado a temperatura de 27.38 °C y humedad relativa promedio de 74.28 %, encontraron que la duración de las diferentes fases de desarrollo

en días fueron: huevecillo 3.05 días; larva 6.00 días; prepupa 5.13 horas y pupa 8.15 días. Head *et al.* (2002) determinaron una temperatura mínima umbral de 5.7 °C para el desarrollo de este insecto y señalan que requiere de la acumulación de 312 GD para completar el ciclo de huevecillo a adulto.

**Monitoreo:** Para la toma de decisiones, la parte más importante del manejo integrado después de la identificación es el monitoreo, que contempla las siguientes acciones: a) Colocar trampas amarillas pegajosas en las orillas de los cuadros a una densidad de 1 cada 50 ha. Se deben revisar dos veces por semana y cambiarlas cuando se cubran de polvo. b) Hacer muestreo visual, que consiste en examinar 100 plantas cada 50 ha, registrando el porcentaje de minas por planta. c) Colocar en el fondo de algunos surcos, una cubierta de plástico para contabilizar pupas del minador de la hoja.

### Familia noctuidae (orden lepidóptera)

Los Noctuidos es la familia más grande del orden Lepidóptera. Económicamente es importante debido a que sus estados inmaduros son fitófagos (Ruíz *et al.*, 2013). En Norteamérica se reportan 20 subfamilias con 2,533 especies. En el Cuadro 2, se presentan las especies que se registran en Sonora.

**Cuadro 2. Principales especies de la familia Lepidóptera presentes en garbanzo de la Costa de Hermosillo, Sonora.**

Especie	Hospederas	Garbanzo	Reproducción Hembras	Requerimientos térmicos para completar generación
<i>Agrotis ipsilon</i>	Polífaga	Si	1000 a 2500 huevos	575.3 > 10.5 °C.
<i>Heliothis zea</i>	Polífaga	Si	300 á 2000 huevos	485 GD > 12.6 °C
<i>Heliothis virescens</i>	Polífaga	Si	300 a 1500 huevos	413 GD con 13.3 °C
<i>Spodoptera frugiperda</i>	Polífaga	Si	1000 huevos, en masas	559 GD > 10.9 °C
<i>Spodoptera exigua</i>	Polífaga	Si	500 a 600 huevos, en masas	516.7 GD > 12.2 °C
Otras especies	Polífagas	Si	-	-

GD= Grados día o unidades calor

### Identificación de noctuidos

**Gusano soldado (*Spodoptera exigua*):** Es una plaga polífaga que incluye el garbanzo. Las larvas se alimentan de follaje, sin embargo también se han observado alimentándose de cápsulas, ocasionando daño económico. Los adultos son palomillas de color gris a café y de hábitos nocturnos, y llegan a medir de 25 a 30 mm en expansión alar (Hepner, 1998). Las larvas jóvenes tienen hábitos gregarios. Las larvas grandes son de color verde y presentan una banda

delgada de color claro en el dorso, con una banda muy oscura a la altura de los espiráculos y usualmente presentan una mancha negra arriba del segundo par de patas, la cual en algunas ocasiones no se presenta (Pacheco, 1985).

**Gusano tabacalero (*Heliothis virescens*) y gusano de la cápsula (*Helicoverpa zea*):** Estos gusanos son la plaga más importante del garbanzo, ya que atacan principalmente las cápsulas alimentándose de los granos en formación, ocasionando daño económico. Las especies se pueden diferenciar a partir del tercer instar larvario. *H. virescens* presenta un retináculo (especie de diente) oscuro en las mandíbulas, el cual no presenta *H. zea*. Los pináculos cerdíferos I y II del 2º, 3º y 8º segmento abdominal en *H. virescens* presentan espínulas microscópicas (Pacheco, 1985). Los adultos del gusano tabacalero presenta tres bandas longitudinales de color verdusco, en cambio el gusano de la cápsula presenta dos machas oscuras en el margen apical de las alas anteriores.

**Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*):** Los adultos miden de 30 a 35 mm de longitud alar, tórax y abdomen pubescentes y de color pardo y las antenas son filiformes. Alas anteriores de color pardo oscuro, con una franja conspicua en el margen externo; en la región central de cada una de ellas, cerca al margen costal, muestra una área reniforme, y existe otra mancha elipsoidal de color claro con el centro oscuro; en el borde externo existe una mancha blanca conspicua y en cada ala se presentan otros arabescos. Las alas posteriores son blancas, pero muestran en el borde externo un ribete oscuro (Ruiz *et al.*, 2013). La larva muestra una coloración variable, con formas de color verdoso hasta gris oscuro. Presentan un escudo cervical café oscuro; la cabeza es de color café amarillento, más estrecha que el cuerpo y presenta la sutura epicraneana muy destacada y en forma de Y invertida. En su máximo desarrollo alcanza 34 a 44 mm de longitud (Capinera, 1999).

Muestreo de noctuidae: Los objetivos de los programas de muestreo son determinar si una especie plaga está presente, estimar el tamaño poblacional, distribución y su dinámica (Metcalf y Luckman, 1994). Los tipos de muestreo son:

- a) Muestreo visual: Existen variantes en este muestreo, revisión de plantas y registro de estadios. Así también existe el uso de lonas en el fondo del surco, y golpeteo de plantas, y se cuentan el número y especies presentes en el cultivo. Un buen sistema de muestreo examina al azar 100 plantas/50 ha.
- b) Muestreo con atrayentes alimenticios: Los atrayentes alimenticios son sustancias que provocan que los insectos acudan a ellos como si fuesen fuentes para alimentarse o para la puesta de huevos. Estos cebos con trampas, son un método muy eficaz para el seguimiento y control de los adultos de los insectos plaga.
- c) Muestreo con trampas de luz: Trampas de luz para lepidópteros, se aprovechan los hábitos de atracción nocturna, hacia fuentes de luz negra o ultravioleta. Estos tipos de trampa pueden ser utilizados con fines de monitoreo y de control.
- d) Muestreo con feromonas: La utilización de trampas con atrayentes o feromona sexual sirven como un medio para detectar la presencia de insecto en un área, dispersión y distribución así como su densidad poblacional (Cibrián, 1999; Gastélum, 2004; Navarro *et al.*, 2004). Es

conveniente implementar un método de muestreo, el cual se debe realizar 2 veces por semana, ya que los adultos frecuentemente invaden al cultivo y maleza hospedera (Capinera *et al.*, 2001).

### **Aplicación del MIP**

El MIP combina todas las técnicas que regulen las poblaciones de plagas (Alvarado y Trumble, 1994). No descarta el uso de insecticidas, pero enfatiza que se usen cuando cuando se supere el umbral de acción (Fu, 1999). Los elementos básicos en el MIP son: 1) identificación de plagas; 2) estudios de biología 3) control biológico natural; 4) monitoreo; 5) umbrales de acción. Los métodos del MIP son: control cultural, control biológico, control etológico, control químico, control físico y mecánico, control legal y resistencia de cultivos (Andrews y Quezada, 1989; Fu *et al.*, 2020).

1. Identificación de insectos plaga. En la región los insectos plaga más importantes son: grillos *Acheta* spp; gusanos trozadores *Agrotis ipsilon/ Peridroma saucia*; mosca de la germinación *Delia platura*; minador de la hoja *Liriomyza sativae*; gusano soldado *Spodoptera exigua* y gusanos de la cápsula *Heliothis virescens* y *Helicoverpa zea* además de las plagas de almacén *Callosobruchus maculatus*.
2. Monitoreo de campo: El muestreo registra la abundancia de un organismo. En la detección de insectos plaga un buen sistema de muestreo examina al azar 100 plantas/50 ha. Este muestreo se debe auxiliar con trampas con feromonas de *Spodoptera* spp y *Heliothis* spp, utilizando estaciones de monitoreo cada 50 ha.
3. Umbrales de acción: Son los niveles de plaga que justifican una medida de control para evitar un daño económico. Se registran en el Cuadro 3.
4. Tecnología de aplicación: Dentro del control químico, la tecnología de aplicación de plaguicidas involucra todos los factores que influyen en su efectividad biológica. Es la parte más importante para lograr una alta eficiencia de control (Quiñonez, 2014).

**Cuadro 3. Umbrales de acción contra las principales plagas del garbanzo.**

Plaga	Etapa cultivo	Umbral de acción	Umbral acción control biológico
Grillos	Plántula	Presencia	-
Gusano trozador	Plántula	1 larva/m <sup>2</sup>	-
Gallina ciega	Plántula	5 larvas/m <sup>2</sup>	-
Mosca germinación	Plántula	Presencia	-
Minador hoja	Vegetativa/ reproductiva	10-20% plantas infestadas	20% infestación y 20% parasitismo
Gusano cápsula	Reproductiva/ madurez	1 larva grande/10 plantas o metro	-
Gusano soldado	Vegetativa/ reproductiva	1-2 larvas/metro	2 larvas/metro y 30% parasitismo
Roedores	Llenado grano	Presencia	-

**El MIP integra todas las estrategias de control:**

a) Control legal: Uso de semilla certificada y libre de enfermedades. Se recomienda usar las variedades desarrolladas por el INIFAP.

b) Control cultural: Barbecho profundo, uso de fechas óptimas de siembra (25 noviembre-31 diciembre), variedades tolerantes a enfermedades del suelo, rotación de cultivos con gramíneas, fertilización balanceada y riego adecuados, uso de abonos verdes y compostas. Por otro lado las siembras intercaladas de cultivos trampa como canola, trébol, cilantro, cebada, favorecen la proliferación de los enemigos naturales.

c) Control biológico: La liberación de insectos benéficos como Chrysoperla y Trichogramma impactan las plagas dañinas mediante depredación y parasitismo respectivamente.

d) Control químico: Los insecticidas para uso en garbanzo son: Bacillus thuringiensis, deltametrina, ciantraniliprole, benzoato de emamectina y spinetoram. El tratamiento de semillas con mezclas de insecticidas-fungicidas (tiametoxam más fludioxonil + metalaxyl) es muy importante. El combate de plagas involucra un manejo racional de insecticidas, para lo cual se deben realizar estudios de eficacia biológica y rotar insecticidas de diferente modo de acción, (consultar la página <http://www.irac-online.org/>). Un manejo racional de insecticidas contra gusanos, integra los insecticidas autorizados por su modo de acción (grupos). Por ejemplo: Azadirachtina (modo acción desconocido), deltametrina y zetacypermetrina (grupo 3A), clorpirifos (grupo 1B), clorrantraniliprole y flubenamide (grupo 28), metoxifenocida (18), novaluron (15), spinetoram y spinosad (5) e indoxacarb (22A). En forma práctica cada grupo tiene diferente modo de acción en el insecto.

El MIP involucra rotar insecticidas de diferente modo de acción, por ejemplo: azadiractina (modo acción desconocido), deltametrina (grupo 3A), clorrantraniliprole (grupo 28), metoxifenocida (18), novaluron (15), spinetoram y spinosad (5). En forma práctica cada grupo tiene diferente modo de acción en el insecto (Cuadro 4). Actualmente existen plaguicidas biorracionales para control de

plagas. En México hay un reducido grupo de insecticidas para uso en garbanzo, y la mayoría para control de gusanos donde están *Bacillus thuringiensis* sbp. Kurstaski, deltametrina, spinetoram y clorpirifos (DEAQ, 2019). Para toma de decisiones de insecticidas autorizados, a nivel mundial en el cultivo de garbanzo se consulta el sitio Global MRL Database ([www.globalmrl.com/splash](http://www.globalmrl.com/splash)).

**Cuadro 4. Insecticidas recomendados para control de plagas en garbanzo.**

Insecticida	Ingrediente activo	Dosis/ha	IS <sup>1</sup> (Días)	Modo acción
Lorsban	Clorpirifos	1.0 L	21	Grupo 1B
Cipermetrina	Cipermetrina			
Mustang Max	Zeta-cipermetrina	0.5 L		Grupo 3
Decis	Deltametrina			
Spintor	Spinosad	0.3 L	21	Grupo 5
Exalt	Spinetoram	0.2 L		
Proclaim	Benzoato de emamectina	0.2 kg		Grupo 6
Avaunt	Indoxacarb	0.4 L		Grupo 22
Coragen	Clorantraniliprole	0.3 L	1-14	Grupo 28
Belt	Flubendiamide	0.1 L		
Sunfire	Clorfenapir	0.5 L		Grupo 13
Xentari	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Etiqueta	0	Grupo 11
Massada	Novaluron	0.2 L		Grupo 15
Intrepid	Metoxyfenozide	0.25 L		Grupo 18
Neem	Azadiractina	1-2 L	0	Desconocido

<sup>1</sup> IS= intervalo de seguridad (Días entre aplicación y cosecha)

Los insecticidas Neem (azadiractina), Proclaim (benzoato de emamectina), Coragen (clorantraniliprole) y Agrimec (abamectina) son para control de minador de la hoja y el resto para complejo de gusanos.

Insecticidas biorracionales: A este grupo pertenecen sustancias obtenidas de microorganismos, plantas o minerales. La mayoría tiene bajo impacto ambiental, y muchos tienen registro para agricultura orgánica. Entre los más recomendados están: Aceites (aceites minerales o vegetales algodón, soya, canola, etc.); extractos vegetales (azadiractina, aceites esenciales a base de canela, mostaza, romero, ruda, salvia, chile, ajo), D-limoneno, piretrinas; jabones, ácidos grasos; microbiales (hongos entomopatógenos), minerales (caolinas, diatomeas, cal grado alimenticio), reguladores de crecimiento, feromonas, etc.

e) Control etológico: La tecnología consiste en fabricar trampas con atrayentes alimenticios en garrafas de plástico para atraer y capturar palomillas del complejo de lepidópteros que atacan garbanzo, esto como apoyo para la toma de decisiones para su control. Las trampas contienen



atrayerentes alimenticios que consisten en levadura más azúcar y/o el producto comercial Noctovi®, los cuales son atractivos a palomillas de gusano soldado (*Spodoptera* spp), gusano bellotero (*Heliothis* spp) y otras especies. Esta es una herramienta potencial para usarse como un programa integral de muestreo para un control eficiente de las plagas.

f) Control físico: Uso de la solarización. Esta técnica consiste en cubrir el área de siembra con un plástico transparente durante la época de calor, para lograr temperaturas en el suelo >45°C con lo cual se eliminan plagas, maleza y enfermedades.

### Validación MIP

Validando el manejo integrado de plagas (MIP) contra el manejo convencional de plagas (MCP), se encontró que el MIP registró un mayor rendimiento y calidad de grano de exportación, mayor al 20% que el MCP. Así también, los daños por plagas se redujeron en 20% con reducción de 30% de insecticidas. Los datos de productividad y daños por plagas, se presentan en el Cuadro 2, donde se aprecia que en las variables de rendimiento, porcentaje de grano dañado y porcentaje de hojas con minas existen diferencias altamente significativas entre tratamientos. El programa MIP registró 2.5 t ha<sup>-1</sup> de grano de exportación, a diferencia del programa de manejo convencional del productor que registró 2 toneladas de grano de exportación por hectárea (existió una reducción del 20%). La diferencia de 500 kg, se debe principalmente a granos mordidos por gusanos, granos vanos, daños por heladas y defoliación de plantas por el minador de la hoja. Ambos tratamientos son estadísticamente diferentes en porcentaje de daños por gusano en granos, con 0.05 en el MIP y de 0.25 en el MCP, es decir se observó una reducción en los daños de 80%. También los daños por minador se redujeron en un 50% (Cuadro 5).

**Cuadro 5. Producción de grano y daño de plagas en parcelas bajo MIP en garbanzo. 2018.**

Tratamiento	Productividad		Daños plagas	
	Rendimiento (t ha <sup>-1</sup> )	Calibre de exportación (%)	Grano Dañado (%)	Hojas con minas (%)
MIP	2.5 a	90 a	0.05 a	20 a
MCP	2.0 b	85 a	0.25 b	40 b
% de reducción	20	6	80	50

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

En relación al control químico, en el MIP dicho control se aplicó al alcanzar los umbrales de acción que son: *Liriomyza* 10-20% de follaje con minas, *Heliothis* 1 larva/10 plantas y *Spodoptera* 1-2 larvas/metro. A diferencia del MCP el cual utilizó los insecticidas en base a presencia de la plagas y programada cada 15 días. En ambos programas se efectuaron cinco aplicaciones de insecticidas, siendo primera la de tratamiento a la semilla en presiembra; sin embargo en el MIP únicamente se efectuaron mezclas en dos ocasiones, a diferencia del MCP donde se utilizaron mezclas en tres ocasiones. También en el MIP se rotaron insecticidas de diferente modo de acción y se utilizaron insecticidas biorracionales. En el MCP no existió manejo racional y se utilizó demasiado a los grupos 6 y 3A. Así también en este programa se aplicó clorpirifos, insecticida con restricción de uso. En relación a la evaluación de parasitismo por *Trichogramma* sp., no se registró efecto de este parasitoide en ninguna fecha evaluada.

## Conclusiones

- El manejo integrado de plagas es una tecnología altamente efectiva en el control de los problemas fitosanitarios, en la sostenibilidad ambiental y en la productividad. La aplicación correcta depende de la integración de productores, investigadores y asesores técnicos.
- La producción de alimentos deberá aumentar de acuerdo con el crecimiento de la población mundial y sus demandas nutricionales. La producción agrícola, por lo tanto, deberá seguir desarrollándose ecológica y económicamente de acuerdo con sus necesidades.
- Los métodos tradicionales conocidos deben combinarse con técnicas modernas para suministrar soluciones apropiadas. Esto requiere de una extensa inversión en investigaciones agrícolas, entrenamiento y educación, así como también el uso de métodos ambientalistas de cultivo.

## Bibliografía

- Alvarado, B. Y J. Trumble. 1994. El Manejo Integrado de plagas en el cultivo de tomate en Sinaloa. Campbells de México-SINALOPASTA.
- Andrews, K.L. Y J.R. Quezada. 1989. Manejo Integrado de plagas insectiles en la agricultura: Estado actual y futuro. Escuela Agrícola Panamericana. El Zamorano, Honduras. Centroamérica. 623 pp.
- Bouhssinia M.El.; K.Mardinib R.; S.Malhotraa A. y J.N.Kagkac. 2008. Effects of planting date, varieties and insecticides on chickpea leaf miner (*Liriomyza cicerina*) infestation and the parasitoid *Opius monilicornis*. *Crop Prot.* Vol.27 (6): 915-919.
- Capinera, J.L. 1999. Cabbage looper. Publication number EENY- 116. University of Florida. <http://entnemdept.ufl.edu>.
- Capinera, J.L. 2001. Handbook of Vegetable Pests. Academic Press, San Diego. 729 pp.
- Cardona, C. 1983. Insect pests of faba beans, lentils and chickpeas in North Africa and West Asia. A review of their economic importance. In. Proceeding International Workshop on Faba beans, chickpea and Lentils in 1980's. ICARDA. Syria. p. 123-137.
- Chandrashekar, K.; M.Gupta O. y S. Yelshetty. 2014. Integrated pest management for Chickpea. Centre Int. pest management. IARI New Delhi, India. Pp:43.
- Cibrián T., J. 1999. Feromonas y su importancia en el manejo de plagas. In: Hortalizas, plagas y enfermedades. Anaya R., S. y J. Romero N. (eds.). Trillas. México, D. F. pp. 435-460.
- Croplife Latinoamerica, 2010. Manual y uso responsable de productos para protección de cultivos. Manual para instructores. CropLife Latin America. 432 pp.
- Ediciones PLM. 2019. Diccionario de especialidades agroquímicas. Edicion 26. EDAMSA Imp. Mexico. 1247 p.
- EPPO (Organización Europea y Mediterránea de Protección de las Plantas, OEPP). 2005. *Liriomyza* spp. PM 7/53(1). EPPO Bulletin, 35: 335-344.
- Fu, C.A.A. y L.J. Ramírez A. 1999. Manejo Integrado de insectos plaga de cucurbitáceas en la Costa de Hermosillo, Sonora. INIFAP-CIRNO-CECH-SAGAR. Folleto Téc. No. 17.
- Fú C.A.A., P. Ortega M.; G. A. Fierrros L. y J. Grageda G. 2015. Manejo integrado de plagas del Garbanzo. III Simposio Nacional de Garbanzo. Mem. Científica No. 7. CECH-INIFAP. P: 64-70.
- Fu-C., A. A.; Corella- M., M. G y Fontes-P., A. A. 2016. Evaluación de trampas con atrayentes alimenticios para gusano soldado en garbanzo. In. Memoria del IV Simposio Nacional de Garbanzo. Memoria Científica Núm. 9. INIFAP-CIRNO-CECH. Hermosillo, Sonora. pp: 93-96.
- Fu-C. A.A.; A. I. Pérez- L. y M. A. G. Corella-M. 2017. Evaluación de trampas con atrayentes alimenticios para gusano soldado en garbanzo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*

- Vol. 8 Núm.7. pp: 1677-1683.
- Fú C.A.A., P. Ortega M.; G. A. Fierros L. y J. Grageda G. 2016. Manejo integrado de lepidópteros en Garbanzo. IV Simposio Nacional de Garbanzo. Mem. Científica No. 9. CECH-INIFAP.P:55-61.
- Fu C.A.A.; P.F. Ortega M.; G. A. Fierros L.; J. Grageda G. 2017. Manejo integrado del minador de la hoja (*Liriomyza sativa*) en Garbanzo. V Simposio Nacional Garbanzo. Mem. Científica No. 11. CECH-INIFAP. P: 38-45.
- Fu C. A.A.; P.F. Ortega M.; G. A. Fierros L.; J. Grageda G.2020. Manejo Integrado de Plagas en Garbanzo en la Costa de Hermosillo. Desplegable para Productores Núm. 34. CECH-INIFAP.
- Gastélum L., R. 2004. Uso de feromonas para el manejo de plagas en hortalizas. Memoria del Curso Manejo de Plagas en Cultivos de Tomate, Chile y Pepino. Fundación Produce Sinaloa, A. C. Culiacán, Sin. pp. 103-111.
- Gómez, G. R.M., M.C. Avilés G., J.J. Pérez. V y J.R. Manjarrez, S. 2002. El cultivo de garbanzo blanco en el centro de Sinaloa. INIFAP-CIRNO-CEVACU-SAGARPA. Folleto para productores No. 48. 40 p.
- Hepner, J.B. 1998. Spodoptera armyworms in Florida (Lepidoptera: Noctuidae). Florida Dept. Agric. And Cons. Serv. Div. Plant Ind. Entomol. Circ. 390. 5p.
- ICARDA. 1985. Annual Report Chickpea 1984. Aleppo, Syria. 344 pp.
- King, A.B.S. y J.L. Saunders. 1984. Las plagas de invertebrados de cultivos anuales alimenticios en America Central. Tropical Development and Research Institute, CATIE. 182 p.
- Leibee, G.L. 1984. Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromizidae) on celery. Environ. Entomol. (13):497-501.
- Navarro S., L., M. C. Avilés G. y J. A. Regalado L. 2004. Las feromonas como herramienta para el control del gusano soldado en tomate y chile. Mem. Curso Estrategias para el Control de Plagas de Chile y Tomate. Expo Agro 2004. Fundación Produce Sinaloa, A. C. pp. 41-49.
- Pacheco, M.F. 1985. Plagas de los cultivos agrícolas en Sonora y Baja California. Libro Técnico No. 1.CIANO-INIA.
- Quiñonez, L.S. 2015. Tecnología de aplicación de plaguicidas. In: Manejo integrado de plagas en nogal pecanero. CIRNO-INIFAP. P297-305.
- Ranga. R. G.V. Rameshwar R. V. y M.A. Ghaffar. 2013. Handbook on Chickpea and Pigeonpea Insect Pests Identification and Management. Information Bulletin No. 57,
- Reed, W., C. Cardona, S. Sithanatham & S. S. Lateef. 1987. Chickpea Insect Pest and Their Control. pp. 283-318. In: The Chickpea (Eds: M. C. Saxena & K.B. Singh). CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 409 pp.
- Reed, W; C. Cardona; S. Sithanathaam y S.S. Lateef. 1985. Chickpea insect pests and their control. In: Reed, W; C. Cardona; S. Sithanatham; S.S. Lateef. 11985. Chickpea insect pests and their control. Pp. 283- 315.
- Ruíz C., J.A., E. Bravo M., G. Ramirez O., A.D. Baez G., M. Álvarez C., J.L. Ramos G., U. Nava C. y K.F. Byerly M. 2013. Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. 447 p.
- Salas, J., C. Álvarez, A. Parra y O. Mendoza. 1988. Biología y hábitos de vida de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard, El pasador de la hoja de la papa (*Solanum tuberosum*) Agronomía Tropical. 38(4-6):57-68.
- Spencer, K.A. 1989. Leaf miners. En R. P. Kahn, ed. Plant protection and quarantine, Vol. 2, Selected pests and pathogens of quarantine significance, págs. 77–98. Boca Ratón, Florida (Estados Unidos), CRC Press.

## CONSIDERACIONES RELEVANTES EN LA EVALUACIÓN DEL RIEGO Y LA FERTILIZACIÓN DEL GARBANZO EN BAJA CALIFORNIA SUR

Jesús NAVEJAS JIMÉNEZ<sup>1</sup>, Erasmo GUTIÉRRES PÉREZ<sup>1</sup>,  
Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ<sup>1</sup>, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA<sup>2</sup>,  
Sergio ZAMORA SALGADO<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Campo Experimental Todos Santos. INIFAP. La Paz, B.C.S., <sup>2</sup>Campo Experimental Costa de Hermosillo. INIFAP. Hermosillo, Son., <sup>3</sup>Universidad Autónoma de Baja California Sur, UABCS. La Paz, B.C.S.  
navejas.jesus@inifap.gob.mx

### Resumen

Se muestran resultados relevantes del estudio que se realizó con el objetivo de evaluar el riego y la fertilización en nuevas variedades de garbanzo en B.C.S. Se destaca la demanda de agua, el sistema de riego, las características de clima, suelo y cultivo, la fertilización balanceada, la función objetivo, la fertirrigación y los resultados de experiencias en la producción de garbanzo. Se han evaluado dos condiciones de riego (normal y sobrerriego), tres variedades (Mazocahui, Blancoson y Combo 743) y tres tratamientos de fertilización (90 y 60 kg N ha<sup>-1</sup> más 20 kg P ha<sup>-1</sup>, y un tratamiento con la aplicación de 10 litros ha<sup>-1</sup> de ácido orgánico AO). La variedad Blancoson con 3.50 t ha<sup>-1</sup> fue mejor en rendimiento, que Combo 743 y Mazocahui. Las dosis de fertilización han resultado estadísticamente iguales en rendimiento  $\neq$  3.30 t ha<sup>-1</sup>. Sin embargo, en las interacciones de sobrerriego-Combo 743- AO y sobrerriego-Blancoson-60 kg N ha<sup>-1</sup>, se obtuvo 4.00 y 4.10 t ha<sup>-1</sup> e índices de bc de 3.52 y 3.14, 15.42 y 14.27 \$ m<sup>3</sup> de agua. Con rendimiento de 3.79 t ha<sup>-1</sup>, el tratamiento sobrerriego con lámina de 39 cm en el ciclo de cultivo, resultó 33.8 % superior en rendimiento al riego normal.

**Palabras clave:** rendimiento, riego, fertilizante.

### Introducción

La agricultura empresarial, dejó de ser una actividad de uso racional y renovable de los recursos naturales; la capacidad regenerativa de recursos naturales es nula o cercana a cero. El aumento de la dependencia de los agroquímicos (insecticidas, herbicidas, fungicidas, fertilizantes, etc.), ha ocasionado el desarrollo de resistencia a los plaguicidas de ciertas malezas, insectos y enfermedades, así como; la pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos. (Etchevers *et al.*, 2015). La tecnificación de la agricultura y el uso eficiente de las tierras es fundamental para alcanzar la seguridad alimentaria, reducir la pobreza y alcanzar un desarrollo integral sostenible (Aguado, 2019).

La producción de garbanzo en Baja California Sur (BCS) y Noroeste de México se destaca por la superficie establecida, la aportación económica, su relación con el índice de producto interno bruto, como cultivo de exportación generador de divisas, y como especie de bajo requerimiento hídrico; además, para su manejo estratégico en la conservación de los recursos suelo y agua, y su aprovechamiento en la agricultura regional. En México, el 96% de la producción se concentra en los estados de Sinaloa, Sonora y B.C.S. (SIAP, 2015), y comprende una superficie promedio de siembra de 150 mil ha anuales. En BCS el rendimiento promedio es de 1.81 t ha<sup>-1</sup>, sin embargo, se reportaron rendimientos superiores a 3.0 t ha<sup>-1</sup> al evaluar las variedades Combo 743, Blancoson y Mazocahui, utilizando cinta de riego de goteo, con un método de siembra de camas de 1.60 m con dos hileras separadas a 40 cm entre ellas (Navejas *et al.*, 2019). Dentro de los factores agronómicos de manejo del cultivo que afectan el rendimiento de grano, se tienen el adecuado manejo del agua de riego, balance nutrimental, uso de reguladores y micronutrientes

aplicados mediante aspersiones foliares (Ortega *et al.*, 2014). La generación de variedades con resistencia genética y el uso de prácticas culturales, son los métodos de control más eficaces y económicos con que se cuenta. Por otro lado, el uso consuntivo del garbanzo es bajo comparado con otros cultivos, el cual es de aproximadamente 40 cm bajo condiciones agroecológicas del Noroeste de México.

Esta característica, su adaptabilidad y alto rendimiento lo convierte en una opción rentable para el ciclo de invierno (Ortega *et al.*, 2018). Además, la calidad de grano que se produce tiene mucha aceptación a nivel mundial, por lo que se le denomina “garbanzo mexicano” y sus principales atributos son el tamaño grande (más de 60 g por 100 semillas), rugosos y de color crema o blancos cremosos. Este grano es preferido en el mercado internacional, principalmente en los países de Oriente Medio. Por lo anterior, se exponen consideraciones relevantes del trabajo que se realizó con el objetivo de evaluar el riego y la fertilización en nuevas variedades de garbanzo, en BCS. Se destaca la demanda de agua, el sistema de riego, las características de clima, suelo y cultivo, la fertilización balanceada, la función objetivo, la fertirrigación y los resultados de experiencias en la producción de garbanzo.

### **Materiales y métodos**

Las actividades de investigación se realizaron en las instalaciones del Sitio Experimental Valle de Santo Domingo perteneciente al INIFAP, que se localiza en las coordenadas geográficas LN 24.500 y LW 111.6833, a 47 msnm. Las consideraciones relevantes del trabajo que se realizó con el objetivo de evaluar el riego y la fertilización en nuevas variedades de garbanzo en BCS fueron: la demanda de agua, el sistema de riego, las características de clima, suelo y cultivo, la fertilización balanceada, la función objetivo, la fertirrigación y los resultados de experiencias en la producción de garbanzo.

Por segundo año en el ciclo 2019-20, los tratamientos evaluados fueron el riego (normal y sobrerriego), variedades (Mazocahui, Blancoson y Combo743) y fertilización (90 y 60 kg N ha<sup>-1</sup>); se contó con un tratamiento alternativo de manejo orgánico con el uso de 10 litros ha<sup>-1</sup> de ácido orgánico (AO). Con base a determinaciones de las características físicas del suelo y datos de clima, se realizó un pronóstico para estimar la demanda de agua para la época, sistema de riego y cultivo. La parcela se estableció el 12 de diciembre de 2019 y la siembra se realizó en forma mecanizada con sistema en camas de 1.6 m de ancho con dos hileras separadas a 40 cm. La siembra fue con 12 a 14 semillas por metro, a una profundidad de 5 cm. Se aplicaron riegos atendiendo el pronóstico con base a la demanda de agua, mediante riego por goteo con cintilla calibre 6 mil, apoyados en los datos climáticos históricos. Se realizó un riego de nacencia, además 14 y 15 días después el riego de auxilio en los tratamientos de riego normal y sobrerriego. Se fertilizó mediante inyección con fuentes de nitrógeno y fósforo atendiendo la solubilidad específica del producto.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas subdivididas (dos niveles de riego x tres variedades x tres niveles de fertilización), con seis repeticiones por tratamiento; la unidad experimental fue de dos camas de 5 m, según cada tratamiento dispuesto en los genotipos, el riego y la fertilización: la parcela útil fue una cama con 2 m de longitud. Las variables de respuesta medidas fueron: rendimiento de grano, porcentaje de exportación y calibre (grano cribado). El

calibre de grano es el tamaño que se tiene a la cosecha, se pasó por una criba de 9 mm; para su determinación se pesaron 30 gramos del grano cribado y se contó el número de granos que hay en ese peso. Los datos fueron analizados por ANOVA y la comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), con el paquete estadístico STATGRAPHICS 18 (Statgraphics, 2017).

### **Resultados y discusión**

Demanda de agua. El pronóstico de los riegos mediante el sistema irrinet, herramienta electrónica dispuesta por INIFAP, estimo una lámina de 41.9 cm; sin embargo, debido a las condiciones climáticas prevalecientes solo se aplicaron 39.0 cm. Aunque tradicionalmente al garbanzo se le ha considerado una especie con bajas necesidades de hídricas, los valores varían de zonas secas a húmedas entre 311 y 422 mm para siembras de invierno (Gutierrez *et al.*, 2010).

Sistema de riego. El sistema de riego de goteo utilizado resultó estratégico y facilitó las actividades consideradas en la producción de garbanzo. En las zonas áridas y semi-áridas del mundo, la producción agrícola depende de un riego eficiente, siendo el objetivo garantizar las mejores condiciones de utilización del agua y el óptimo aprovechamiento por parte de la planta. Cuando los sistemas de riego se utilizan para aplicar fertilizantes y pesticidas, la uniformidad de la aplicación se vuelve aún más crítica (Zamora *et al.*, 2019). El riego por goteo es un método de aplicación de pequeñas cantidades de agua dirigidas a la raíz, para lo cual se necesita una instalación cuyos componentes principales incluyen: emisores, filtros, reguladores de presión, válvulas y tuberías, bombas y sistemas de control. Las principales ventajas son: una lámina de agua menor; una menor presión, que implica ahorro de energía en el bombeo; una mejor administración del agua de riego, ya que las plantas pueden ser abastecidas con cantidades precisas; los trabajos de campo pueden continuar durante el riego, porque quedan áreas secas en la zona superior del suelo, el mejor control de las malas hierbas; se pueden inyectar soluciones fertilizantes a través del sistema de goteo; se puede utilizar en diferentes tipos de suelo y con pendientes diferentes; se reduce la erosión del suelo y la pérdida de nutrientes. También existen inconvenientes como fugas en las líneas de goteo que restringen la distribución del agua y la salinidad del agua de riego, que puede requerir filtros específicos para que no se obstruyan los goteros. Es necesario evaluar sus componentes hidráulicos para verificar su correcta operación. El complemento es conocer la distribución del agua aplicada en el perfil del suelo y determinar su efecto en el rendimiento de los cultivos (Reyes *et al.*, 2019).

Características de clima, suelo y cultivo. El sistema irrinet consideró datos climáticos diarios promedio de 20 años de temperatura, humedad, radiación solar, velocidad del viento y precipitación. Los datos del suelo considerados fueron: textura franco arenoso, fracción del terreno humedecida el 60%, humedad inicial 10%, y el abatimiento de la humedad aprovechable en todas las etapas fenológicas de 60%, densidad aparente de 1.53, profundidad radicular 0.6 m. Un ciclo de cultivo de 130 días con cuatro etapas; inicial, desarrollo, intermedia y final, temperatura base 5 °C y temperatura superior 30 °C, los cuales pronosticaron 1794 unidades calor.

Fertilización balanceada. Aunque se prueban niveles de fertilización, el criterio de fertilización balanceada resulta básico para realizar una recomendación y esquemas de nutrición vegetal que lleven hacia una agricultura sostenible. La fertilidad media local se caracteriza por un nivel bajo

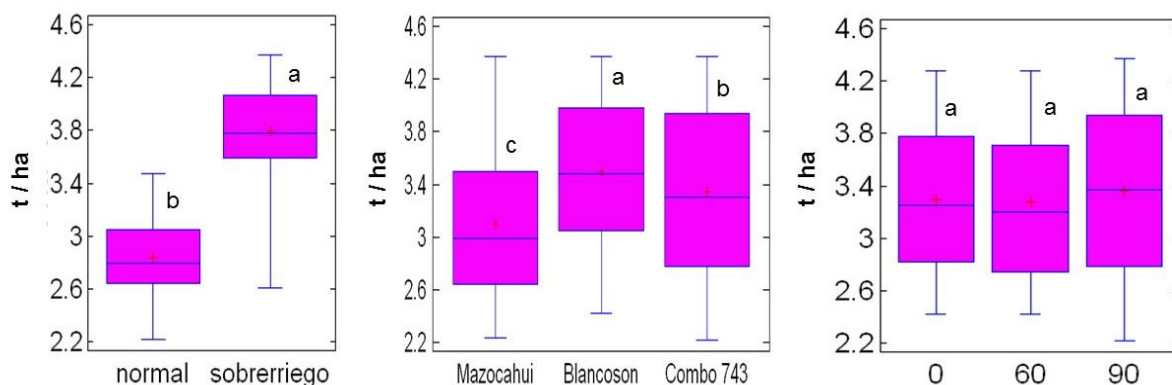
de nitrógeno  $\leq 40$  ppm, MO  $\leq 0.1\%$ , P  $\leq 30$ ppm y K  $\geq 200$  ppm. En el aprovechamiento de nutrimentos se considera que el garbanzo requiere 46, 8 y 33 kg de NPK para producir una tonelada de grano (Navejas y Gutierrez, 2013).

**Función objetivo.** La dosis óptima fisiológica es la respuesta del cultivo a la adición de uno o varios nutrimentos; con ella se obtiene el máximo rendimiento. La dosis óptima económica es aquella en la que se eleva el rendimiento en un valor igual o mayor al costo del fertilizante. La primera siempre es mayor.

**Fertirrigación.** Bajo riego por goteo ha resultado conveniente aplicar de 60 a 90 kg N ha<sup>-1</sup> y de 20 a 40 kg P ha<sup>-1</sup>, y usar preferentemente fertilizantes de alta solubilidad como urea y ácido fosfórico. Existen formulaciones comerciales altamente solubles que igualmente pueden ser utilizadas a conveniencia económica. Según el tipo de fertilizante, sistema de riego y la solubilidad, la eficiencia de uso varía entre 50 a 60% en riego superficial y 90% en riego presurizado.

**Resultados de experiencias en la producción de garbanzo.**

Los rendimientos de garbanzo en la evaluación de las variedades, riego y fertilización fueron superiores a 3.00 t ha<sup>-1</sup>. Existió diferencia estadística significativa entre tratamientos de riego ( $p \leq 0.05$ ). El tratamiento de riego normal obtuvo 2.83 t ha<sup>-1</sup> en comparación con el tratamiento de sobrerriego que obtuvo 3.79 t ha<sup>-1</sup>, que representó una variación de 33.8 % entre ambos tratamientos de riego. Las variedades de garbanzo se comportaron de manera diferente acorde al ANOVA ( $p \leq 0.05$ ). La variedad Blancoson con 3.50 t ha<sup>-1</sup> fue la mejor en rendimiento, respecto a las variedades Combo 743 y Mazocahui con 3.35 y 3.10 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Las dosis de fertilización resultaron estadísticamente iguales en rendimiento  $\neq 3.30$  t ha<sup>-1</sup> (Figura 1).



**Figura 1. Respuesta en rendimiento (t ha<sup>-1</sup>) de dos condiciones de riego, tres variedades y tres tratamientos de fertilización en garbanzo en el estado de BCS., ciclo 2019-20. Tukey ( $p \leq 0.05$ ) LS: riego 0.096, variedades 0.141 y fertilización NS.**

Los resultados muestran potencial de rendimiento para los tratamientos probados acorde con actividades similares (Gutierrez *et al.*, 2012). En BCS reportaron rendimientos superiores a 3.00 t ha<sup>-1</sup> al evaluar seis líneas avanzadas y las variedades Blanco Sinaloa 92 y Costa 2004. La

comparación de las características de calidad de las variedades evaluadas, presentó diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), y se lograron conocer los resultados con los mejores tratamientos de interacciones de riego y fertilización. En rendimiento, las variedades Blancoson, Combo 743 y Mazocahui alcanzaron 4.10, 4.00 y 3.84 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. En porcentaje de exportación lograron 96.1, 92.3 y 91.7 %, las variedades Combo 743, Mazocahui y Blancoson, respectivamente. El uso de variedades adaptadas a la región es importante, ya que permite el incremento del rendimiento, debido a un mayor potencial y excelente calidad de grano de los nuevos materiales (Gutierrez *et al.*, 2010). En calibre se alcanzaron tallas de 42.0 43.3 y 45.5 granos en 30 gramos en las variedades Combo 743, Blancoson y Mazocahui respectivamente. Los índices relacionados al riego en estas variedades fueron de una lámina de 3,900 m<sup>3</sup> en los tres materiales, con índices de eficiencia de transformación de agua de 1.06, 1.04 y 0.99 kg m<sup>-3</sup>; para las variedades Blancoson, Combo 743 y Mazocahui, respectivamente (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Rendimiento, calibre e índices productivos de tres variedades de garbanzo con las mejores interacciones de riego y fertilización en el estado de B.C.S. 2019-20.**

Variedades	R (t ha <sup>-1</sup> )	Pe (%)	Ca (Ng)	La (cm)	Ea (kg m <sup>-3</sup> )
Mazocahi	3.84 ab	92.3 b	45.5 c	39.0	0.99
Blancoson	4.10 a	91.7 c	43.3 b	39.0	1.06
Combo 743	4.00 a	96.1 a	42.0 a	39.0	1.04

R= Rendimiento (t ha<sup>-1</sup>). Pe= Porcentaje de exportación. Ca= Número de granos en 30 gramos (Ng). La= Lámina de agua (cm). Ea= eficiencia de transformación del agua (kg/m<sup>3</sup>). Letras iguales tienen igualdad estadística  $p \leq 0.5$ .

### Conclusiones

- La variedad Blancoson presentó el mejor rendimiento de campo y la mayor eficiencia en el uso de agua. Sin embargo, Combo 743 obtuvo mayor porcentaje de exportación y calibre de grano. La variedad Mazocahui, también logró un buen comportamiento. Los tres materiales representan una alternativa para atender la demanda de nuevas variedades de garbanzo para la región y el mercado de exportación.
- La dosis de 60 kg N ha<sup>-1</sup> y el tratamiento de sobrerriego con lámina aproximada de 39 cm en el ciclo de cultivo, resultaron favorables al manejo agronómico.
- Es necesaria la aplicación de las herramientas tecnológicas para la fertilización y el riego eficiente acorde a las características edafoclimáticas, para el fortalecimiento de la cadena del sistema producto garbanzo.

### Literatura citada

- Aguado S. G. A. 2019. Productos biológicos sistémicos; la nueva frontera biotecnológica para aumentar el rendimiento y la sanidad de los cultivos agrícolas. Memoria de la XXXI Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED. Gómez Palacio, Dgo. México. pp. 07-11.
- Etchevers, J. D., Saynes, V., Steelers M., y Rossevelt, F. 2015. Manejo sustentable del suelo para la producción agrícola. Ciencia, tecnología e innovación. CEPAL. pp. 63-79



- Gutierrez P. E., Navejas J. J., Velazco G. O.H. 2010. Costa 2004, variedad de garbanzo recomendada para Baja California Sur. Folleto Técnico No 3. SAGARPA- INIFAP. Cd. Constitución, B.C.S. 32 p.
- Gutierrez P. E., Navejas, J. J., Ortega M. P.F., Fierros L. G.A., Troyo D. E. 2012. Evaluación de genotipos de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) en condiciones de riego por goteo en Baja California Sur. Trabajo presentado en el XV Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. México. pp. 117-121
- Ortega M. P. F., Fierros L. G. A., Padilla V. I., Acosta G. J. A., Valenzuela H. V., Velarde F. S., Gutiérrez P. E., Rodríguez C. F. 2014. Productividad de cuatro variedades de garbanzo en cuatro métodos de siembra en riego por goteo. Trabajo presentado en el XVII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. pp. 531-536
- Ortega M. P.F., Fierros L. G. A., Acosta G. J. A., Valenzuela H. V., Padilla V. I., Rodríguez C. F., Gutiérrez P.E., Guerrero A. B. Z., Velarde F. S. 2016. Nuevos genotipos de garbanzo para ser liberados como variedades en el Noroeste de México. *Memoria del IV Simposio Nacional de Garbanzo. Memoria Científica No. 9.* Campo Experimental Costa de Hermosillo. CIRNO-INIFAP. Hermosillo, Sonora p. 17-24.
- Navejas J. J., Gutierrez P. E. 2013. La fertilización en garbanzo. Desplegable para productores núm. 24. CIRNO-INIFAP-CETODS. La Paz BCS. México.
- Navejas J. J., Melgoza V. C. M., Gutierrez P. E., Loya R. J. G., Mercado M. G. 2019. Evaluación de la lámina de riego, dosis de fertilización y variedades de garbanzo en Baja California Sur. Trabajo presentado en el XXII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. pp. 283-287
- SIAP. 2015. Avance de Siembras y Cosechas. Resumen por cultivo. En: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/ResumenDelegacion.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenDelegacion.do). Fecha de consulta el 15 de julio de 2019.
- Reyes M. D G., Rodríguez J. C., Quiroz L. E. P., Lizárraga C. C., Ortega F. S., Watts Ch., Rodríguez C. J. C., Ochoa M. A., López A. J. E., Cruz B. F., Grageda G. J. 2019. Uso de agua por nogal pecanero (*carya illinoensis*) en el Noroeste de México. Trabajo presentado en el XXII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. pp. 301-306
- Statgraphics. 2017. Statgraphics 18. Statgraphics Technologies, INC. Las Llanuras, Virginia. [www.Statgraphics.com](http://www.Statgraphics.com).
- Zamora S. S., Beltrán M. F. A., Loya R. J. G., Ruiz E. F. H. 2019. Evaluación del coeficiente de uniformidad de un sistema de pivote central. Trabajo presentado en el XXII Congreso Internacional en Ciencias Agrícolas. Mexicali, B.C. pp. 43-48

### Agradecimientos

Al Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del estado de Baja California Sur por su apoyo al presenta a través del proyecto “**GENERACIÓN DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE GARBANZO BLANCO Y FORRAJERO PARA MEJORAR SU RENDIMIENTO Y CALIDAD, ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR**” con clave: BCS-2018-02-0188466.

## MILDIU Y ALTERNARIA DEL GARBANZO: IMPACTO ECONÓMICO Y MANEJO FITOSANITARIO

Isidoro PADILLA VALENZUELA<sup>1</sup>, José Alfonso RAMÍREZ ARREDONDO<sup>1</sup>,  
Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA<sup>2</sup>, Gustavo A. FIERROS LEYVA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Campo Experimental Norman E. Borlaug. Km. 12 Norman E. Borlaug, A.P. 115, Cd. Obregón, Sonora.

<sup>2</sup> Campo Experimental Costa de Hermosillo, Sonora.

padilla.isidoro@inifap.gob.mx

### Resumen

En México la producción de garbanzo para exportación está concentrada en las áreas de riego del Noroeste. El mildiu se ha detectado en forma esporádica a partir de su primer reporte de brote epidémico ocurrido en Sinaloa y Baja California Sur en el ciclo 1996-97. Mildiu y Tizón foliar, son favorecidas por largos periodos con alta humedad ambiental y presencia de lluvias y en complejo de estas enfermedades del follaje, pueden reducir de 35 a 67% el rendimiento. El tizón ocasionado por tizón foliar se reportó por primera vez en el noroeste de Mexico durante el ciclo otoño-invierno 2017-18. En esta región de México se siembran alrededor de 36000 hectáreas anuales en los municipios del norte de Sinaloa, sur de Sonora y Valle de Santo Domingo en Baja California Sur donde las condiciones alta humedad ambiental representan alto riesgo para el desarrollo de epifitias. El propósito del presente trabajo fue evaluar el impacto de la presencia del mildiu y alternaria del garbanzo y discutir las diferentes estrategias de manejo agronómico para su control.

**Palabras clave:** Rendimiento, clima, daño de enfermedades.

### Introducción

Entre los principales países productores de garbanzo en el 2014 a nivel mundial destacaron India, Paquistán, Australia, Irán, y Turquía con 10.7, 0.99, 0.59, 0.56, y 0.39 millones de hectáreas cosechadas, respectivamente (FAO, 2016). En México, la producción de garbanzo para exportación está concentrada en las áreas de riego del Noroeste, donde se siembran alrededor de 85000 hectáreas anuales (SIAP, 2018). Esta leguminosa es afectada por enfermedades foliares, entre éstas: mildiu *Peronospora ciceris* y tizón foliar *Alternaria alternata*. El mildiu se ha detectado en forma esporádica a partir de su primer reporte de brote epidémico ocurrido en Sinaloa y Baja California Sur en 1996-97 (Carrillo-Fasio *et al.*, 2012).

El tizón ocasionado por *A. alternata* se reportó por primera vez en el noroeste de Mexico durante el ciclo otoño-invierno 2017-18 (Ávila, 2020). Mildiu y tizón foliar son favorecidas por largos periodos con alta humedad ambiental y presencia de lluvias (Morales, 2004; Chen *et al.*, 2011). El complejo de estas enfermedades del follaje, reducen de 35 a 67% el rendimiento (Ramírez *et al.*, 2017). En esta región de México se siembran alrededor de 36,000 hectáreas anuales en los municipios del norte de Sinaloa, sur de Sonora y Valle de Santo Domingo en Baja California Sur donde las condiciones de alta humedad ambiental representan un alto riesgo para el desarrollo de epifitias. El propósito del presente trabajo fue evaluar el impacto de la presencia del mildiu y la alternaria del garbanzo y discutir las diferentes estrategias de manejo agronómico para su control.

### Importancia y distribución del mildiu del garbanzo

Se ha reportado que el mildiu afecta al garbanzo en la India y México. Fue en el primero donde se describió por primera vez a *Peronospora ciceris* como el agente causal del mildiu del garbanzo (Agarwal, *et al.*, 2003). Desde 1994 se tiene conocimiento que esta enfermedad ocurre en lotes

comerciales localizados en el Noroeste de México, donde reduce drásticamente los rendimientos cuando las condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas favorecen al patógeno (Chen *et al.*, 2011). De acuerdo con Carrillo-Fasio *et al.* (2012) el mildiu se ha detectado en forma esporádica a partir de su primer reporte de brote epidémico ocurrido en Sinaloa y Baja California Sur en el ciclo 1996-97. En infestaciones severas los folíolos se desprenden fácilmente y la planta se defolia hasta el 70% (Armenta y Armenta, 2004). Si las condiciones son favorables a la enfermedad puede causar la destrucción total del cultivo (Chen *et al.*, 2011).

### **Organismo causal y síntomas del mildiu**

El organismo causal es *Peronospora ciceris* Agarwal, Kulshreshtha, Bhalla & Sarbhoy. *P. ciceris* produce esporangios de forma ovoide o esferoides (16 x 20 µm) sobre esporangióforos con 3 a 7 ramificaciones y emergen a través de estomas en grupos de 3 a 6 oosporas (25-28 µm de diámetro) con paredes gruesas y una superficie de verrugosa. Se conoce que *P. ciceris* solamente infecta al garbanzo (Chen *et al.*, 2011). Todas las partes aéreas de la planta son susceptibles, pero se limita a unas pocas ramas, ocasionando enrollamiento o doblez en hojas y reducción en los ápices de crecimiento (Chen *et al.*, 2011). La enfermedad se presenta en los folíolos del garbanzo en forma de manchas verde claro, difusas al inicio (Figura 1a). Posteriormente, la infección avanza sobre el folíolo en forma irregular y se torna de un color amarillo opaco (Figura 1b). En variedades de hoja simple la lámina foliar seca permanece adherida a la planta, observándose las ramas, cápsulas y tallos verdes (Morales y García, 2004).

De acuerdo con Fierro-Corrales *et al.* (2015) los daños histológicos en folíolos con etapas iniciales de infección, mostraron parénquima empalizada con desorganización celular, seguida por hipertrofia y rompimiento de células; colonización del sistema vascular y provocando rompimiento de los vasos del xilema y tubos cribosos del floema. En folíolos con síntomas intermedios, se detectó la presencia de micelio intercelular, degradación de cloroplastos y pérdida de núcleos celulares. Folíolos con síntomas avanzados exhibieron daño en todos los tejidos, observándose destrucción celular masiva, provocada por extensiva colonización micelial en epidermis, mesófilo, floema y xilema. Carrillo-Fasio *et al.* (2012) observaron que las temperaturas de 20 a 24 °C y la humedad relativa mayor a 85 % favorecen el establecimiento y desarrollo del patógeno y en condiciones ambientales de baja humedad, el micelio en las hojas desaparece, permaneciendo solamente los síntomas de color amarillo opaco.

### **Ciclo de la enfermedad y epidemiología**

El ciclo de la enfermedad no ha sido investigado en garbanzo, pero se asume que el patógeno sobrevive de un ciclo a otro a través de oosporas tanto en el suelo como en los residuos de la cosecha (Chen *et al.*, 2011). En estudios histopatológicos de especies de *Peronospora sp* se ha observado la presencia de oosporas incrustadas en las semillas de betabel, chícharo y soya (Agarwal *et al.*, 2006) las cuales actúan como estructuras de supervivencia para colonizar plantas en los ciclos siguientes y posteriormente, si las condiciones son favorables contribuir al brote de epifitias. Sin embargo, en estudios realizados en el Noroeste de México por Carrillo *et al.* (2012) no se encontraron estas estructuras en los folíolos ni en la semilla de garbanzo, lo cual coincide con los resultados de Agarwal *et al.* (2003), quienes únicamente señalaron la formación de oosporas en

foliolos. Por lo anterior se considera que en la región Noroeste de México, el patógeno solamente se disemina a través del micelio en la semilla de un ciclo a otro y es de condición heterotática.



**Figuras 1a,b. Los síntomas de mildiu (izq), se presentan en foliolos de garbanzo en forma de manchas verde claro, las cuales son difusas al inicio. Posteriormente, la infección avanza (der) sobre el foliolo en forma irregular y adquiere color amarillo opaco.**

#### **Medidas para el control de mildiu del garbanzo**

**Control cultural:** De acuerdo con Chen *et al.* (2011) las siembras tempranas con altas densidades en áreas de mayor riesgo favorecen el establecimiento y diseminación del mildiu si se tienen condiciones de temperaturas frescas y alta humedad ambiental. Lo anterior coincide con Padilla *et al.* (2008) quienes encontraron que en fechas tardías, se reduce la incidencia de enfermedades foliares como mildiu *Peronospora ciceris*, pero se incrementa el riesgo de ataque de roya *Uromyces arietinum-ciceri*. En fecha de siembra temprana (9 de diciembre) con condiciones de alta humedad ambiental ( $\geq 95\%$ ), temperaturas frescas (15-32 °C), precipitación (70 mm) y nubosidad ( $\geq 50$  días) ocasionaron de 25 a 29 % de aborto y de 11 a 16% de grano manchado en las variedades Blanoro (intermedia) y Jumbo 2010 (tardía) lo cual redujo en 50% y 80% el rendimiento neto potencial en ambas variedades respectivamente (Padilla *et al.*, 2016). Por otro lado, Armenta y Armenta (2004) sugieren evitar prácticas que favorezcan el desarrollo vegetativo abundante como el exceso en la fertilización nitrogenada, riegos pesados, altas densidades y/o sembrar en suelos desnivelados ya que favorecen el desarrollo de la enfermedad.

**Control químico:** La aplicación de fungicidas puede retrasar el desarrollo de la enfermedad. Entre los productos que se han utilizado en el noroeste de México destacan por su eficacia azufre, mancozeb, o una mezcla de clorotalonil, cymoxanil y metalaxil (Armenta y Armenta, 2004; Salinas *et al.*, 2008; Chen y Manjarrez, 2011). En estudios recientes (Ramírez *et al.*, 2017) se encontró que tebuconazol + mancozeb; triflostrobin + mancozeb y tiofanato + clorotalonil en aspersiones en las etapas reproductivas y en los primeros síntomas de la enfermedad, incrementaron el rendimiento en 67% respecto al testigo.

**Control genético:** Los estudios sobre resistencia genética se han orientado a determinar las barreras químicas o físicas que impiden el ingreso de los patógenos a las plantas. La activación de los genes de resistencia conducen a la síntesis de fitoalexinas y metabolitos secundarios que son tóxicos a los patógenos (Sarker *et al.*, 2008). Por ejemplo, el ácido clorogénico en concentraciones de 400-1500 mg/kg en la raíz confiere resistencia a *Fusarium oxysporum* (JG-62), en comparación con la variedad susceptible (CPS-1), cuyo rango fluctúa de 150-200 mg/kg. En enfermedades foliares como rabiya *Aschochyta rabiei* está relacionado a la presencia de pelos o tricomas glandulares que secretan ácido málico. Otras características heredables y que confieren resistencia genética son el hábito de crecimiento erecto, dosel compacto, lo cual reduce la humedad relativa alrededor de la planta y ayuda al manejo de las enfermedades como moho gris y mildiu (Basandrai *et al.*, 2011).

Por otro lado Ortega *et al.* (1996) afirman que las variedades de ciclo corto fructifican más rápidamente y tienen mayor escape a condiciones adversas. En el sur de Sonora, el mildiu aparece en niveles muy bajos al inicio de floración; sin embargo, en los genotipos susceptibles, la presencia de esta enfermedad se incrementa a partir del inicio de la formación de vainas (Padilla *et al.*, 2020). Estos mismos autores encontraron resistencia en los genotipos ICC 8091, Hat Trick, San Antonio y Pénjamo de grano tipo Desi y reacción de tolerancia en las nuevas variedades de grano tipo kabuli como Combo 743 y Mazocahui.

### **Importancia y distribución de la alternaria del garbanzo**

El tizón por alternaria *alternata* es esporádico. Puede ocasionar daños significativos bajo condiciones específicas. En la India se han reportado pérdidas de 30 a 40% en el rendimiento en lotes sin tratamientos de fungicidas (Bhargava, 1995). Ha sido reportada su presencia en países como Turquía, Nepal, Siria, Paquistán y Estados Unidos de Norteamérica. Esta enfermedad se reportó por primera vez en el noroeste de México durante el ciclo otoño-invierno 2017-18 (Ávila, 2020).

### **Organismo causal y síntomas de alternaria**

El tizón por alternaria es ocasionado por el hongo *Alternaria alternata* (Fr.:Fr.) Keisll. (Sinónimo *A. tenuis* Nees). En papa-dextrosa-agar desarrolla colonias de color gris a negro oliváceo. Los conidióforos surgen en mechones, son de uno a cuatro septados y de rectos a geniculados y tienen cicatrices conidiales prominentes. Los conidios se forman en cadenas y son de color marrón claro a marrón oscuro, lisos o verrugosos, muciformes, con dos a cinco tabiques transversales y uno a dos longitudinales y tienen un pico corto. La fase sexual no se ha encontrado en garbanzo ni en lenteja. Las temperaturas óptimas para el desarrollo y esporulación de *A. alternata* son de 25 °C, sin embargo, puede crecer en un amplio rango de temperaturas (7-35 °C). Los síntomas de alternaria pueden aparecer en cualquier parte aérea de la planta (Figura 2a). Generalmente inicia en los márgenes y ápices de las hojas en forma de lesiones café claro en las hojas basales y más viejas (Figura 2b).





**Figuras 2a, b. Los síntomas de alternaria (izq) pueden aparecer en cualquier parte aérea de la planta. Generalmente inicia en los márgenes y ápices de las hojas (der) en forma de lesiones café claro en las hojas basales y más viejas.**

Las lesiones en los folíolos afectados aumentan de tamaño, y abarcan la hoja completamente ocasionando tizón foliar. En infecciones más severas (Figura 3) las hojas se deshidratan y torna a un color pajizo (Ávila, 2020). La enfermedad puede provocar lesiones oscuras en tallos, ramas, pecíolos y flores. En las vainas infectadas, además de lesiones externas de café oscuro y manchas negras en el interior, las semillas son arrugadas, deformes y de color negruzco.



**Figura 3. Las lesiones en los folíolos afectados aumentan de tamaño, y abarcan la hoja ocasionando tizón foliar. En infecciones severas las hojas se deshidratan y tornan a un color pajizo.**

### **Ciclo y epidemiología de la enfermedad**

Los estudios indican que *A. alternata* puede infectar a más de 400 especies, entre estas a garbanzo, lenteja, chícharo, y especies de *Vigna*. El patógeno es transmitido tanto interna como externamente en las semillas de garbanzo y sobrevive en la semilla contaminada o infectada por 20 meses en condiciones de almacenaje. Por lo tanto, la semilla infectada puede servir como fuente primaria de inóculo (Ávila, 2020) y las conidias en forma secundaria de infestación, diseminan la enfermedad por medio del aire. Temperaturas de 26 °C y humedad relativa superior a 95% son altamente favorables para la germinación del hongo. Al penetrar a la planta a través de estomas, las hifas primero se extienden y ramifican intercelularmente y posteriormente intracelularmente en las células del parénquima. Las condiciones más favorables para la infección y desarrollo de los síntomas y esporulación son temperaturas de 24 a 28 °C y humedad relativa arriba de 85%. La conidias se forman durante el día inducidas probablemente por la luz y son liberadas por la noche cuando se tienen altos niveles de humedad ambiental (Chen *et al.*, 2011).

Las plantas de garbanzo son susceptibles en cualquier etapa de desarrollo, pero la susceptibilidad aumenta con la edad. Así, los altos índices de la enfermedad en las últimas etapas, puede deberse al brote de altos niveles de inóculo en el ambiente, condiciones favorables y una mayor susceptibilidad del hospedero. En el sur de Sonora, los síntomas de tizón foliar aparecieron durante el cierre del dosel de la planta, a partir de los 75 días y el ataque fue más severo en la etapa final del llenado del grano cuando las temperaturas medias fluctuaron de 18.1 a 27.1 °C, la humedad relativa entre 78.9 a 81.2% y precipitación acumulada de 8.3 mm durante los 15 días previos (Padilla *et al.*, 2020).

### **Manejo de la enfermedad**

El método más efectivo para el control de la enfermedad es el uso de variedades resistentes. Al menos 25 variedades y acciones de la colección mundial de garbanzo son reportadas como resistentes a *A. alternata*. La resistencia puede ser fisiológica o por arquitectura de la planta. Las variedades muy exuberantes muestran mayor susceptibilidad. Las variedades resistentes tienden a producir mayor cantidad total de productos fungistáticos como fenoles o fenoles orthodihídricos. En el sur de Sonora se encontró resistencia a tizón foliar en los genotipos ICC 8091, Hat Trick, San Antonio, Pénjamo y en la nueva variedad Sinalomex 2018 (Padilla *et al.*, 2020).

Una baja densidad de siembra y riego restringido previene la incidencia y severidad de la enfermedad. Los tratamientos a la semilla ayudan a proteger las plántulas al menos por 40 días. Cuando la planta está en desarrollo y prevalecen condiciones ambientales favorables a la enfermedad, pueden usarse preventivamente los fungicidas mancozeb o triforine (Chen *et al.*, 2011).

### **Literatura citada**

- Agarwal, D. K., Kulshreshtha, M., Bhalla, K., & Sarbhoy, A. K. (2003). *Peronospora ciceris* a new species on *Cicer arietinum*. *Journal of Mycopathological Research*, 41(1), 71-73.
- Agarwal, P. C., Singh, B., Dev, U., Rani, I., Chand, D., & Khetarpal, R. K. (2006). Interception of *Peronospora manshurica* in soybean germplasm imported during 1976-2005. *Current Science*, 91(3), 347-358. Recuperado de: <http://www.iisc.ernet.in/currsci/Aug10/2006/347.pdf>.
- Armenta C., I y C. M. Armenta C. 2004. Guía para el manejo fitosanitario del garbanzo en el sur de Sonora. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Mayo. Folleto para productores No 20. Navojoa, Sonora, México. 36 p.

- Ávila S., J. M. 2020. Enfermedades de los cultivos en el noroeste de México. Comité Estatal de Sanidad Vegetal Sonora. Ed. Pressmex. Pág. 73.
- Basandrai A., D. Basandrai, P. Duraimurugan, and T. Srinivasan. 2011. Breeding for biotic stresses. In: Biology and Breeding of Food Legumes. A. Pratap and J. Kumar (Eds.). Cambridge, Massachusetts, USA, pp 220-240.
- Bhargava, P.K. 1995. Impact of seed transmission of *Alternaria alternata* Fr. Keissler on seed quality and yield of chickpea. *Indian Phytopathol.* 55:49-51.
- Carrillo-Fasio, J. A., Allende-Molar, R., & García-Estrada, R. (2012). Métodos preventivos para el control de la rabiya y mildiu del garbanzo. Paper presented at the Memoria de capacitación, VIII Jornada del cultivo del garbanzo, Culiacán, Sinaloa, México.
- Chen W., H. C. and P. Manjarrez S. 2011. Downy mildew. In: Compendium of chickpea and lentil Diseases and Pests. Chen W., H. C. Sharma and F. J. Muehlbauer (Eds). The American Phytopathological Society. S. Paul Minn. USA, pp 48-49.
- FAO, 2016. Food and Agriculture Organization, Statistic data bases. Rome Italy.
- Fierro-Corrales, D., Apodaca-Sánchez, M. A., Quintero-Benítez, J. A., Leyva-Mir, S. G., Flores-Sánchez, J. L., & Tovar-Pedraza, J. M. (2015). Morphological characterization and histopathology of *Peronospora ciceris* in chickpea (*Cicer arietinum* L.) leaves and seeds. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 21(1),81-92.
- Morales G., J. A., L. J. Durón N., G. Martínez D., J. H. Núñez M. y A. Fu C. 2004. EL cultivo del garbanzo blanco en Sonora. Libro Técnico N° 6. SAGAR-INIFAP-CEVY-CIRNO-Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora, México. p. 11.
- Morales G., J. A. y R. J. García 2004. Enfermedades. En: El cultivo de garbanzo blanco en Sonora. Folleto Técnico No 6. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Norman E. Borlaug. Hermosillo, Sonora, pp. 232-234.
- SIAP. 2018. Sistema de información agroalimentaria y pesquera. Estadísticas de la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D.F.
- Ortega M., P. F., J. Grageda G. y J. A. Morales G. 1996. Effect of sowing dates, irrigation, plant densities, and genotypes on chickpea in Sonora, Mexico. *Internacional Chickpea and Pigeon Pea Newsletter* 3:24-25.
- Padilla V., I., B. Z. Guerrero A., P. F. Ortega M., G. A. Fierros L., J. A. Acosta G., J. E. Ortiz E., V. Valenzuela H. y E. Gutiérrez P. 2015. Respuesta del garbanzo *Cicer arietinum* L. a la fecha de siembra en condiciones bióticas y abióticas adversas. *Memorias XVIII Congreso Internacional de Ciencias Agrícolas*. Universidad Autónoma de Baja California, pp. 188-193.
- Padilla V., I., R. I. Valenzuela V., C. M. Armenta C., R. A. Salinas P., y E. Sánchez S. 2008. Comportamiento agronómico de genotipos de garbanzo en siembra tardía en el Valle del Mayo, Sonora, México. *Rev. Fitotec. Méx.* 31:43-49.
- Padilla V., I., V. Valenzuela H., G. A. Fierros L., P. F. Ortega M., y B. Z. Guerrero A. 2020. Evaluación de la incidencia de enfermedades foliares del garbanzo y su efecto en el rendimiento. *Memorias XXXIII Semana Internacional de Agronomía*. Universidad Juárez del Estado de Durango. Facultad de Agricultura y Zootecnia. Venecia Durango. pp. 506-513.
- Ramírez A., J. A., I. Padilla V., y N. Castillo T. 2017. Control químico de enfermedades foliares del garbanzo en el sur de Sonora. Folleto Técnico No 103. INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Norman E. Borlaug. Ciudad Obregón, Sonora. pp. 14-19.
- Salinas P., R. A., E. Cortez M. y J. Macías C. 2008. Guía técnica para producir garbanzo en el norte de Sinaloa. INIFAP-CIRNO. Campo Experimental Valle del Fuerte. Folleto Técnico No 29. Los Mochis, Sinaloa, México. 44 p.
- Sarker RH, Al-Amin GM, Hassan F and Hoque MI. 2008. *Agrobacterium*-mediated genetic transformation of two varieties of jute (*Corchorus capsularis* L.). *Plant Tissue Culture and Biotechnology* 18(1): 7-16.



# PONENCIAS DE INVESTIGACIÓN (CARTELES)



## COMITÉ CIENTÍFICO

MC. IVAN RAMIREZ RAMÍREZ. COLPOS  
MC. JOSÉ GRAGEDA GRAGEDA. INIFAP- CIRNO  
MS. FERNANDO AFONSO VIEIRA DE FIGUEIREDO. INIFAP- CIRNO  
M.Sc. PEDRO FCO. ORTEGA MURRIETA. INIFAP - CIRNO  
ING GUSTAVO ADOLFO FIERROS LEYVA. INIFAP - CIRNO  
M.C. ISIDORO PADILLA VALENZUELA. INIFAP - CIRNO

## RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE GARBANZO BLANCO VALIDADAS EN BAJA CALIFORNIA SUR

Erasmus GUTIERRES PÉREZ<sup>1</sup>, Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ<sup>1</sup>,  
Raúl AVALOS CASTRO<sup>1</sup>, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, B. C. S.,

<sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora.

gutierres.erasmo@inifap.gob.mx

### Resumen

El garbanzo es importante en las zonas Noroeste y Bajío de México. En Baja California Sur en los últimos cinco ciclos se ha sembrado una superficie promedio cercana a las 3,000 hectáreas con un rendimiento promedio de 2.2 t ha<sup>-1</sup>. Se evaluaron 18 materiales de garbanzo en condiciones de manejo de un productor cooperante, con riego por goteo, con el objetivo de medir su rendimiento y calidad de grano. El análisis de datos se hizo mediante la comparación de medias con la prueba de Tukey (P≤ 0.05) utilizando el programa JMP® Versión 15.1.0 (SAS Institute Inc. 2020). Los materiales sobresalientes en la evaluación fueron la línea Cuga 09 2004 y la variedad Blanoro que rindieron 3318 y 3349 kg ha<sup>-1</sup> de grano de origen y para exportación con calibre de 49.6 y 40.6 granos en 30 gramos respectivamente.

### Introducción

En México el garbanzo es un cultivo importante en las zonas Noroeste (Sinaloa, Sonora y Baja California Sur) y Bajío (Michoacán, Guanajuato y Jalisco); en el Noroeste el propósito de su cultivo es la exportación del grano mientras que en el Bajío es principalmente, para el consumo local del grano en fresco. Una actividad importante a realizar en este cultivo, es la generación y validación de variedades, de hábito erecto, resistentes a rabia y con adaptación a las regiones productoras (SNITT, 2016). En Baja California Sur en el período 2015-2019 se sembraron en promedio 2,792 ha con esta leguminosa donde se obtuvieron 5791 t con rendimiento promedio de 2.2 t ha<sup>-1</sup>; el rendimiento promedio varió, entre ciclos, de 1.5 a 3.2 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2015-2019); esta variación tan marcada está influenciada por factores tanto abióticos (clima) como bióticos (enfermedades, plagas, semillas de baja calidad, etc.).

En encuesta realizada por Osuna *et al.* (2019) se determinó que las variedades más utilizadas por los productores de garbanzo en B. C. S. son Blanco Sinaloa 92 (≥75%) y Blanoro (>30%), y el 100% de los encuestados utilizan como semilla el grano que les facilita la empresa comercializadora o que dejan de su misma cosecha. Con el propósito de continuar la búsqueda de nuevas variedades de garbanzo que sean aceptadas en los mercados mundiales de este grano y con adaptación a las regiones productoras de México, anualmente se establecen experimentos con los nuevos genotipos que liberan los programas de mejoramiento del INIFAP en las distintas zonas productoras del país. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue evaluar 18 genotipos (líneas y variedades), bajo las condiciones de manejo agronómico de un productor cooperante, para definir su comportamiento en estas condiciones.

### Materiales y métodos

La siembra se realizó el día cuatro de enero de 2020, en el lote 91 de la colonia agrícola Revolución Mexicana, en el Valle de Santo Domingo, B. C. S. Se sembraron 12 líneas avanzadas (Cuga 09 2004, Cuga 09 3160, HOGA 2004 20 6, HOGA 2006 14 8, Cuga 09 3168, HOGA 2007

2 14, HOGA 021, HOGA 067, HOGA 2005 10 5, Cuga 09 2067, HOGA 2008 5 2 y Cuga 09 3125) y seis variedades liberadas (Blanoro, Blanco Sinaloa 92, Combo 743, Mazocahui, Blancoson y Sinalomex 2018). La siembra se hizo en seco, con sembradora de precisión; previo a la siembra, el suelo fue preparado con barbecho y rastreo. Cada genotipo se estableció en dos camas de 1.50 m de ancho y 3200 m de largo, cada una con dos surcos separados a 50 cm. Se aplicaron cuatro riegos, incluido el de germinación o nacencia, todos con el sistema de goteo; la lámina estimada fue de 50 cm. Se realizó una fertilización de base al momento de sembrar y posteriormente se fertilizó a través del sistema de riego; se aplicaron elementos mayores (NPK) y microelementos en diversas etapas de desarrollo del cultivo. A los 140 días posteriores a la siembra, por cada tratamiento, se cortaron cinco muestras de 2 m de largo de cama con dos surcos cada una. La trilla se realizó en forma manual. El grano obtenido se cribó en malla con orificios de 9 mm, se pesó y se determinó el calibre de grano (número de granos en muestras de 30 g) y el porcentaje de exportación (rendimiento de campo/rendimiento de exportación x 100). Los datos obtenidos se analizaron mediante la comparación de medias a través de la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Los datos fueron analizados con el uso del programa JMP® Version 15.1.0 (SAS Institute Inc. 2020).

### Resultados y discusión

En el Cuadro 1 se describen los resultados del análisis estadístico de las diferentes variables de rendimiento y calidad de grano, obtenidos en el experimento. En rendimiento de campo, la media de todos los materiales fue de 2,969 kg ha<sup>-1</sup> y resultó superior estadísticamente la línea Cuga 09 2004 con un rendimiento de 3,614 kg ha<sup>-1</sup>; en este aspecto, el rendimiento más bajo lo obtuvo la línea Cuga 09 3125, con 2,323 kg ha<sup>-1</sup>. En la variable rendimiento de exportación, la media de todos los materiales en evaluación fue de 2,767 kg ha<sup>-1</sup>, los genotipos sobresalientes fueron las variedades Blanoro y Cuga 09 2004, con 3,349 y 3,318 kg ha<sup>-1</sup> respectivamente. El menor rendimiento de exportación lo presentaron las líneas Cuga 09 3125, HOGA 2008 5 2 y Cuga 09 2067, con 2171, 2217 y 2200 kg ha<sup>-1</sup>.

Con respecto al porcentaje de exportación, los índices más altos los mostraron los genotipos Blanoro, HOGA 2006 14 8, Cuga 09 3168 y HOGA 021, con 95.4, 96.8, 95.1 y 95.3, respectivamente. Finalmente, en cuanto a calibre de grano (número de granos en 30 g), 14 de los 18 materiales evaluados presentaron un comportamiento similar y superior, con menos de 45 granos en 30 g; la línea Cuga 09 2004 mostró el grano más pequeño con 49.6 granos en 30 g. El buen comportamiento para rendimiento de grano de campo y de exportación presentado por la línea Cuga 09 2004, coincide con lo reportado en otras evaluaciones (Gutierrez *et al.*, 2018; Gutierrez *et al.*, 2019) y se ha reportado como resistente a *Fusarium oxysporum* raza 0 y con resistencia intermedia para *Macrophomina phaseolina* (Guerrero *et al.*, 2019).

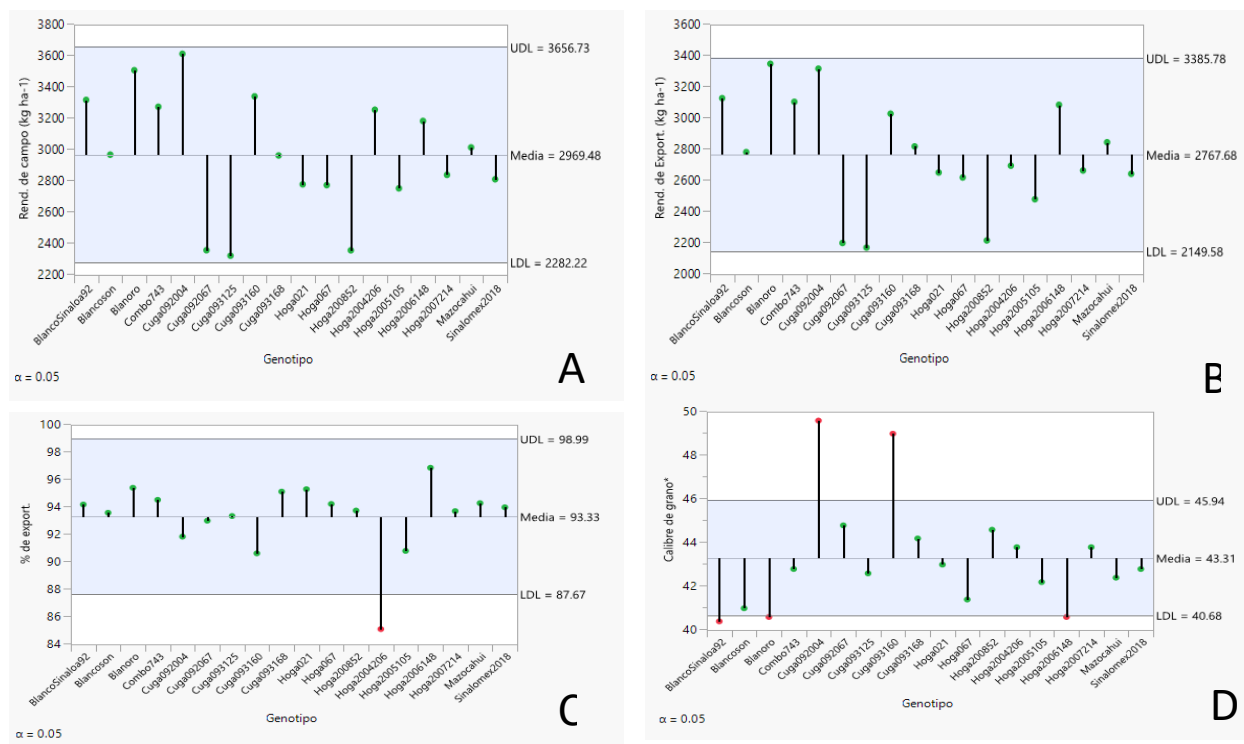
En la Figura 1 se presentan las comparaciones de las medias grupales con las medias generales de cada variable evaluada en el estudio. En rendimiento de campo (Figura 1A), la media definida para todos los materiales fue de 2,969.48; los rangos superior e inferior fueron de 3,676.73 y 2,282.22, respectivamente; todos los materiales estuvieron dentro de los límites establecidos con respecto a la media general para esta variable. En la variable rendimiento de exportación (Figura 1B), la media general fue de 2,767.68 y en este caso tampoco se encontraron materiales fuera

de estos límites. Con respecto a porcentaje de exportación, (Figura 1C), la media general resultó en 93.33 y los límites superior e inferior fueron de 98.99 y 87.67, respectivamente; en este caso el genotipo HOGA 2004 20 6 fue el único que rebasó el límite inferior al registrar un porcentaje de grano de exportación de 85.1. En el caso de calibre de grano, la media general de todos los tratamientos fue de 43.31 granos en 30 gramos y los límites superior e inferior se ubicaron en 45.94 y 40.68.; en este caso los genotipos Cuga 09 2004 y Cuga 09 3160 rebasaron el límite superior al registrar calibres de 49.6 y 49.0, respectivamente, mientras que las variedades Blanco Sinaloa 92 y Blanoro así como la línea HOGA 2006 14 8, superaron ligeramente el límite inferior al presentar calibres de 40.4, 40.6 y 40.6, respectivamente, destacándose por tanto como los genotipos con mayor tamaño de grano.

**Cuadro 1. Rendimiento de campo y exportación, porcentaje de exportación y calibre de grano de 18 líneas y variedades de garbanzo evaluados en parcela de productor cooperante. Ciclo 2019-2020**

Genotipo	Rendimiento de campo (kg ha <sup>-1</sup> )		Rendimiento exportable (kg ha <sup>-1</sup> )		% de exportación		Calibre del grano* (granos en 30 g)	
Cuga 09 2004	3614	a*	3318	a	91.8	ab	49.6	a
Blanoro	3509	ab	3349	a	95.4	a	40.6	c
Cuga 09 3160	3342	abc	3029	ab	90.6	ab	49.0	ab
Blanco Sinaloa 92	3319	abc	3129	ab	94.2	ab	40.4	c
Combo 743	3275	abc	3105	ab	94.5	ab	42.8	c
HOGA 2004 20 6	3256	abc	2696	ab	85.1	b	43.8	c
HOGA 2006 14 8	3184	abc	3086	ab	96.8	a	40.6	c
Mazocahui	3015	abc	2846	ab	94.3	ab	42.4	c
Blancoson	2969	abc	2783	ab	93.6	ab	41.0	c
Cuga 09 3168	2964	abc	2820	ab	95.1	a	44.2	c
HOGA 2007 2 14	2840	abc	2665	ab	93.7	ab	43.8	c
Sinalomex 2018	2812	abc	2644	ab	94.0	ab	42.8	c
HOGA 021	2779	abc	2652	ab	95.3	a	43.0	c
HOGA 067	2774	abc	2620	ab	94.2	ab	41.4	c
HOGA 2005 10 5	2754	abc	2841	ab	90.8	ab	42.2	c
Cuga 09 2067	2358	bc	2200	b	93.0	ab	44.8	bc
HOGA 2008 5 2	2357	bc	2217	b	93.7	ab	44.6	bc
Cuga 09 3125	2323	c	2171	b	93.3	ab	42.6	c
Media	2969		2767		93.3		43.3	
C. V.	20.05		19.6		4.8		7.09	
DMS de acuerdo a Tukey (0.05)	1174		1056		9.6		4.4	

\* abc: medias con la misma letra en la columna no son diferentes estadísticamente (Tukey;  $p \leq 0.05$ ), DMS: diferencia mínima significativa, CV: coeficiente de variación.



**Figura 1. Análisis de comparación de medias ANOM. Rendimiento de campo (1A), rendimiento de exportación (1B), porcentaje de exportación (1C), calibre de grano (1D).**

### Conclusiones

- La línea Cuga 09 2004 resultó estadísticamente superior al resto de los materiales en rendimiento de campo y de exportación; presentó el grano más pequeño.
- La variedad Blanoro fue superior en rendimiento de campo, porcentaje de grano exportación y calibre de grano.

### Literatura citada

- Guerrero A. B. Z., Vargas V. A. V., Acosta G. J. A., Jiménez H. Y., Ortega M. P. F., Fierros L. G. A., Valenzuela H. V. 2018. Genotipos de garbanzo resistentes a la pudrición carbonosa. VI Simposio Nacional de Garbanzo. Campo Experimental Costa de Hermosillo. CIRNO – INIFAP.
- Gutierrez P. E., Melgoza V. C. M, Ortega M. P. F. 2019. Respuesta agronómica de líneas avanzadas de garbanzo blanco en riego por goteo en Baja California Sur. Simposio Nacional de Garbanzo. Hermosillo, Son. Campo Experimental Costa de Hermosillo. CIRNO – INIFAP.
- Gutierrez P. E., Melgoza V. C. M., Cota B. C. I., Navejas J. J., Ortega M. P. F. 2018. Resultados de la evaluación de quince genotipos de garbanzo del ensayo de rendimiento 2017-2018 en Baja California Sur. VI Simposio Nacional de Garbanzo. Campo Experimental Costa de Hermosillo. CIRNO – INIFAP.
- Osuna A. J. D., Cabada T. C. A., Ávalos C. R., Montañó C. M. H., Hernández M. L. A. y Valdez G. B. 2019. Caracterización socioeconómica y tecnológica de productores de garbanzo

del valle de Santo Domingo, Baja California Sur. Simposio Nacional de Garbanzo. Campo Experimental Costa de Hermosillo. CIRNO – INIFAP.

SAS Institute Inc. 2017. Discovering JMP Version 15.1.0. Cary, NC: SAS Institute Inc.

SNITT (2016). Agenda Nacional de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología Agrícola (2016-2022). Sistema Nacional de Investigación y Transferencia Tecnológica para el Desarrollo Rural Sustentable –SNITT- (2016). SAGARPA. México.

SIAP. 2019/2015. Estadísticas de Producción Agrícola. <http://infosiap.siap.gob.mx> (consultado el 09-10-2020)

## EVALUACIÓN PATOGENICA DE 25 AISLADOS DE *Fusarium solani* DE BAJA CALIFORNIA SUR EN DOS GENOTIPOS DE GARBANZO TIPO BLANCO HOGA 67 Y BLANCO SINALOA 92

Montserrat ZAPATERO OLIVARES<sup>1</sup>, Brenda Zulema GUERRERO AGUILAR<sup>2</sup>,  
Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ<sup>3</sup>, Erasmo GUTIÉRRES PÉREZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. Celaya, Guanajuato, <sup>2</sup>Campo Experimental Bajío INIFAP., Celaya Gto., <sup>3</sup>Campo Experimental Todos Santos. INIFAP. La Paz, B. C. S. guerrero.brenda@inifap.gob.mx

### Resumen

En este estudio se evaluaron 25 aislados de *Fusarium solani*, obtenidos de muestras de suelo provenientes de Baja California Sur en los genotipos de garbanzo Blanco HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92 (BS-92). Para esto se inocularon los dos genotipos de garbanzo con cada uno de los aislados, haciendo tres repeticiones con 10 plantas de cada uno, se evaluó germinación, además se midió el porcentaje de resistencia y susceptibilidad de cada uno de los aislados en los dos genotipos. En los resultados en la evaluación de la germinación se encontraron cuatro genotipos altamente patogénicos en HOGA 67 y BS-92, que son Fsol 2-1, Fsol 22-1, Fsol 1-3 y Fsol 34 donde los tres primeros son del sitio experimental Valle Santo Domingo Región Sur y el último de Lic Rod Región Sur, en la sintomatología en las plantas adultas se encontraron dos aislados en los dos genotipos con mayor porcentaje de incidencia que fueron Fsol 2-1 y Fsol 1-3 del sitio experimental de la Región Sur, por lo que los aislados patogénicos se encuentran en el sitio experimental de la Región Sur, por lo que se recomienda tener un buen control para *Fusarium solani*, para que no afecte al rendimiento del garbanzo o generar variedades que sean resistentes a los aislados que se encuentran en la región.

### Introducción

Las enfermedades representan una de las causas en la disminución de los rendimientos en el cultivo entre las más importantes en México y el mundo se encuentran un complejo fúngico integrado por el género *Fusarium spp.*, *Sclerotium rolfsii* Sacc., *Rhizoctonia solani* Kühn, *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid; sin embargo, por los daños que produce y la frecuencia con que se presentan los del género *Fusarium spp.*, son los de mayor significancia (García *et al.*, 1987)

El género *Fusarium* está distribuido ampliamente a nivel mundial (en más 32 países) y afecta a más de 80 cultivos de importancia comercial. Existen diversas especies del género *Fusarium*, sin embargo, las más relevantes para el garbanzo son *Fusarium oxysporum* y *Fusarium solani* (Jimenez-Gasco, 2005). La fusariosis presenta diferentes síndromes denominados marchitez vascular y amarillez vascular, que son ocasionados por *Fusarium oxysporum* Schlechtend f. sp. *ciceris* (Padwik) Matuo & K. Sato (Foc), y el complejo de síntomas designado como “Marchitez y Podredumbre de Raíz” (MPR), que se asocia con infecciones causadas por diversos hongos de suelo, incluyendo *F. oxysporum* f. sp. *ciceris*, y *Fusarium solani* (Mart.) Appl, principalmente (Jiménez-Gasco, 2001). Estos síndromes son consecuencia de infecciones vasculares en la planta infectada que causan síntomas de amarillamiento y marchitez causando la muerte de la planta o una menor cantidad de semillas logradas. Estas aparecen principalmente en los suelos arcillosos o con problemas de drenaje, condición que favorece el desarrollo de estas patologías (Tay, 2006). Es importante para el control de la marchitez conocer la patogenicidad de *Fusarium solani* presente en la región de interés para la obtención de resistencia genética en genotipos de

garbanzo, además de que este influye otros factores como el manejo agronómico y las condiciones ambientales que se exponen las plantas durante su desarrollo. El presente estudio plantea el objetivo de evaluar la patogenicidad de aislados de *Fusarium solani* provenientes del estado de Baja California Sur en dos genotipos de garbanzo tipo Blanco.

### Materiales y métodos

Se utilizaron 25 aislados almacenados en aceite mineral estéril a 4°C de *Fusarium solani* aislados provenientes de muestras de suelo de localidades de Baja California Sur (Cuadro 1). Se utilizaron dos genotipos de garbanzo blanco, HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92. Se activaron los aislados en medio de cultivo PDA acidificado (200µl/L de ácido láctico), se incubó a temperatura ambiente durante diez días.

Se prepararon macetas de plástico rectangulares (61 x 19 x 17cm) con sustrato peet most (Sunshine Mezcla 3) previamente esterilizado. De cada aislado se hicieron tres repeticiones sembrando 10 semillas en cada maceta, con los dos genotipos de garbanzo HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92.

Preparación de inóculo. Se prepararon de cada aislado una suspensión de esporas a una concentración de 100,000 esporas/mL con ayuda de un hematocímetro Neubauer® antes de inocular, primero se regaron las macetas a capacidad de campo después de 48 h se le adicionó a cada maceta 330 mL de solución de esporas, después de 24 hr se sembró la semilla desinfectada con hipoclorito de sodio al 5%, para evitar contaminantes que tenga en la superficie. La evaluación de la germinación fue a los 10 días después de la siembra (DDS), se contaron las plantas emergentes sin daño alguno y a los 30 días se midió en las plantas el porcentaje de incidencia utilizando la escala visual de daño descrita por Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987). Se utilizó esta escala por su sencillez, además de tener un porcentaje específico de síntomas o de daño que corresponde a un número fijo en la escala, por lo que a cada número corresponde una descripción exclusiva y precisa. La escala utiliza un rango de calificación de 1 = sin síntomas aparentes de la enfermedad, hasta 9 = síntomas severos o muerte, los valores de 1 a 3 se consideraron como reacción resistente, los de 4 a 6 reacción intermedia y los de 7 a 9 reacción susceptible.

**Cuadro 1. Localización de aislados de *Fusarium solani* provenientes de Baja California Sur.**

Numero de muestra	Clave	Ubicación	Region
1	Fsol 9	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE)	Sur
2	Fsol 11	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE)	Sur
3	Fsol 2	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE)	Sur
4	Fsol 16-2	Sitio Experimental Válvulas Exterior carretera	Sur
5	Fsol 2-1	Sitio Experimental	Sur
6	Fsol 23-2	Sitio Experimental Válvulas Exterior carretera	Sur

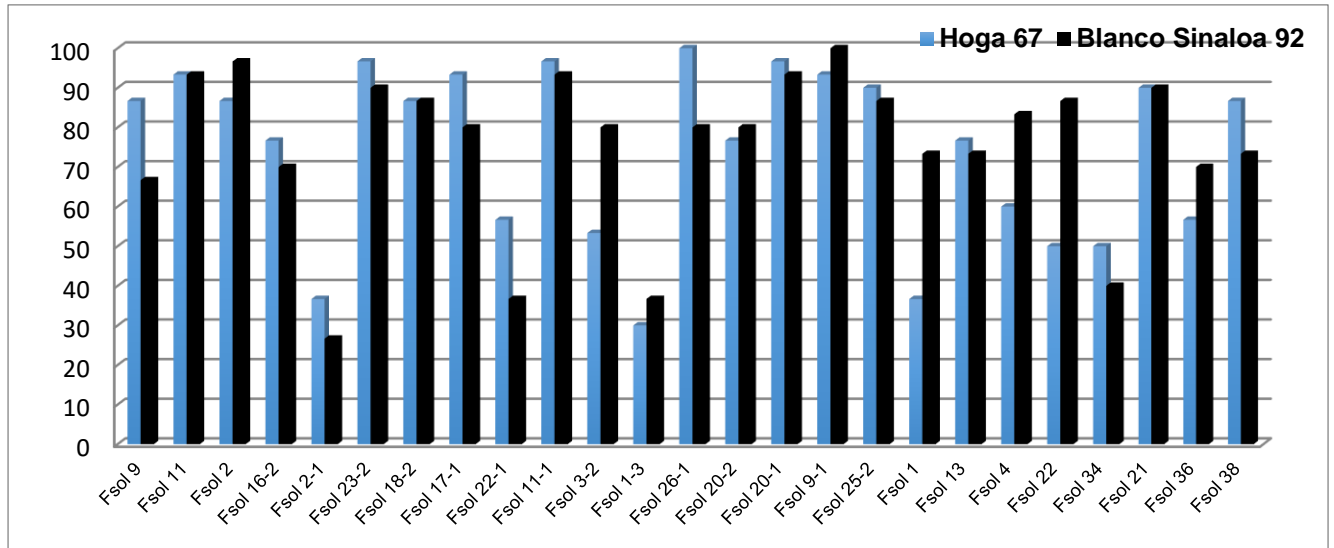


7	Fsol 18-2	Sitio Experimental Exterior carretera	Válvulas	Sur
8	Fsol 17-1	Sitio Experimental Exterior carretera	Válvulas	Sur
9	Fsol 22-1	Sitio Experimental Exterior carretera	Válvulas	Sur
10	Fsol 11-1	Col. María Auxiliadora Lote 6		Norte
11	Fsol 3-2	Sitio Experimental		Sur
12	Fsol 1-3	Sitio Experimental		Sur
13	Fsol 26-1	Sitio Experimental Exterior carretera	Válvulas	Sur
14	Fsol 20-2	Sitio Experimental Exterior carretera	Válvulas	Sur
15	Fsol 20-1	Sitio Experimental Válvulas Exterior carretera		Sur
16	Fsol 9-1	Sitio Experimental		Sur
17	Fsol 25-2	Sitio Experimental Válvulas Exterior carretera		Sur
18	Fsol 1	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE)		Sur
18	Fsol 13	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE)		Sur
20	Fsol 4	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE)		Sur
21	Fsol 22	Colonia Delicias		Sur
22	Fsol 34	Lic Rod		Sur
23	Fsol 21	Colonia Delicias		Sur
24	Fsol 36	Región Norte		Norte
25	Fsol 38	Sitio Experimental		Sur

## Resultados

En la Figura 1 se observa cuatro aislados donde la germinación de las plantas fue menor de 37% en los dos genotipos evaluados HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92, los cuales fueron Fsol 2-1, Fsol 22-1, Fsol 1-3 y Fsol 34 donde los tres primeros son del sitio experimental Valle de Santo Domingo región Sur y el último de Lic Rod Región Sur, por lo que se puede decir que de todos los aislados evaluados son los más patógenos. Además, se encontraron cuatro aislados patógenos para el genotipo HOGA 67 siendo Fsol 3-2, Fsol 1, Fsol 22 y Fsol 36 donde las dos primeras son del sitio campo experimental Valle de Santo Domingo Región Sur, y la tercera de la colonia Deleacias Región Sur y la última de la región Norte. En cuanto a los demás aislados evaluados las variedades HOGA 67 y BS-92 pueden tener resistencia, al patógeno.

En el Cuadro 2 se muestra el porcentaje de incidencia de cada aislado en los dos genotipos de garbanzo HOGA 067 y Blanco Sinaloa 92 donde se encontró que existe variabilidad genética de los aislados ya que se encuentran unos más virulentos que otros destacando Fsol 2-1 y Fsol 1-3 ya que presentan mayores síntomas de marchitez, además se encontraron aislados que son más patógenos en cada uno de los genotipos para HOGA 67 donde se encontró < 60% de los aislados Fsol 1. Para el genotipo Blanco Sinaloa 92 se encontraron los aislados Fsol 22-1 y Fsol 34.



**Figura 1. Porcentaje de germinacion de los 25 aislados de *F. solani* en dos genotipos de garbanzo HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92.**

En los dos genotipos se encontraron nueve aislados que tiene alta resistencia > 80% a los cuales son todos del sitio experimental Region Sur: Fsol 11, 2, 23-2, 28-2, 17-1, 26-1, 20-1, 9-1 y 38, por lo que significa que en esta region se encuentra una diversidad patogenica de *F. solani*. Por lo que se pueden usar para desarrollo de nuevas variedades a los aislados existentes en ese punto o tener un buen manejo de control para evitar perdidas en el rendimiento. En cuanto a la evaluación de los genotipos Blanco Sinaloa registró 92 % mientras que HOGA 067 nueve aislados presentaron resistencia > 80%.

**Cuadro 2. Porcentaje de incidencia de los 25 aislados de *F. solani* en los dos genotipos de garbanzo HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92.**

	Aislado	% de incidencia HOGA 67	% de incidencia Blanco Sinaloa 92
1	Fsol 9	56.66 R	63.33 R
		23.33 I	0
		20 S	36.66 S
2	Fsol 11	93.33 R	90 R
		0.00	0
		6.66 S	10 S
3	Fsol 2	86.66 R	86.66 R
		0.00	0
		13.33 S	13.33 S
4	Fsol 16-2	60 R	66.66 R
		10 I	0
		30 S	33.33 S
5	Fsol 2-1	26.66 R	6.66 R
		3.33 I	23.33 I

		70 S	70 S
		96.66 R	83.33 R
<b>6</b>	Fsol 23-2	0.00	0
		3.33 S	16.66 S
		86.66 R	83.33 R
<b>7</b>	Fsol 18-2	3.33 I	0
		10 S	16.66 S
		93.33 R	80 R
<b>8</b>	Fsol 17-1	0.00	0
		6.66 S	20 S
		56.66 R	36.66 R
<b>9</b>	Fsol 22-1	0.00	0
		43.33 S	63.33 S
		73.33 R	63.33 R
<b>10</b>	Fsol 11-1	23.33 I	30 I
		3.33 S	6.66 S
		53.33 R	80 R
<b>11</b>	Fsol 3-2	0.00	0
		46.66 S	20 S
		16.66 R	30 R
<b>12</b>	Fsol 1-3	13.33 I	6.66 I
		70 S	63.33 S
		96.66 R	80 R
<b>13</b>	Fsol 26-1	3.33 I	0
		0.00	20 S
		13.33 R	3.33 R
<b>14</b>	Fsol 20-2	40 I	63.33 I
		46.66 S	33.33 S
		96.66 R	90 R
<b>15</b>	Fsol 20-1	0.00	0
		3.33 S	10 S
		63.33 R	100 R
<b>16</b>	Fsol 9-1	0.00	0
		36.66 S	0
		90 R	83.33 R
<b>17</b>	Fsol 25-2	0.00	0
		10 S	16.66 S
		36.66 R	46.66 R
<b>18</b>	Fsol 1	0.00	26.66 I
		63.33 S	26.66 S
		70 R	70 R
<b>19</b>	Fsol 13	0.00	0
		30 S	30 S
		60 R	83.33 R
<b>20</b>	Fsol 4	0.00	0
		40 S	16.66 S

---

		36.66 R	86.66 R
21	Fsol 22	13.33 I	0
		50 S	13.33 S
		40 R	36.66 R
22	Fsol 34	10 I	0
		50 S	63.33 S
		76.66 R	86.66 R
23	Fsol 21	13.33 I	0
		10 S	13.33 S
		46.66 R	66.66 R
24	Fsol 36	3.33 I	0
		50 S	33.33 S
		86.66R	80 R
25	Fsol 38	0.00	0
		13.33 S	20 S

### Conclusiones

- Se encontraron cuatro aislados muy patogénicos desde la emergencia de la planta en los dos genotipos de garbanzo que fueron: Fsol 2-1, Fsol 22-1, Fsol 1-3 y Fsol 3, siendo principalmente de la region sur.
- En el porcentaje de incidencia de la planta adulta se encontraron dos patógenos en los dos genotipos siendo Fsol 2-1 y Fsol 1-3 de la region sur por lo que se puede concluir que los patogenos de *F. solani* se encuentran en la region sur de Baja California Sur por lo que es importante tener un buen manejo de control para estos patógenos o generar variedades resistentes a estos aislados.

### Bibliografía

- García JL, González L, Shagarodsky T (1987) Enfermedades del garbanzo, su importancia y posibles medidas de control. En: Resultados de las investigaciones para el desarrollo presente y futuro del garbanzo en Cuba. VIII FORUM de Ciencia y Técnica, INIFATMINAGRI, Cuba. : 42-52.
- Jiménez-Gasco, M. M.; Navas-Cortés, J. A. y Jiménez-Díaz, R. M. 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
- Jiménez Gasco MM. Caracterización molecular de razas patogénicas de *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* y análisis de su diversidad patog(2001)[Tesis doctoral]. Universidad de Córdoba, España.: 171p.
- Schoonhoven V. A. y M. A. Pastor-Corrales (1987) Sistema Estándar para la Evaluación de Germoplasma de Frijol. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia 56 p
- Tay UJ. Manual para la producción de garbanzo, recomendaciones para la siembra en suelos arcillosos. Chilán, Chile. (2006) Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Boletín INIA No 143: 108.

## ANÁLISIS DE DIVERSIDAD GENÉTICA DE RASGOS MORFO-AGRONÓMICOS EN GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) TIPO DESI POR TÉCNICAS MULTIVARIADAS

Raúl ÁVALOS CASTRO, Erasmo GUTIERRES PÉREZ,  
Claudia M. MELGOZA VILLAGÓMEZ

INIFAP - Campo Experimental Todos Santos/Sitio Experimental Valle de Santo Domingo. Carretera Transpeninsular Km 208, Cd. Constitución, B. C. S.

avalos.raul@inifap.gob.mx

### Resumen

La diversidad genética de ocho genotipos de garbanzo tipo Desi fue estudiada mediante el análisis descriptivo de componentes principales y conglomerados. Se observó un coeficiente de variación amplio en los descriptores de índice de ramificación primaria (IRP), número de cápsulas producidas, vacías y dañadas, granos por cápsula (GPC) y longitud del pico de la cápsula (LPC) y la menor variación en el número de folíolos (NF), largo de la cápsula (LC), ancho de la cápsula (AC), rendimiento de forraje a madurez fisiológica (RFMF), proporción de hoja, peso de 100 semillas (P100S) y calibre. En lo que respecta a las correlaciones entre descriptores de estructura de la planta, los descriptores P100S y calibre mostraron la mayor correlación con otros rasgos evaluados, donde se observó que se asociaron positivamente con el número de folíolos (NF), largo y ancho del folíolo, largo y ancho de cápsula, y tienen una correlación negativa con el largo del pedúnculo a la vaina (LP1) y el número de granos por cápsula (GPC). En lo que respecta a rasgos de producción, la variable con mayor correlación con otros descriptores fue la proporción de tallo, la cual se correlaciona positivamente con la altura de planta. El análisis de componentes principales (CP), para los descriptores de estructura de planta, mostró que los primeros cinco CP explicaron el 94.53 % de la variación, y el CP1 explicó el 45.27 % de la variación. Para los descriptores de producción, el 96.33% de la variación fue explicada por cuatro CP, de los cuales el CP1 explicó el 60.02 % de la variación. Los descriptores de estructura de planta y de producción contenidos en el CP1 coinciden con los rasgos de mayor correlación entre pares de variables. El análisis de conglomerados para rasgos de estructura de planta (20 descriptores) permitió formar dos grupos principales y dos conglomerados; para los genotipos se formaron dos grupos principales y cuatro conglomerados. Para los rasgos de producción (ocho descriptores) permitió formar dos grupos principales y cuatro conglomerados y dos grupos principales con dos conglomerados para los genotipos. Estos resultados pueden usarse en estrategias de mejoramiento para futuros programas de cruzamiento para incrementar el rendimiento y son apropiados para la clasificación de la diversidad entre el germoplasma de garbanzo.

### Introducción

La diversidad genética de las plantas determina su potencial para mejorar la eficiencia y, por lo tanto, su uso para la reproducción, que eventualmente puede resultar en una mejor producción de alimentos (Malik *et al.*, 2014). Adicionalmente, ayuda también a la selección de genotipos parentales de poblaciones aleatorias (Sharifi *et al.*, 2018), entre mayores sean las diferencias entre progenitores, existe una probabilidad mayor de mejorar la característica a seleccionar (Chowdhury *et al.*, 2002). Los criterios para la estimación de la diversidad genética pueden ser diferentes, incluidos los rasgos morfológicos (Upadhyaya *et al.*, 2007). Los rasgos cuantitativos proporcionan una estimación de diversidad genética y taxonómicas; técnicas numéricas que incluyen el componente principal y de conglomerados, se han utilizado con éxito para clasificar y medir el patrón de diversidad genética en el germoplasma (Ghafoor *et al.*, 2001). Se ha observado que los procedimientos de análisis de conglomerados y componentes principales son

eficientes para evaluar diversidad genética en rasgos morfo-agronómicos en garbanzo, y esto ha sido reportado por diversos investigadores (Parameshwarappa *et al.*, 2011; Gupta *et al.*, 2011; Nihal y Adak, 2012; Malik *et al.*, 2014; Sharifi *et al.*, 2018). Por lo anterior, el objetivo del presente estudio fue evaluar la diversidad genética de rasgos morfo-agronómicos en genotipos de garbanzos tipo *Desi*.

### Materiales y métodos

Se evaluaron ocho genotipos de garbanzo tipo *Desi* (Cuadro 1) en instalaciones del Sitio Experimental Valle de Santo Domingo del INIFAP en Baja California Sur durante el ciclo agrícola 2019/2020. La parcela experimental se estableció como un diseño en bloques al azar con tres repeticiones, donde la distancia de siembra considerada fue de 0.80 m entre surcos y se depositaron 15 semillas por metro, las parcelas midieron 4.8 m de ancho y 5 m de largo. El control de maleza se hizo con oxifluorfen a dosis de 240 g de i.a. ha<sup>-1</sup> en pre siembra e incorporado al momento del riego. La semilla se trató con carboxim + tiram a dosis de 80 g por cada 100 kilogramos de semillas. Los riegos se aplicaron con cinta de goteo a una presión estimada de 11 libras/pulgada<sup>-2</sup> con goteros a 20 cm de separación y calibre 6 milésimas. La lámina de riego total fue de 35 cm. Se aplicó la dosis de fertilización 120 – 70 – 00 (NPK), utilizando como fuentes el UAN 32<sup>®</sup> y ácido fosfórico. El nitrógeno se fraccionó en partes iguales y fue aplicado a los 15, 30 y 50 días después de la siembra; todo el fósforo se aplicó a los 15 días después de la siembra.

**Cuadro 1. Líneas y variedades de genotipos de garbanzo tipo *desi* evaluados.**

No.	Líneas/variedades	Origen
1	ICC - 1273	ICRISAT
2	ICC - 3287	ICRISAT
3	ICC - 6671	ICRISAT
4	ICC - 10981	ICRISAT
5	El Patrón	INIFAP
6	Lerma	INIFAP
7	Pénjamo	INIFAP
8	San Antonio 05	INIFAP

Los datos de los descriptores morfológicos se registraron de siete plantas seleccionadas al azar de cada repetición, dando un total de 21 plantas por genotipo (n=168). Las variables morfológicas de los genotipos se evaluaron con base en lineamientos establecidos por la UPOV (2005). En total se revisaron 26 descriptores cuantitativos, 18 de estructura de la planta y ocho de producción. Los rasgos incluidos, medidos en centímetros (cm), fueron altura de planta (AP), altura de inserción de la primera flor (AIF) y diámetro de la rama principal (DRP); el índice de ramificación primaria (IRP), foliolos (NF), cápsulas por planta (NCP), cápsulas vacías (NCV), cápsulas dañadas (NCD) y granos por cápsula (NGC) fueron medidos en número; la longitud de hoja (LH), ancho de hoja (AH), longitud de foliolo (LF), ancho de foliolo (AF), largo del pedúnculo a la rama (LP1), longitud de pedúnculo a la cápsula (LP2), largo de cápsula (LC), ancho de cápsula (AC) largo de punta de cápsula (LPC), largo del pico de cápsula (LPC) y calibre de grano fueron medidos en milímetros (mm); el rendimiento de campo (RC), rendimiento de forraje seco a floración (RFSF) y rendimiento de forraje a madurez fisiológica (RFMF) en toneladas por hectárea

(t ha<sup>-1</sup>); el tallo, hojas e índice de cosecha (IC) se midieron como porcentaje (%) del peso seco a madurez fisiológico y el peso de 100 semillas (P100S) en gramos (g). Los coeficientes de correlación de Pearson y los métodos multivariados de componentes principales y conglomerados fueron realizados con el paquete estadístico SAS (2014).

### Resultados y discusión

Los resultados con respecto a la estadística descriptiva para los 26 rasgos cuantitativos revelaron una diversidad considerable para estos rasgos. Se observaron coeficientes de variación amplios en los descriptores IRP, NCP, NCV, NCD, GPC y LPC. Coeficientes de variación medios en AP, DRP, AIF, LH, AH, LF, AF, LP1, LP2, RFSF, proporción de tallo, IC y RG. Variación pequeña se observó para los rasgos de NF, LC, AC, RFMF, proporción de hoja, P100S y calibre (Cuadro 2). Malik *et al.* (2014) observaron valores de amplio rango y altas variaciones para altura de planta, semillas por planta, rendimiento biológico y el índice de cosecha. Ghafoor *et al.* (2003) también informaron valores más altos de varianzas para altura de planta y rendimiento biológico en diferentes colecciones de garbanzos, Malik *et al.* (2010) y Khan *et al.* (2011) indican la importancia de estos rasgos en la mejora del rendimiento.

Los coeficientes de correlación entre las medias de los 18 rasgos cuantitativos también se estimaron para los ocho genotipos de garbanzo *Desi* y se muestran en el Cuadro 3. La AP mostró una correlación positiva y significativa ( $p < 0.05$ ) con DRP, AIF y LH, pero negativa con el IC. La DRP mostro una correlación positiva y altamente significativa ( $p < 0.01$ ) con AIF y esta última con AC. El LH mostró una correlación negativa con el IC. El AH mostró una correlación altamente significativa con el LF y AF. El NF presentó una correlación negativa con los GPC, pero positiva y altamente significativa con el P100S y calibre. El LF presentó una correlación positiva significativa con AF y P100S. El AF presentó una correlación positiva con el P100S y calibre. El LP2 presentó la mayor correlación con otras variables, principalmente y de manera negativa con LC, AC, LPC, P100S, calibre y de manera positiva con GPC. El LC tiene una correlación positiva con el AC, LPC, P100S y calibre. El AC tiene una correlación altamente significativa ( $p < 0.01$ ) con el LPC y significativa con P100s y calibre. El número de GPC se relaciona de manera negativa con el P100S y calibre. El RC tiene una correlación positiva y altamente significativa con el IC. El P100S presentó la mayor correlación con el calibre (0.96). Sharifi *et al.* (2018) observaron una correlación positiva entre el rendimiento de semillas, vainas por planta, ancho del dosel de la planta, índice de cosecha y rendimiento biológico.

Se realizó un análisis de componentes principales (CP) para resumir la información significativa de los datos para los rasgos de estructura de planta (Cuadro 4). Los CP también reducen el número de rasgos responsables del porcentaje máximo de variación general de los datos experimentales. En el análisis, el 94.53 % de la variación total es explicada por cinco CP. El CP1 explicó el 45.27 % de la variación total, donde las principales variables que la integran son el AC, P100S, calibre, AIF, LC, NF, LF, AF y de manera negativa el LP2 y el IC. El CP2 agregó el 17.15 % de la variación total y los rasgos con mayor contribución en este componente fueron el NCP y el DRP de manera positiva y el LP1 y el número de GPC de manera negativa. El tercer CP se relacionó principalmente con LH, AP, RC, IC y de manera negativa con LH y LP2 el cual agrego el 15.83% de la variación. El cuarto CP se relacionó positivamente con IRP y GPC. El quinto CP se relacionó positivamente con el IRP, el AF y LP2. Malik *et al.* (2014) al evaluar la diversidad

genética de 113 genotipos de garbanzos tipo *Desi* observaron que el análisis de componentes principales reveló que los primeros cuatro componentes representaron el 71.99 % de la variación total. El rendimiento de semilla, rendimiento biológico, número de vainas por planta, número de ramas secundarias y altura de planta mostraron relación positiva con el primer componente. El peso de 100 semillas mostró una correlación positiva con el segundo componente.

**Cuadro 2. Estadística descriptiva de 26 descriptores cuantitativos en ocho genotipos de garbanzo tipo *Desi*.**

Descriptores	Unidad de medida	Media $\pm$ EE	CV
<b>Estructura de la planta</b>			
Índice de ramificación primaria (IRP)	número	2.91 $\pm$ 1.1	36.8
Altura de planta (AP)	cm	79.43 $\pm$ 8.6	10.9
Diámetro de la rama principal (DRP)	cm	11.05 $\pm$ 2.2	20.3
Altura de inserción a la primera flor (AIF)	cm	35.58 $\pm$ 7.4	20.8
Longitud de hoja (LH)	mm	7.21 $\pm$ 0.7	10.6
Ancho de hoja (AH)	mm	3.34 $\pm$ 0.4	11.8
Número de folíolos (NF)	número	12.36 $\pm$ 1.1	9.2
Largo del folíolo (LF)	mm	1.61 $\pm$ 0.2	12.7
Ancho del folíolo (AF)	mm	1.02 $\pm$ 0.1	13.2
Pedúnculo a la rama (LP1)	mm	16.21 $\pm$ 2.5	15.5
Pedúnculo a la cápsula (LP2)	mm	12.94 $\pm$ 1.4	10.8
Número de cápsulas (NCP)	número	95.89 $\pm$ 47.9	49.9
Número de cápsulas vacías (NCV)	número	40.04 $\pm$ 23.8	59.6
Número de cápsulas dañadas (NCD)	número	5.36 $\pm$ 6.4	119
Largo de la cápsula (LC)	mm	20.23 $\pm$ 1.6	8.4
Ancho de cápsula (AC)	mm	10.43 $\pm$ 0.4	8.1
Granos por cápsula (GPC)	número	1.42 $\pm$ 0.5	33.1
Largo del pico de la cápsula (LPC)	mm	2.32 $\pm$ 0.8	37.9
<b>Producción</b>			
Rendimiento de forraje a floración (RFSF)	t ha <sup>-1</sup>	2.95 $\pm$ 0.15	14.7
Rendimiento de forraje en madurez fisiológica (RFMF)	t ha <sup>-1</sup>	11.22 $\pm$ 0.37	9.4
Tallo	%	41.45 $\pm$ 2.25	15.4
Hoja	%	27.75 $\pm$ 0.86	8.8
Índice de cosecha (IC)	%	30.78 $\pm$ 1.95	17.9
Rendimiento de Grano (RC)	t ha <sup>-1</sup>	3.41 $\pm$ 0.14	11.56
Peso de 100 semillas (P100S)	g	24.23 $\pm$ 1.2	5.2
Calibre	mm	6.74 $\pm$ 0.5	7.1

*EE= error estándar; CV= coeficiente de variación.*

El análisis de conglomerados forma grupos de genotipos sobre una base de rasgos morfo genéticos. El análisis agrupó por rasgos morfoagronómicos en dos grupos principales (A y B) y



dos conglomerados (Figura 1a) el grupo A incluye solo a NCP, el conglomerado I de B incluyó a AIF y AP mientras que el II B al resto de los descriptores. Los genotipos se dividieron en dos grupos principales (A y B) y estos en cuatro conglomerados (Figura 1b); el conglomerado I incluyó a los genotipos El Patrón, ICC – 6671 y San Antonio 05 que se caracterizaron por tener el mayor DRP, LC, LPC , el II a las líneas ICC – 3287, ICC – 1273 y al ICC – 10981 quienes poseen el mayor LP2, NCP, GPC y el IC; el conglomerado III incluyó a Lerma, quien posee el mayor NF, AF, AC, P100S y calibre; el conglomerado IV incluye a Pénjamo, el cual posee el mayor IRP, AP, AIF, LH, AH, LF, LP1 y RC (Cuadro 5).

**Cuadro 3. Coeficiente de correlación entre 18 descriptores cuantitativos.**

	DRP	AIF	LH	AH	NF	LF	AF	LP1	LP2	LC	AC	GPC	LPC	RC	IC	P100S	Calibre
AP	0.75*	0.75*	0.76*	0.27	0.36	0.38	0.02	-0.04	-0.41	0.26	0.48	-0.32	0.24	-0.62	-0.77*	0.23	0.13
DRP	1.00	0.87*	0.62	0.28	0.68	0.45	0.17	-0.21	-0.54	0.40	0.49	-0.64	0.21	-0.35	-0.69	0.53	0.39
AIF	1.00	1.00	0.44	0.51	0.57	0.57	0.34	0.05	-0.71	0.65	0.78*	-0.53	0.52	-0.25	-0.55	0.58	0.47
LH	1.00	1.00	1.00	0.42	0.40	0.57	0.22	-0.06	0.07	-0.02	0.09	-0.14	-0.07	-0.70	-0.76*	0.22	0.11
AH	1.00	1.00	1.00	1.00	0.31	0.95*	0.83*	0.65	-0.15	0.39	0.52	-0.16	0.47	-0.40	-0.34	0.56	0.48
NF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.57	0.56	-0.31	-0.66	0.66	0.59	-0.73*	0.42	-0.38	-0.58	0.88**	0.88**
LF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.87*	0.43	-0.26	0.48	0.56	-0.33	0.47	-0.53	-0.52	0.73*	0.65
AF	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.33	-0.26	0.48	0.48	-0.32	0.40	-0.26	-0.17	0.72*	0.77*
LP1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.06	0.03	0.26	0.04	0.41	-0.29	-0.10	0.13	0.02
LP2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-	-0.89**	0.73*	-0.74*	0.17	0.38	-0.71*	-0.72*
LC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.83*	1.00	0.91**	-0.40	0.88**	-0.07	-0.25	0.78*	0.77*
AC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.54	0.91**	-0.30	-0.44	0.77*	0.72*
GPC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.34	0.39	0.59	-0.74*	-0.71*
LPC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.28	-0.34	0.70	0.64
RC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.89**	-0.41	-0.33
IC	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	-0.54	-0.39
P100S	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.96**
Calibre	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

AP= altura de planta; AIF= altura de inserción de la primera flor; DRP= diámetro de la rama principal; IRP= índice de ramificación primaria; LH longitud de hoja; AH= ancho de hoja; NF= número de foliolos; LF= longitud de foliolo; AF= ancho de foliolo; LP1= largo del pedúnculo a la rama; LP2= longitud de pedúnculo a la cápsula; NCP= número de cápsulas por planta; NCV número de cápsulas vacías; NCD= número de cápsulas dañadas; LC= largo de cápsula; AC= ancho de cápsula; LPC= largo de punta de cápsula; GPC= granos por cápsula; LPC= largo del pico de cápsula; RC= rendimiento de campo; IC= índice de cosecha; P100S= peso de 100 semillas; \* = significativo al 0.01, \*\* = significativo al 0.05.

**Cuadro 4. Componentes principales a partir de 18 descriptores morfoagronómicos de garbanzo.**

	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
Valores propios	9.51	3.60	3.32	1.87	1.55
Varianza explicada (%)	45.27	17.15	15.83	8.93	7.37
Varianza acumulada (%)	45.27	62.42	78.24	87.17	94.53
	<i>Vector propio</i>				
IRP	0.13	0.16	0.09	0.50	0.38
AP	0.19	0.10	-0.36	0.25	-0.12
DRP	0.23	0.27	-0.20	0.06	0.08
AIF	0.27	0.12	-0.08	0.24	-0.01
LH	0.15	0.00	-0.44	0.02	0.28
AH	0.22	-0.32	-0.04	-0.05	0.22
NF	0.26	0.21	0.06	-0.16	0.20
LF	0.26	-0.22	-0.06	-0.11	0.29
AF	0.21	-0.21	0.14	-0.23	0.36
LP1	0.06	-0.44	-0.01	-0.10	-0.28
LP2	-0.24	-0.19	-0.19	-0.09	0.31
NCP	-0.10	0.35	0.29	-0.27	0.13
LC	0.26	0.03	0.27	0.24	-0.03
AC	0.29	-0.02	0.15	0.18	-0.22
GPC	-0.21	-0.24	-0.03	0.37	0.23
LPC	0.24	-0.14	0.21	0.18	-0.30
RC	-0.18	0.12	0.33	0.22	0.19
IC	-0.23	-0.06	0.33	0.12	0.17
P100S	0.29	0.03	0.15	-0.21	0.04
Calibre	0.27	0.04	0.22	-0.23	0.08

AP= altura de planta; AIF= altura de inserción de la primera flor; DRP= diámetro de la rama principal; IRP= índice de ramificación primaria; LH longitud de hoja; AH= ancho de hoja; NF= número de folíolos; LF= longitud de foliolo; AF= ancho de foliolo; LP1= largo del pedúnculo a la rama; LP2= longitud de pedúnculo a la cápsula; NCP= número de cápsulas por planta; NCV número de cápsulas vacías; NCD= número de cápsulas dañadas; LC= largo de cápsula; AC= ancho de cápsula; LPC= largo de punta de cápsula; GPC= granos por cápsula; LPC= largo del pico de cápsula; RC= rendimiento de campo; IC= índice de cosecha; P100S= peso de 100 semillas.

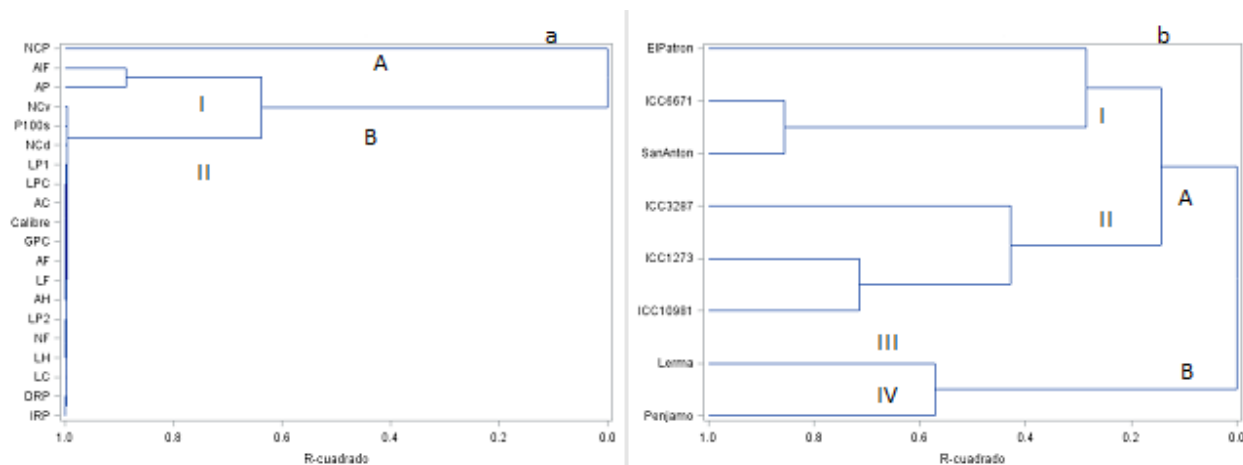


Figura 1. Análisis de conglomerados de 20 descriptores morfoagronómicos (a) en ocho genotipos de garbanzo tipo *Desi* (b).

Cuadro 5. Estadística descriptiva de los rasgos de estructura de planta de ocho genotipos de garbanzo tipo *Desi* agrupados en cuatro conglomerados.

Descriptor	Conglomerado I (tres genotipos)		Conglomerado II (tres genotipos)		Conglomerado III (un genotipo)		Conglomerado IV (un genotipo)	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE	Media	EE
IRP <sup>1</sup>	2.85	0.12	2.95	0.15	2.47	0.27	3.38	0.24
AP <sup>2</sup>	83.15	1.42	74.09	1.16	77.28	1.26	86.3	4.01
DRP <sup>2</sup>	11.30	0.26	10.75	0.32	10.85	0.54	11.3	0.38
AIF <sup>2</sup>	38.53	0.89	30.11	1.18	35.57	1.54	43.05	2.06
LH <sup>3</sup>	7.20	0.13	7.19	0.09	6.94	0.13	7.60	0.13
AH <sup>3</sup>	3.34	0.06	3.28	0.04	3.39	0.09	3.51	0.06
NF <sup>1</sup>	12.35	0.15	12.34	0.17	12.57	0.23	12.29	0.17
LF <sup>3</sup>	1.61	0.03	1.57	0.02	1.64	0.05	1.71	0.04
AF <sup>3</sup>	0.98	0.02	0.99	0.01	1.11	0.04	1.10	0.04
LP1 <sup>3</sup>	16.54	0.36	15.65	0.28	16.47	0.54	16.62	0.58
LP2 <sup>3</sup>	12.67	0.17	13.34	0.20	12.44	0.34	13.11	0.19
NCP <sup>1</sup>	91.50	6.41	104.66	6.39	102.29	11.67	76.62	7.62
LC <sup>3</sup>	20.85	0.21	19.54	0.37	20.71	0.55	19.98	0.41
AC <sup>3</sup>	10.86	0.11	9.88	0.14	10.95	0.21	10.31	0.15
GPC <sup>1</sup>	1.34	0.06	1.53	0.07	1.19	0.08	1.52	0.11
LPC <sup>3</sup>	2.56	0.12	2.08	0.12	2.42	0.21	2.24	0.21
RC <sup>4</sup>	3.28	0.31	3.53	0.11	3.29	0.18	3.56	0.17
IC <sup>5</sup>	27.71	2.43	33.09	1.44	31.49	1.77	32.42	2.64
P100S <sup>6</sup>	25.26	0.56	22.19	0.79	27.95	0.27	23.53	0.16
Calibre <sup>3</sup>	6.68	0.08	6.55	0.12	7.59	0.13	6.60	0.08

AP= altura de planta; AIF= altura de inserción de la primera flor; DRP= diámetro de la rama principal; IRP= índice de ramificación primaria; LH longitud de hoja; AH= ancho de hoja; NF= número de foliolos; LF= longitud de foliolo; AF= ancho de foliolo; LP1= largo del pedúnculo a la rama; LP2= longitud de pedúnculo a la cápsula; NCP= número de cápsulas por planta; NCV número de cápsulas vacías; NCD= número de cápsulas dañadas; LC= largo de cápsula; AC= ancho de cápsula; LPC= largo de punta de cápsula; GPC= granos por cápsula; LPC= largo del pico de cápsula; RC= rendimiento de campo; IC= índice de cosecha; P100S= peso de 100 semillas; EE= error estándar. <sup>1</sup>= en número; <sup>2</sup>= en centímetros; <sup>3</sup>= en milímetros; <sup>4</sup>= en t ha<sup>-1</sup>; <sup>5</sup>= en gramos.

Los análisis de coeficientes de correlación para los rasgos de producción se presentan en el Cuadro 6. Se observó que existe una correlación positiva (0.76) y significativa ( $p < 0.05$ ) entre la

altura de planta y las variables de rendimiento forrajero, principalmente con la proporción de tallo (0.83). El RFMF tiene una correlación negativa (-0.87) con el IC y positiva con la proporción de tallo (0.83). El RG tiene una correlación positiva alta (0.90) con el IC y negativa con la proporción de tallo (-0.83). Para el IC se observó una correlación negativa alta con la proporción del tallo; en lo que respecta al calibre y el P100S se observó la mayor correlación entre variables (0.96).

**Cuadro 6. Coeficiente de correlación de ocho descriptores de producción para ocho genotipos de garbanzo tipo Desi evaluados.**

	RFSF	RFMF	RC	IC	Tallo	Hoja	P100S	Calibre
AP	0.76*	0.74*	-0.47	-0.66	0.83**	-0.66	0.42	0.31
RFMF		1.00	-0.58	-0.87**	0.83**	-0.20	0.45	0.27
RC			1.00	0.90**	-0.83**	0.13	-0.42	-0.33
IC				1.00	-0.93**	0.15	-0.54	-0.39
Tallo					1.00	-0.52	0.48	0.36
Hoja						1.00	-0.03	-0.05
P100S							1.00	0.96**

AP= altura de planta; RFF= rendimiento de forraje a floración; RFMF= rendimiento de forraje a madurez fisiológica; IC= índice de cosecha; \*\*= significativo al 0.01, \*= significativo al 0.05.

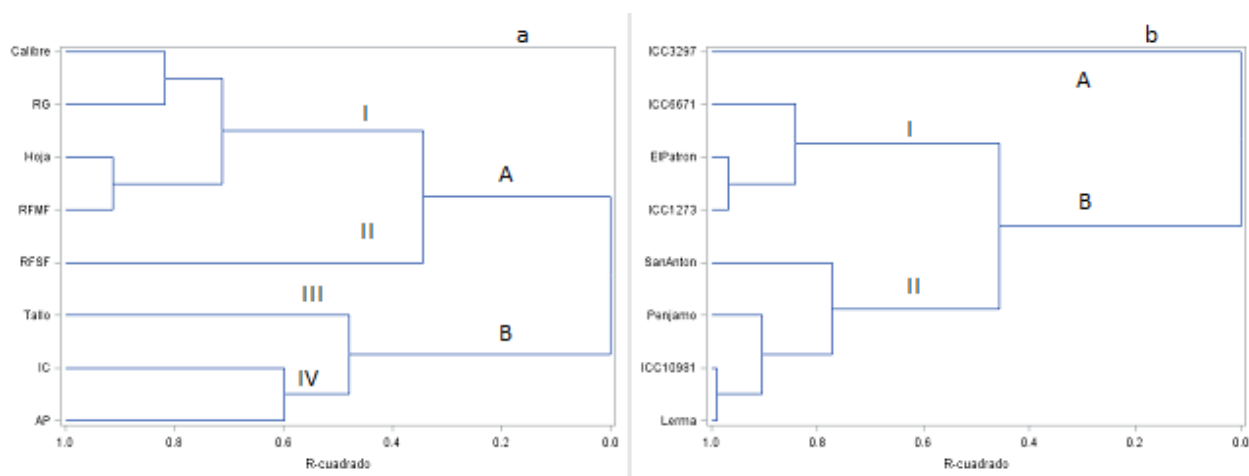
En el análisis de componentes principales, cuatro CP explicaron el 96.33 % de la variación total, del cual el 60.02 % de la variación fue explicada por el CP1, donde las principales variables que la integran fueron la proporción de tallo, RFMF, AP, y de manera negativa por el IC y RC. El CP2 explicó el 17.41 % y los rasgos con mayor contribución fueron el calibre, P100S y la proporción de hoja. El CP3 incluyó el RC y de forma negativa la proporción de hoja. El cuarto CP se relacionó positivamente con RFV, RFMF y el RC (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Componentes principales de nueve descriptores de producción de los genotipos de garbanzo tipo Desi evaluados.**

	CP1	CP2	CP3	CP4
Valores propios	5.40	1.56	1.09	0.61
Varianza explicada (%)	60.02	17.41	12.17	6.74
Varianza acumulada (%)	60.02	77.43	89.60	96.33
	<i>Vector propio</i>			
AP	0.36	-0.27	0.32	0.25
RFSF	0.35	0.17	0.17	0.53
RFMF	0.37	-0.14	-0.21	0.41
RC	-0.33	0.06	0.44	0.47
IC	-0.39	0.06	0.37	0.07
Tallo	0.40	-0.23	-0.08	-0.20
Hoja	-0.16	0.48	-0.62	0.37
P100S	0.31	0.52	0.19	-0.11
Calibre	0.25	0.57	0.28	-0.29

AP= altura de planta; RFSF= rendimiento de forraje a floración; RFMF= rendimiento de forraje a madurez fisiológica; IC= índice de cosecha (IC), RC= rendimiento de grano en campo; P100S= peso de 100 semillas.

El análisis de conglomerados para los ocho descriptores de producción se dividió en dos grupos principales (A y B) y cuatro conglomerados (Figura 2a) el grupo A se divide en dos (I y II) el I se conformó por los descriptores calibre, RC, proporción de hoja y RFMF. El conglomerado II solo integró al RFSF. El conglomerado III incluye solo el descriptor proporción de tallo. El conglomerado IV se conformó por el IC y la AP. El análisis de conglomerados para los ocho genotipos (Figura 2b) se conformó por dos grupos principales (A y B) y dos conglomerados (I y II). El grupo A solo estuvo integrado por la línea ICC – 3287, que presentó el mayor RC, IC y proporción de hoja. El conglomerado I contiene tres genotipos (ICC – 6671, El Patrón y el ICC – 1273) quienes en promedio poseen la mayor AP, RFSF, RFMF y proporción de tallo; el conglomerado II comprende cuatro genotipos (San Antonio 05, Pénjamo, ICC – 10981 y Lerma) los cuales poseen en promedio el mayor P100S y calibre (Cuadro 8).



**Figura 2. Análisis de conglomerados de ocho descriptores de producción (a) y genotipos (b) de garbanzos tipo *Desi*.**

**Cuadro 8. Estadística descriptiva de los rasgos de producción de ocho genotipos de garbanzo tipo *Desi* agrupados en dos grupos principales y dos conglomerados.**

Descriptor	Grupo A (un genotipo)		Conglomerado I (tres genotipos)		Conglomerado II (cuatro genotipos)	
	Media	EE	Media	EE	Media	EE
AP (cm)	37.00	1.15	51.00	1.94	47.25	1.39
RFSF (t ha <sup>-1</sup> )	2.08	0.31	3.22	0.22	2.98	0.12
RFMF (t ha <sup>-1</sup> )	10.57	0.88	12.13	0.55	10.71	0.38
RC (t ha <sup>-1</sup> )	3.59	0.31	3.41	0.27	3.37	0.14
IC (%)	33.97	0.33	28.37	2.33	31.81	1.48
Tallo (%)	35.49	2.82	43.83	2.91	41.16	1.65
Hoja (%)	30.54	3.11	27.79	1.04	27.03	1.11
P100S (g)	17.68	0.23	25.21	0.52	25.25	0.56
Calibre (mm)	5.82	0.14	6.81	0.09	6.93	0.08

AP= altura de planta; RFSF= rendimiento de forraje a floración; RFMF= rendimiento de forraje a madurez fisiológica; IC= índice de cosecha (IC), RC= rendimiento de grano en campo; P100S= peso de 100 semillas; EE= error estándar

## Conclusiones

- Los descriptores que presentaron una mayor variación fueron el índice de ramificación primaria, el número de cápsulas producidas, vacías y dañadas, granos por cápsula y la longitud del pico de la cápsula y la menor variación con el número de foliolos, largo de la cápsula, ancho de la cápsula, rendimiento de forraje a madurez fisiológica, proporción de hoja, peso de 100 semillas y calibre de grano.
- Los coeficientes de correlación entre pares de descriptores revelan los principales rasgos contenidos en los componentes principales que más explican la variación.
- La proporción de tallo es el rasgo que más influye en los descriptores de producción, de manera positiva con el rendimiento de forraje a madurez fisiológica y de manera negativa con el rendimiento de campo y el índice de cosecha.
- El análisis de conglomerados permitió agrupar por característica de descriptores los rasgos y genotipos que más difieren y se parecen entre sí, los cuales muestran la probable hibridación de genotipos entre conglomerados que podría conducir a un aumento de la heterosis en programas de cruzamiento.
- Se necesitan más años de estudio para que estos resultados pueden usarse como estrategia de mejoramiento en futuros cruzamientos para mejorar el rendimiento y sean apropiados para la clasificación de la diversidad entre el germoplasma de garbanzo.

## Agradecimientos

Al Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del estado de Baja California Sur por su apoyo al presente a través del proyecto: BCS-2018-02-0188466.

## Literatura citada

- Chowdhury, M.A., B. Vandenberg and T. Warkentin, 2002. Cultivar identification and genetic relationship among selected breeding lines and cultivars in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Euphytica*, 127: 317–325.
- Ghafoor, A., A. Sharif, Z. Ahmad, M.A. Zahid and M.A. Rabbani, 2001. Genetic diversity in Blackgram (*Vigna mungo* (L.) Hepper). *Field Crops Res.*, 69: 183–190.
- Ghafoor, A., F.N. Gulbaaz, M. Afzal, M. Ashraf and M. Arshad, 2003. Inter-relationship between SDS-PAGE markers and agronomic traits in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pak. J. Bot.*, 35: 613–624.
- Gupta, D., H.C. Sharma, P. Pathania, S. Pande, L. Clements and I. Bala, 2011. Evaluation of cultivated chickpea (*Cicer arietinum* L.) for agro-morphological traits and resistance to rust in North western Indian Himalaya. *Plant Dis. Res.*, 26: p. 171
- Khan, R., F. Ullah and H. Khan, 2011. Dissection of Genetic Variability and Heritability Estimates of Chickpea Germplasm for Various Morphological Markers And Quantitative Traits. *Sarhad J. Agric.*, 27: 67–72.
- Malik, S.R., Bakhsh, A., M.A. Asif, U. Iqbal and S.M. Iqbal, 2010. Assessment of genetic variability and interrelationship among some agronomic traits in chickpea. *Int. J. Agric. Biol.*, 12: 81–85.
- Malik, S.R., G. Shabbir, M. Zubir, S.M. Iqbal and A. Ali, 2014. Genetic diversity analysis of morpho-genetic traits in Desi chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Int. J. Agric. Biol.*, 16: 956–960.
- Nihal, K. and M.S. Adak, 2012. Associations of Some Characters with Grain Yield in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Pak. J. Bot.*, 44: 267–272.
- Parameshwarappa, S.G., P.M. Salimath, H.D. Upadhyaya, S.S. Patil and S.T. Kajjidoni, 2011. Genetic Divergence under three environments in a minicore collection of Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Ind. J. Plant Gene. Res.*, 24: 177–185

- Sharifi, P. Astereki H. Pouresmael M. 2018 Evaluation of variations in chickpea (*Cicer arietinum* L) yield and yield components by multivariate technique. *Annals of Agrarian Science* 16: 136 – 142.
- Upadhyaya, H.D., S.L. Dwivedi, C.L.L. Gowda and S. Singh. 2007. Identification of diverse germplasm lines for agronomic traits in a chickpea (*Cicer arietinum* L.) core collection for use in crop improvement. *Field Crops Res.*, 100: 320–326.
- UPOV, 2005. Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Homogeneity and Stability of *Cicer arietinum* L. [http://www.upov.int/index\\_en.html](http://www.upov.int/index_en.html)
- SAS, 2014. SAS-Statistical Analysis Software for Windows Versión 9.3. Cary, NC: SAS Inst. Inc.



## CIENCIA DE DATOS PARA EL PRONÓSTICO DEL MILDIU VELLOSO (*Peronospora ciceris*) DEL GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) USANDO DATOS METEOROLÓGICOS

Víctor Manuel RODRÍGUEZ-MORENO<sup>1</sup>, Jorge Ernesto MAURICIO RUVALCABA<sup>1</sup>, José GRAGEDA GRAGEDA<sup>2</sup>, Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>INIFAP. Campo Experimental Pabellón. Pabellón de Arteaga, Aguascalientes.

<sup>2</sup>INIFAP. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora.

<sup>3</sup>INIFAP. Sitio Experimental Valle de Santo Domingo. Cd. Constitución, B.C.S.  
rodriguez.victor@inifap.gob.mx

### Resumen

Se evaluaron dos series de tiempo de entrenamiento y de prueba para alimentar técnicas de ciencia de datos y generar el pronóstico de presencia ó ausencia de mildiu velloso en garbanzo. La serie de entrenamiento correspondió a datos diarios de doce variables meteorológicas (2017-2019) mientras que la serie de prueba a datos de incidencia de la enfermedad, en lotes de producción de garbanzo durante el ciclo de producción otoño-invierno 2018-2019. No hubo traslape entre series de tiempo. La técnica de máquinas de soporte vectorial (SVM-*support vector machines*) y un conjunto de éstas que incluyeron el algoritmo de *boosting* que resultaron con mejoras notables en la numeralia del tratamiento de las series de tiempo. Las métricas estadísticas que avalan los modelos de pronóstico para presencia o ausencia de la enfermedad evidenciaron una notable discrepancia. SVM parece ser la mejor alternativa para pronosticar presencia o ausencia de la enfermedad al relacionar mejor los factores meteorológicos con incidencia en campo. Sin embargo el tratamiento de los datos y su numeralia asociada arrojaron mejores resultados para las técnicas de *boosting* lo que abre la oportunidad de plantearse nuevas preguntas de investigación sobre la confiabilidad del pronóstico de la enfermedad.

**Palabras clave:** datos, SVM, boosting, clima, mildiu velloso.

### Introducción

El cultivo de garbanzo es una opción de entre la gama de especies leguminosas, de acceso a una fuente de proteína vegetal a un costo relativamente bajo. Los requerimientos de agua del cultivo no sobrepasan el 60% del agua disponible durante la etapa de crecimiento y desarrollo, y el 40% en la etapa de floración (Desta *et al.*, 2015). Las curvas fenológicas de las especies cultivadas y de los organismos plaga (insectos, animales, bacterias, hongos y fitoplasmas) están influenciadas por factores meteorológicos, disponibilidad de agua en el suelo, cantidad de nutrientes en el suelo y sus propiedades físicas y estructurales, que en conjunto determinan su capacidad de retención de humedad. Los efectos evidentes en las curvas bióticas de los organismos son el tiempo de infección y su tasa de virulencia.

La capacidad de infectar de los patógenos decrece cuando el contenido de humedad alcanza el 40% de cobertura del área foliar (Oerke *et al.*, 2006). En garbanzo la sintomatología del mildiu velloso se muestra como la aparición de manchas cloróticas difusas, que posteriormente llegan a cubrirla de forma completa. Si prevalecen condiciones de temperatura entre 20 - 24 ° C y humedad relativa superior a 85%, son favorables para su desarrollo (Carrillo-Fasio *et al.*, 2012) y avanza de manera progresiva.

En años recientes, los conceptos ciencia de datos (*data science*), minería de datos (*data mining*), grandes datos (*big data*), máquinas de aprendizaje (*machine learning*) e inteligencia artificial, se han convertido en terminología de lenguaje cotidiano en la generación de conocimientos. Ciencia de datos involucra un proceso de interdisciplinariedad de acciones de investigación, análisis de datos multivariantes y la generación de pronóstico de datos sobre el valor esperado de la(s) variable(s) dependientes. El esquema tradicional para comprender la compleja relación ambiental con la manifestación de plagas y enfermedades y pronosticar su presencia, se hacía a través de regresión múltiple.

Algunas investigaciones han concluido sobre la dificultad de relacionar un valor cuantitativo entre el clima y la infección de los organismos patógenos (Davis 1987). Chakraborty y Billard (1995) reportaron que un modelo de regresión fue inefectivo en pronosticar eventos infecciosos en un estudio con dos años de datos de campo. La aplicación de la familia de técnicas de inteligencia artificial en redes neuronales han demostrado avances extraordinarios en obtener modelos robustos para el pronóstico de enfermedades; sin embargo, requieren de un gran número de iteraciones para converger en la solución deseada (Kaundal *et al.*, 2006).

En esta propuesta se utilizan varias técnicas de ciencia de datos para evaluar sus capacidades de enlazar bases de datos meteorológicos (base de datos de entrenamiento) y datos de campo de incidencia de la enfermedad por mildiu veloso en garbanzo (base de datos de prueba). El objetivo es generar modelos de pronóstico binarios que intuyan la presencia o ausencia del agente causal de la enfermedad.

### **Materiales y métodos**

Se evaluaron dos bases de datos, una de entrenamiento y otra de prueba. La base de datos de entrenamiento es una serie de tiempo tri-anual (2017-2019) de datos diarios de doce variables meteorológicas. La base de datos de prueba son los datos de campo de incidencia de mildiu veloso durante el ciclo de producción otoño invierno 2018-2019. No hubo traslape entre las series de tiempo. Las variables meteorológicas fueron: temperatura de punto de rocío, lluvia, humedad relativa (promedio, máxima y mínima), humedad del suelo (0-10 y 10-40 cm), temperatura del aire (promedio, máxima y mínima), y temperatura del suelo (0-10 y 10-40 cm).

El modelo general del pronóstico es sobre la variable dependiente, incidencia del patógeno. Se evaluaron siete técnicas de aprendizaje: máquinas de soporte vectorial (SVM-*support vector machine*), regresión logística (LR-*logistic regression*), bosques aleatorios (RF-*random forest*), redes neuronales (NN-*neural network*), *extreme gradient boosting* (XGB), *naive Bayes* (NB), y *boost classifier* (BC). SVM es un algoritmo de clasificación binario donde se disponen de  $n$  observaciones cada una con  $p$  predictores y cuya variable de respuesta tiene dos niveles, +1 (presencia) y -1 (ausencia). LR es un algoritmo de clasificación binaria donde sus salidas son similares en escala a SVM, 0=ausencia y 1=presencia. Según Amat (2020) un modelo RF está formado por un conjunto (ensamble) de árboles de decisión individuales, cada uno entrenado con una muestra aleatoria extraída de los datos de entrenamiento originales mediante *bootstrapping*. Esto implica que cada árbol se entrena con unos datos ligeramente distintos (Amat, 2020). En cada árbol individual, las observaciones se van distribuyendo por bifurcaciones (nodos) generando la estructura del árbol hasta alcanzar un nodo terminal (Amat, 2020). La predicción de una nueva observación se obtiene agregando las predicciones de todos los árboles individuales que forman el modelo (Amat, 2020). NN son sistemas de cómputo

inspirados por, pero no idénticos, por redes neuronales biológicas que constituyen el cerebro animal (Davis, 2020).

Estos sistemas aprenden a ejecutar tareas sin haber sido programadas en específico (Davis, 2020). XGB es un algoritmo de clasificación supervisado basado en *boosting* cuyo principio es generar múltiples modelos de predicción “débiles” secuencialmente, y que cada uno de estos tome los resultados del modelo anterior, para generar un modelo más “fuerte”, con mejor poder predictivo y mayor estabilidad en sus resultados (Mendoza-Vega, 2020). NB es un algoritmo de aprendizaje supervisado que asume a los predictores como independientes y que no tienen correlación entre sí. BC es un método de ensamble que mejora el modelo de pronóstico de cualquier algoritmo de aprendizaje. Se basa en entrenar modelos secuencialmente débiles donde cada uno intenta corregir a su predecesor. Se utilizaron las librerías *numpy*, *pandas*, *matplotlib.pyplot*, y *seaborn*. El ambiente de procesamiento y análisis de datos fue Python v 3.7.0. La confiabilidad del modelo de pronóstico se sustentó en tres métricas estadísticas: precisión, exactitud y *recall*.

El valor de exactitud es el cociente del pronóstico correcto (verdaderos positivos y verdaderos negativos) dividido por la suma de todos los casos pronosticados (Klein, 2020). El valor de precisión es la proporción de identificación de casos positivos como correctos con respecto a todos los pronósticos que aciertan; esto es, el número de casos correcta e incorrectamente pronosticados como positivos (Klein, 2020). *Recall* es la proporción de casos positivos identificados correctamente con respecto al número total de casos positivos (incluye falsos negativos y positivos verdaderos (Klein, 2020). Adicionalmente, se utilizó la prueba de validación cruzada (*cross.validation*) y la matriz de confusión para evaluar la fortaleza de los métodos implementados y la eficiencia de los modelos de clasificación.

### Resultados y discusión

Los resultados de las métricas estadísticas de exactitud, precisión y *recall* (0.5, 0.66, 0.48, respectivamente) distinguieron a SVM con la mejor capacidad para pronosticar la probable presencia de mildiú vellosa. Los resultados completos de las métricas se muestran en la Figura 1A. En la Figura 1B la prueba *cross validation* distinguió a los métodos que incluyeron el algoritmo de *boosting* con respecto al resto de las demás técnicas. NN se observó como el algoritmo con el valor más bajo (promedio=0.66; desviación estándar=0.05) en confiabilidad con relación al resto de las técnicas. Los mejores indicadores para las demás técnicas se agruparon en paquete XGB, RF, BC, LR y SVM (>0.9 promedio <0.96; >0.03 desviación estándar <0.06).

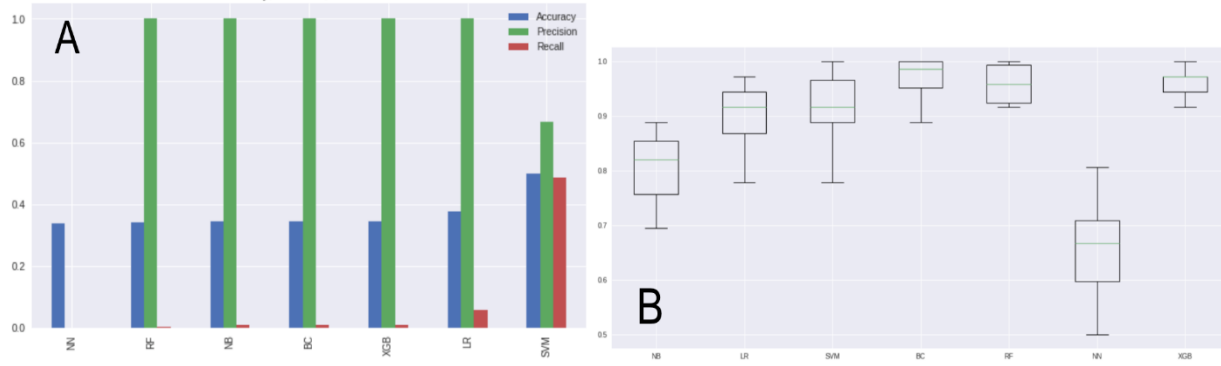


Figura 1. Métricas estadísticas sobre la confiabilidad del modelo de pronóstico (A) y comparativo entre métodos de aprendizaje por *cross validation* (B)

La matriz de confusión se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Matriz de confusión para las series de tiempo. Donde, 0=ausencia, 1=presencia. VP=verdadero positivo; VN=verdadero negativo; FN=falso negativo; FP= falso positivo.

Metodo	Presencia / Ausencia	Precisión	Recall	Vp	Fp	Vn	Fn
NB	0	0.34	1.0	2	0	122	236
	1	1.0	0.01				
LR	0	0.35	1.0	14	0	122	224
	1	1.0	0.06				
SVM	0	0.34	0.52	116	58	64	122
	1	0.7	0.49				
RF	0	0.34	1.0	1	0	122	237
	1	1.0	0.0				
BC	0	0.34	1.0	2	0	122	236
	1	1.0	0.01				
NN	0	0.34	1.0	0	0	122	238
	1	0.0	0.0				
XGB	0	0.34	1.0	2	0	122	236
	1	1.0	0.01				

Del Cuadro 1, el modelo obtenido por SVM pronosticó con éxito 116 casos de presencia del patógeno (VP) y en 64 casos su no presencia (VN). El modelo intuyó erróneamente en 58 casos al etiquetarlos como positivos (FP) y en 122 casos donde predijo la no presencia (FN) del hongo.

De acuerdo con las métricas estadísticas, se observaron notables diferencias entre los métodos utilizados para pronosticar la presencia o ausencia de mildiu vellosa. De entre las técnicas evaluadas, destacaron las que incluyen el algoritmo de *boosting* lo cual se reflejó en la prueba de *cross validation* donde se comparó su eficiencia en el pronóstico de la enfermedad. Según

Shapire (2003) el algoritmo mejora la eficiencia de cualquier técnica en ciencia de datos, fortaleciéndolas cuando sus resultados de clasificación son débiles y mejorando el pronóstico de la variable de respuesta. Sin embargo, no obstante los rigurosos procedimientos para evaluar la efectividad de las técnicas de ciencia de datos, las diferencias observadas en las métricas estadísticas y en especial en la matriz de confusión, muestran una discrepancia importante: SVM fue el método más confiable en diferenciar condiciones meteorológicas donde con alta precisión se pueda pronosticar o no la presencia de mildiu veloso, mientras que las técnicas que incluyeron el algoritmo de *boosting* fueron numéricamente mejores en términos estadísticos.

Esta divergencia abre una gama de acciones de investigación a ser implementadas para realizar un análisis desde dos perspectivas: 1) la de campo, ampliando la base de datos para incluir a un mayor número de ciclos de producción de garbanzo, y 2) la de la numeralia de datos. Por un lado, parece evidente que SVM puede identificar de entre las condiciones meteorológicas aquellas que mejor se asocian al desarrollo de la enfermedad mientras que los métodos con *boosting* basan sus modelos de pronóstico en un mejor tratamiento numérico de las series de tiempo.

### Conclusiones

- Los métodos de ciencia de datos para pronosticar confiablemente la presencia o ausencia de mildiu veloso en garbanzo mostraron diferencias en las métricas estadísticas donde se destaca notablemente a SVM como la de mayor confianza.
- El método de SVM parece ser el más confiable en identificar las condiciones del terreno para asociarlas a variables meteorológicas para pronosticar presencia ó ausencia de la enfermedad; sin embargo, los métodos de pronóstico que incluyeron el algoritmo de *boosting* mejoraron notablemente al ejecutar un mejor tratamiento numérico a las series de tiempo.

### Literatura citada

- Amat-Rodrigo J. Ciencia de Datos, Estadística, Machine Learning y Programación. <https://www.cienciadedatos.net> [Consulta: 13-oct-2020].
- Carrillo-Fasio, J. A., R. Allende-Molar & R. García-Estrada. 2012. Métodos preventivos para el control de la rabia y mildiu del garbanzo. Paper presented at the Memoria de capacitación, VIII Jornada del cultivo del garbanzo, Culiacán, Sinaloa, México.
- Chakraborty S., Billard L. 1995. Quantitative relationships between *Colletotrichum gloeosporioides* infection of *Stylosanthes scabra* and weather factors under field conditions. *Plant Pathology*, 44:63-72.
- Davis R.D., Irwin J.A.G., Shepherd R.K., Cameron D.F. 1987. Yield losses caused by *Colletotrichum gloeosporioides* in three species of *Stylosanthes*. *Australian Journal of Agricultural Research*, 27:67-72.
- Davis T. A Beginners Guide to Neural Networks. Broken down in terms every non-technical person can understand. <https://towardsdatascience.com/a-beginners-guide-to-neural-networks-d5cf7e369a13> [Consulta: 13-oct-2020]
- Desta F., Bissa M., Korbu L. 2015. Crop water requirement determination of chickpea in the central vertisol areas of Ethiopia using FAO CROPWAT model. *African Journal of Agricultural Research*. 10(7):685-689 <https://doi.org/10.5987/AJAR2014.9084>
- Kaundal R., Kapoor A.S., Raghava G.P.S. 2006. Machine learning techniques in disease forecasting: a case study on rice blast prediction. *BMC informatics* 7:485, <https://doi.org/10.1186/1471-2105-7-485>

- Klein, B. Python machine learning tutorial. Evaluation metrics. <https://www.python-course.eu/metrics.php> [Consulta: 1-octubre-2020].
- Mendoza-Vega J.B. Tutorial: XGBoost en Python. <https://medium.com/@jboscomendoza/tutorial-xgboost-en-python-53e48fc58f73> [Consulta: 13-oct-2020]
- Oerke E.-C., Steiner U., Dehne H.-W., y Lindenthal M. 2006. Thermal imaging of cucumber leaves affected by downy mildew and environmental conditions. *Journal of Experimental Botany*, 57:2121–2132
- Schapire R.E. (2003) The Boosting Approach to Machine Learning: An Overview. In: Denison D.D., Hansen M.H., Holmes C.C., Mallick B., Yu B. (eds) *Nonlinear Estimation and Classification. Lecture Notes in Statistics*, vol 171. Springer, New York, NY. [https://doi.org/10.1007/978-0-387-21579-2\\_9](https://doi.org/10.1007/978-0-387-21579-2_9)

## CARACTERIZACIÓN DE LÍNEAS Y VARIEDADES DE GARBANZO UTILIZADAS COMO PROGENITORES EN LA GENERACIÓN DE POBLACIONES SEGREGANTES

Víctor VALENZUELA HERRERA<sup>1</sup>, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA<sup>2</sup>,  
Sixto VELARDE FÉLIX<sup>1</sup>, Milagros RAMÍREZ SOTO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-Campo Experimental Valle de Culiacán, km 17.5 Carretera Culiacán-El Dorado, Culiacán, Sinaloa. <sup>2</sup>INIFAP-Campo Experimental Costa de Hermosillo, Sonora.  
valenzuela.victor@inifap.gob.mx

### Resumen

La producción de garbanzo en México se reconoce debido a sus ventajas comparativas y competitivas en cuanto a tamaño, además de tener ventaja competitiva en cuanto a su rendimiento y resistencia a enfermedades. Además de estas características se desea variedades de hábito erecto para facilitar la trilla directa. Se evaluaron doce genotipos de garbanzo para tamaño de grano, floración, resistencia a Foc raza 5 y hábito de crecimiento de la planta. La variedad Jumbo 2010 registró un tamaño extragrande característica deseable para seleccionar como progenitor. Progreso-95 es de menor tamaño y más precoz, con resistencia a Foc raza 5 y erecta.

### Introducción

El garbanzo blanco tradicionalmente se cultiva en el noroeste de México, su producción se destina principalmente a la exportación ya que el garbanzo mexicano tiene un alto precio de venta (Gallardo, 2011). La producción de garbanzo en México se reconoce debido a sus ventajas comparativas y competitivas en cuanto a calidad de grano uniformidad de tamaño (calibres 40-44 granos en 30g), uniformidad en cuanto a su aspecto y color de grano, rugosidad pronunciada, además de tener ventaja competitiva en cuanto a su rendimiento y resistencia a enfermedades (Larios, 2016; Godwa *et al.*, 2011). En el estado de Sinaloa en el año 2017 se cosecharon 44,602 ha con un rendimiento promedio de 1,96 t ha<sup>-1</sup> y una producción de 87,508 ton (SIAP, 2018).

Actualmente, la variedad Blanco Sinaloa-92 es la variedad mayormente sembrada, esta muestra el tamaño de grano deseado (calibre 40-44 semillas/30g) color cremoso y rugosidad pronunciada, características que le ha permitido que se exporte a más de 40 países, siendo España, Argelia e Italia los principales compradores (Manjarrez *et al.*, 2004). Además de estas características se desea variedades de hábito erecto para facilitar la trilla directa y así bajar los costos de producción. El trabajo de mejoramiento en dos estados (Sonora y Sinaloa) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ha permitido liberar más de 20 variedades comerciales de garbanzo con características de calidad de exportación y resistencia a enfermedades con alto potencial de rendimiento. Los mejoradores de plantas pueden realizar una selección indirecta de caracteres cuantitativos y cualitativos, pero para eso es necesario encontrar esos progenitores para poder hacer cruzamientos necesarios. El objetivo de este trabajo fue caracterizar seis líneas y seis variedades de garbanzo para distinguir su potencial en la selección de parentales.

## Materiales y métodos

### Material vegetativo

Se utilizaron seis variedades de garbanzo liberadas por el INIFAP y seis líneas avanzadas de los programas de mejoramiento del Campo Experimental valle de Culiacán y el Campo Experimental Costa de Hermosillo (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Líneas y variedades de garbanzo y su genealogía para hibridación en la formación de material segregante del programa de mejoramiento del INIFAP 2020.**

Clase	Genotipo	Origen
Variedades	Blanco Sinaloa 92	Santo Domingo-82/Blanco Lechoso
	Blanoro	L-4924/Blanco Lechoso //Blanco Sinaloa-92
	Combo-743	Progreso 95/Blanco Sinaloa-92
	Jumbo 2010	Dwelley/Blanco Sinaloa-92
	Progreso 95	Santo Domingo-82/ILC-72
	Sinalomex 2018	Cuga-424/Tequi Blanco 98.
Líneas	HOGA-067	Desconocido
	HOGA-021	Desconocido
	Cuga08-751	Blanco Sinaloa-92/104 (02-03) Rabia
	Cuga08-590	Blanco Sinaloa-92/Progreso-95 (No Erecta)
	Cuga09-3125	Jamu 96/Blanco Sinaloa-92
	Cuga09-3168	Jamu 96/Cuga-426

### Caracterización agronómica

La caracterización agronómica se realizó utilizando las directrices para distinción, homogeneidad y estabilidad de la UPOV (Unión para la protección y obtención de variedades) y IBPGR (Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos) en los materiales mencionados (UPOV 2005; IBPGR 1993). Un kilogramo de grano fue pasado por cribas de orificio redondo de 9mm. Del total de granos que permaneció sin pasar la criba (tamaño de grano 10mm) se realizó un muestreo contando el número de granos contenidas en 30 gramos lo que resultó en calibre de grano. La floración se tomó como días después de la siembra (DDS) cuando el 80% de las plantas de cada material presentó al menos una flor. El porte de la planta o habito de crecimiento fue tomado después de la floración en el centro de la planta donde se hizo la siguiente clasificación: erecta en un ángulo de 0-15° erecta, semierecta de 16-25°, semiabierta de 26-60°, extendida de 61-80° y postrada prácticamente en el suelo.

### Resistencia a *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*

Los materiales fueron evaluados bajo condiciones de invernadero utilizando líneas diferenciales WR-315 (resistente) P-2245 susceptible a *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris* (Foc) raza 5 (Trapero-Casas y Jiménez-Díaz, 1985). La cepa patogénica pertenece al cepario del laboratorio de biotecnología del Campo Experimental Valle de Culiacán (CEVACU). La raza 5 fue identificada mediante secuenciación obteniendo un número de accesión (Raza 5 de Foc KJ000584) en el



Centro Nacional para la información de Biotecnología (NCBI Estados Unidos de América) en estudios previos. La evaluación se realizó después de los 15 días para los síntomas de marchitez utilizando un rango de incidencia de la enfermedad en porcentaje donde 0 al 25 % es resistente, del 26 al 40% moderadamente resistente, del 41 al 60% moderadamente susceptible y del 61 al 100% susceptible por (Velarde-Félix *et al.*, 2014).

## Resultados y discusión

Los resultados de la caracterización y evaluación a Foc raza 5 se muestran en el Cuadro 2. La variedad Jumbo 2010 es la de mayor tamaño liberada en el noroeste de México (Valenzuela-Herrera *et al.*, 2014). La variedad mostró un tamaño de 40 granos/30g, característica deseable para seleccionar como progenitor. La variedad Progreso-95 es de menor tamaño 59 granos/30g. Por lo tanto, entre menor sea el valor del calibre mayor será el grano e inversamente proporcional cuando el valor del calibre es mayor, el grano será más pequeño. Gowda *et al.* (2011) mencionan en su estudio a dos variedades mexicanas de grano grande para su uso en mejoramiento, entre estas Blanco Sinaloa-92. A días a floración, que es una característica importante, la variedad Progreso-95 resultó la más breve con 44 días después de la siembra.

**Cuadro 2. Caracterización de genotipos de garbanzo y evaluación de reacción a Foc raza 5.**

Genotipo	*calibre de grano	Primera Flor (DDS)	Resistencia	Porte de Planta
Blanco Sinaloa 92	43	50	R	Semierecto
Blanoro	43	46	R	Semierecto
Combo-743	43	46	R	Semierecto
Jumbo 2010	40	50	R	Semipostrado
Progreso 95	59	44	R	Erecto
Sinalomex 2018	42	46	R	Semierecto
HOGA-067	46	46	R	Semierecto
HOGA-021	43	46	R	Semierecto
Cuga08-751	44	45	MS	Semierecto
Cuga08-590	43	58	No Evaluado	Semierecto
Cuga09-3125	48	57	No Evaluado	Semierecto
Cuga09-3168	43	46	MS	Semierecto

\*Número de granos/granos en 30g; DDS = Días Después de la siembra; R = Resistente; MS = Moderadamente resistente

Para la hibridación este carácter es importante ya que por la duración de la floración depende el éxito y número de cruza. Anbessa y Warkentin (2005) observaron que en plantas con hojas grandes y de buen desarrollo mantienen su floración más prolongada que las de hojas de menor tamaño ya que estas últimas maduran más pronto. Para resistencia a Foc raza 5 las líneas Cuga 08 590 y Cuga 09-3125 no fueron evaluadas por no obtener plantas suficientes. Los demás materiales mostraron resistencia excepto las líneas Cuga 08-751 y Cuga 09-3168 que su reacción fue moderadamente susceptible. Aunque uno de los progenitores de Blanco Sinaloa-92 es Blanco

Lechoso que es una variedad española; Sharma *et al.* (2005) mencionaron que ésta última variedad es susceptible a las razas 1,2,3; estos autores no obtuvieron datos de su reacción a las razas 4 y 5. Respecto al porte de planta, la mayoría se observan semierectas excepto la variedad Progreso-95 que es de porte erecto. Esta variedad, aunque es de grano chico posee interesantes características como resistencia a enfermedades y el mismo hábito de crecimiento erecto. Esta característica es muy importante porque al incorporarla a una variedad de grano grande representa la facilidad de trilla directa en una sola vez, lo que significa el ahorro en gastos de corte, formación de hileras y trilla separadamente.

### Conclusiones

- La variedad mostró Jumbo 2010 posee un tamaño extragrande característica deseable para seleccionar como progenitor.
- Progreso-95 es de menor tamaño, con floración mas temprana, con resistencia a Foc raza 5 y una planta con característica de forma erecta.

### Referencias

- Anbessa, Y. and Warkentin T. 2011. On improving crossing succes in chickpea. *Plant breeding*. 125:608-609
- Gallardo, M.J. 2011. Comercialización y tendencias de precios para el cultivo del garbanzo. *In*. VIII Jornada de tecnología del cultivo del garbanzo. Memoria de capacitación 2011. Fundación Produce Sinaloa A.C. p. 44.
- Gowda, C. L. L., Upadhyaya, H. D., Dronavalli, N., and Singh, S. 2011. Identification of large-seeded high-yielding stable kabuli chickpea germplasm lines for use in crop improvement. *Crop Science* 51:198-209. Doi:10.2135/cropsci2010.01.0078
- IBPGR, ICRISAT and ICARDA. 1993. Descriptors for chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Board for Plant Genetic Resources. Rome, Italy. International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics. Patanchero, India and International Center for Agricultural Research in the Dry Areas. Aleppo, Syria. 31 p.
- International Union for the Protection of New Varieties of Plants (UPOV) (2005). Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Homogeneity and Stability of *Cicer arietinum* L. [http://www.upov.int/index\\_en.html](http://www.upov.int/index_en.html). verificado en marzo 2013.
- Larios Gutiérrez D. R. 2016. Garbanzo mexicano de exportación: situación actual de mercado, ventajas comparativas y análisis de la competencia. IV Simposio nacional de garbanzo. Hermosillo Sonora, México.
- Manjarrez, S.P.; Gómez, G. R. M.; Salinas, P. R. A y Armenta, S. L. 2004. Blanco Sinaloa-92: Caso exitoso del mejoramiento genético de garbanzo en Sinaloa. SAGARPA-INIFAP-CIRNO- C. E. Valle de Culiacán. Folleto para productores Núm. 52. 21 p.
- Sharma, K.D., Chen, W., Muehlbauer, F.J. 2005. Genetics of chickpea resistance to five races of *Fusarium oxysporum f.sp. ciceris*. *Plant Disease* 89:385 – 390.
- SIAP, 2018.. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. <http://www.siap.gob.mx> Consultado agosto del 2019.
- Valenzuela H. V., Manjarrez, S.P., Morales G., Salinas, P. R. A., Gómez, G. L., Fierros L. G.A., Ortega M. P.F., Padilla, V. I, Ramírez S.J. A., Acosta, G., Gutiérrez, P.E., Velarde F. S., and Fuentes.D. G. 2016. Jumbo 2010”, cultivar of chickpea “kabuli” type of extralarge size from Sinaloa, Mexico. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science* (ISSN: 2315-5094) Vol. 5(7) pp. 277-282, July, 2016 Issue.

## EVALUACIÓN PATOGENICA DE *Fusarium oxysporum* EN DOS GENOTIPOS DE GARBANZO BLANCO

Brenda Beatriz SÁNCHEZ RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, Brenda Zulema GUERRERO AGUILAR<sup>2</sup>,  
Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ<sup>3</sup>, Erasmo GUTIÉRRES PÉREZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Tecnológico de Roque, km 8 Carretera Celaya-Juventino Rosas. Celaya, Guanajuato, <sup>2</sup>Campo Experimental Bajío INIFAP., Celaya Gto., <sup>3</sup>Campo Experimental Todos Santos. INIFAP. La Paz, B. C. S. guerrero.brenda@inifap.gob.mx

### Resumen

El garbanzo (*Cicer arietinum*) es una de las principales leguminosas de granos alimenticios cultivadas en el mundo. Su producción abarca típicamente áreas de los subtrópicos áridos, aunque en los últimos años el área cultivada se ha extendido hasta zonas tropicales, gracias a la obtención de nuevas variedades con mayor plasticidad ecológica. El Noroeste mexicano es una zona cuyas condiciones geográficas resguardan recursos con atributos muy peculiares. Y en este caso el garbanzo regional es una de estas especies con gran valor nutritivo para mercados internacionales. Las zonas productoras de la región noroeste de México abarcan los estados de Sinaloa, Sonora y Baja California Sur. El objetivo de este trabajo fue evaluar aislados de *Fusarium oxysporum* obtenidos de muestras de suelo y planta de Baja California Sur. Para esto se inocularon dos genotipos de garbanzo con cada uno de los aislados haciendo tres repeticiones con 10 plantas de cada uno. Las variables a medir fueron porcentaje de germinación en los dos genotipos de garbanzo y porcentaje de incidencia en plantas. En los resultados se sacó el porcentaje de germinación después de 10 días de la siembra, donde se encontraron dos aislados que presentaron < 35% de germinación en los dos genotipos de garbanzo HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92 (BS-92). Uno es del sitio Lic Rod Foc 34 y el otro del sitio experimental Región Sur Foc 44. En el porcentaje de incidencia en las plantas se encontraron cuatro aislados muy patogénicos en los dos genotipos evaluados donde tres de ellos son provenientes del Sitio Experimental Valle de Santo Domingo, Region sur de Baja California Sur: Foc 14s, Foc 17s y Foc 44s y el otro del sitio Lic Rod Foc 44s.

### Introducción

La utilización de cultivares resistentes a los patógenos es una de las estrategias más prácticas y eficientes para el control de enfermedades de plantas. Sin embargo, la eficiencia de los cultivares resistentes en el control de enfermedades se ve seriamente comprometida por la capacidad evolutiva de los patógenos, que da lugar a que se establezcan en sus poblaciones naturales razas patogénicas (definidas como biotipos del agente patogénicos sobre cultivares portadores de genes de resistencia específica) y patotipos (definidos como biotipos del agente capaces de causar síndromes de diferente severidad en cultivares de su huésped) capaces de superar la expresión de resistencia en la planta. (Jiménez-Gasco *et al.*, 2005). El cultivo de garbanzo es afectado principalmente por la fusariosis vascular del garbanzo (FVG), una de las más importantes enfermedades y uno de los factores limitantes del cultivo en todo el mundo, causada por *Fusarium oxysporum* Schlechtend.: Fr. f. sp. *ciceris* (Padwick) Matuo & Sato. Este hongo anamorfo puede sobrevivir en el suelo y en los restos vegetales en forma de clamidosporas hasta 6 años (Trapero-Casas, 1983).

*Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* puede invadir las plántulas de garbanzo de cultivares tanto susceptibles como resistentes durante la germinación y emergencia, en los primeros días

después de la siembra, sin necesidad de heridas en los tejidos subterráneos de la joven planta. La penetración de la planta por el patógeno tiene lugar principalmente a través de los cotiledones y en las zonas del hipocotilo y epicotilo próximas a los cotiledones; y en menor proporción por zonas de la raíz principal, a excepción del ápice radical (Jiménez-Díaz *et al.*, 1989a). La colonización vascular de la planta ocurre de forma similar por los aislados del patógeno que causan el síndrome de amarillez vascular y el de marchitez vascular. Sin embargo, los aislados causantes de amarillez vascular, menos virulentos que los de marchitez vascular, invaden la planta más lentamente y en menor extensión. Para ambos tipos de aislados, los síntomas severos característicos se desarrollan después de la colonización intensa y extensa de los haces xilemáticos de la raíz y base del tallo por el hongo, y la distribución de éste a lo largo del eje de la planta (Jiménez-Díaz, 1994; Jiménez-Díaz *et al.*, 1989a).

### Materiales y métodos

Se utilizaron 25 aislados almacenados en aceite mineral estéril a 4°C de *Fusarium oxysporum*, aislados provenientes de muestras de suelo y planta de localidades de Baja California Sur. (Cuadro 1). Se utilizaron dos genotipos de garbanzo blanco: HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92.

**Cuadro 1. Localización de aislados de *Fusarium oxysporum* provenientes de Baja California Sur.**

	Clave	Muestra	Ubicación
1	Foc 0	Planta	Gto.
2	Foc 5	Planta	Culiacán
3	Foc 1B/C	Planta	Gto
4	Foc 4p	Planta	Colonia Delicias: Región Sur
5	Foc 7-1s	Suelo	Col. Río Mayo, Lote 14 Región centro
6	Foc 9p	Planta	Colonia Delicias: Región Sur
7	Foc 10-1s	Suelo	SE Sur
8	Foc 11s	Suelo	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE): Región Sur
9	Foc 12-1s	Suelo	Col. María Auxiliadora Lote 6 Región NORTE
10	Foc 14s	Suelo	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE): Región Sur
11	Foc 17s	Suelo	Sitio Experimental Valle de Santo Domingo (SE): Región Sur
12	Foc 17p	Planta	Colonia Nueva California: Región Centro

13	Foc 18-1s	Suelo	Sitio Experimental Exterior carretera	Válvulas
14	Foc 19p	Planta	Colonia Nueva California: Centro	Región
15	Foc 20p	Planta	Colonia Delicias:	Región Sur
16	Foc 20s	Suelo	Colonia Delicias:	Región Sur
17	Foc 24p	Planta	Colonia Delicias:	Región Sur
18	Foc 25s	Suelo	Colonia Chihuahua:	Región Norte
19	Foc 26-2s	Suelo	Sitio Experimental Exterior carretera	Válvulas
20	Foc 27-1s	Suelo	Colonia Chihuahua:	Región Norte
21	Foc 30s	Suelo	Lic Rod	
22	Foc 34s	Suelo	Lic Rod	
23	Foc 37s	Suelo	Región Norte	
24	Foc 44s	Suelo	SE	
25	Foc 47s	Suelo	TOBA CBTA 27	

---

Se activaron los aislados en medio de cultivo PDA acidificado (200µl/L de ácido láctico), que se incubaron a temperatura ambiente durante diez días.

Se prepararon macetas de plástico rectangulares (61 x 19 x 17cm) con sustrato peat most (Sunshine Mezcla 3) previamente estéril. De cada aislado se hicieron tres repeticiones sembrando 10 semillas en cada maceta con los dos genotipos HOGA 67 y Bs-92.

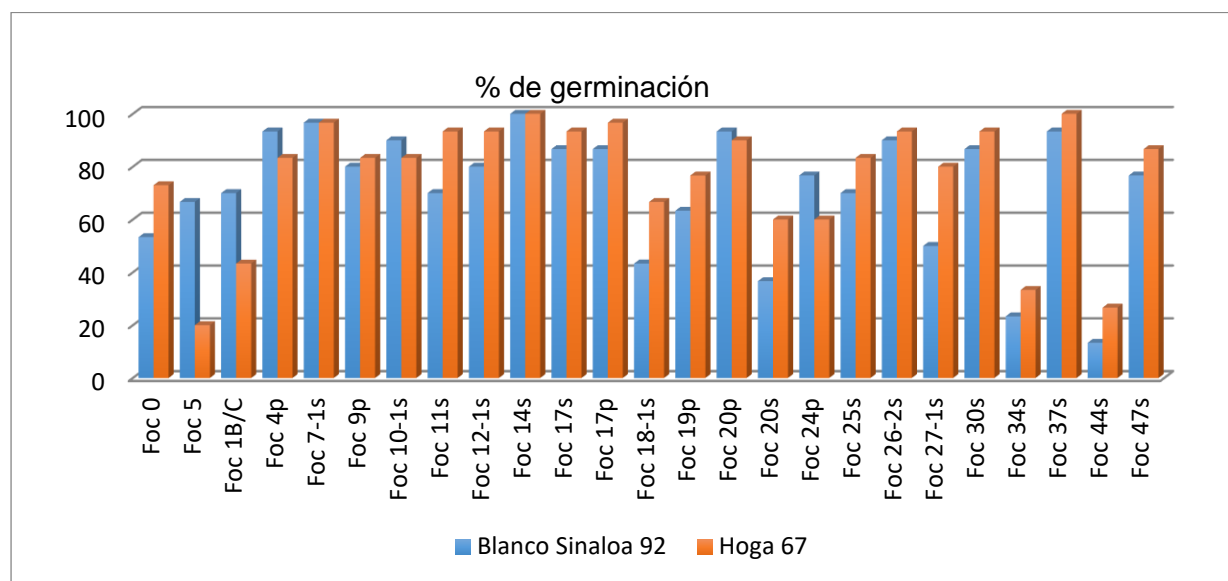
**Preparación de inóculo.** Se preparó de cada aislado una suspensión de esporas a una concentración de 100,000 esporas/mL con ayuda de un hematocímetro Neubauer® antes de inocular. Primero se regaron las macetas a capacidad de campo; después de 48 h se le adicionó a cada maceta 330 mL de solución de esporas y después de 24 hr se sembró la semilla desinfectada con hipoclorito de sodio al 5%, para evitar contaminantes que tenga en la superficie.

La evaluación de la germinación fue a los 10 días después de la siembra (DDS). Se contaron las plantas emergentes sin daño alguno y a los 30 días se midió en las plantas el porcentaje de incidencia utilizando la escala visual de daño descrita por Schoonhoven y Pastor-Corrales (1987). Se utilizó esta escala por su simplicidad y sencillez, además de tener un porcentaje específico de síntomas o de daño que corresponde a un número fijo en la escala, por lo que a cada número corresponde una descripción exclusiva y precisa. La escala utiliza un rango de calificación de

1 = sin síntomas aparentes de la enfermedad, hasta 9 = síntomas severos o muerte. Los valores de 1 a 3 se consideraron como reacción resistente, los de 4 a 6 reacción intermedia y los de 7 a 9 reacción susceptible .

## Resultados

Después de 10 días de la siembra se contó la germinación donde se encontraron dos aislados de *F. oxysporum* patogénico en los genotipos HOGA 67 y BS-92 los cuales presentaron menos del 35% de germinación los aislados Foc 34 provenientes del sitio Lic rod y Foc 44 del Sitio Experimental Región Sur. Además, se encontraron aislados donde fueron más patogénicos en el genotipo HOGA 67, donde uno de ellos es Foc la raza 5 con 20% de germinación que ocasiona marchitez vascular y la raza Foc 1 B/C con 43% de germinación, que ocasiona la sintomatología de amarillamiento, y dos aislados que presentaron < 45% de germinación; uno del sitio experimental en las válvulas carreteras exterior de la Región sur Foc 18-1 y el otro del sitio Colonia Delicias de la región Sur Foc 20.



**Figura 1. Porcentaje de germinación de los 25 aislados de *F. oxysporum* en los genotipos HOGA 67 y BS-92.**

En el Cuadro 2 se muestra el porcentaje de incidencia de los 25 aislados sobre los dos genotipos de garbanzo evaluados, donde se encontraron cuatro aislados de *F. oxysporum* con alta patogenicidad en los dos genotipos con un porcentaje menor de 40%; tres de ellos del sitio Experimental Región Sur; Foc 14s, Foc 17s y Foc 44s y uno del sitio Lic Rod 44s. Por lo que se puede decir que los aislados más patogénicos de *F. oxysporum* se encuentran en el sitio Experimental Región Sur. En los genotipos Hoga 67 y Bs-92 presentó tener resistencia > 90% a cuatro aislados; dos del sitio Experimental Región sur Foc 11s y Foc 18-1s, uno del sitio Delicias Región Sur Foc 24p y el otro del sitio TOBA CBTA 27 Foc 47s.

En el genotipo BS-92 presentó resistencia > 98 % a cuatro aislados obtenidos del sitio de la colonia nueva California Región Norte Foc 19s, el segundo del sitio colonia Delicias Región Sur Foc, 20s, el tercero de la colonia Chihuahua de la Region Norte Foc 27-1, el cuarto del sitio Lic

Rod Foc 30s, y la raza 0 con un 85% de resistencia a este genotipo. En cuanto al genotipo HOGA 67 se encontró resistencia > 98% en cuatro aislados el primero del sitio de la colonia Delicias Región Sur Foc 9s, el segundo proviene del sitio Experimental Region Sur Foc 10-1, el tercero en la colonia Delicias Región Sur Foc 25s y el último en la Región Norte Foc 37s.

En cuanto al resto de los aislados, se observa en el cuadro 2 que presentan porcentaje de incidencia intermedia, en los dos genotipos. Por lo que se puede decir que los dos genotipos presentan resistencia a los patógenos existentes en las zonas productoras de garbanzo, por lo tanto son buenos candidatos para el estado de Baja California Sur, con un buen manejo agronomico y control químico o biológico para el genero Fusarium será suficiente para obtener un buen rendimiento en el cultivo de garbanzo.

**Cuadro 2. Porcentaje de incidencia de los 25 aislados de *F.oxysporum* en los genotipos de garbanzo blanco HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92.**

Clave	Genotipo	% de incidencia		
		R	I	S
<b>Foc 0</b>	Bs-92	85	0	15
	HOGA 67	66	34	0
<b>Foc 5</b>	Bs-92	27.6	72.33	0
	HOGA 67	58	42	0
<b>Foc 1B/C</b>	Bs-92	43	57	0
	HOGA 67	64	36	0
<b>Foc 4p</b>	Bs-92	66.7	33.3	0
	HOGA 67	66.7	33.3	0
<b>Foc 7-1s</b>	Bs-92	48	52	0
	HOGA 67	72	28	0
<b>Foc 9p</b>	Bs-92	75	25	0
	HOGA 67	99	1	0
<b>Foc 10-1s</b>	Bs-92	47.4	52.6	0
	HOGA 67	98.9	1.1	0
<b>Foc 11s</b>	Bs-92	96	0	4
	HOGA 67	97	0	3
<b>Foc 12-1s</b>	Bs-92	72	25	3
	HOGA 67	46	54	0
<b>Foc 14s</b>	Bs-92	7	93	0
	HOGA 67	15	85	0
<b>Foc 17s</b>	Bs-92	17	83	0
	HOGA 67	33	67	0
<b>Foc 17p</b>	Bs-92	44	56	0
	HOGA 67	48	52	0
	Bs-92	100	0	0

<b>Foc 18-1s</b>	HOGA 67	99.6	0	0
<b>Foc 19p</b>	Bs-92	100	0	0
	HOGA 67	67	33	0
<b>Foc 20p</b>	Bs-92	42	58	0
	HOGA 67	63	37	0
<b>Foc 20s</b>	Bs-92	98	1	1
	HOGA 67	48.4	51.6	0
<b>Foc 24p</b>	Bs-92	99	0	1
	HOGA 67	100	0	0
<b>Foc 25s</b>	Bs-92	34	66	0
	HOGA 67	99	1	0
<b>Foc 26-2s</b>	Bs-92	30	70	0
	HOGA 67	64	36	0
<b>Foc 27-1s</b>	Bs-92	99	0	1
	HOGA 67	66.7	33.3	0
<b>Foc 30s</b>	Bs-92	99		1
	HOGA 67	67	33.3	0
<b>Foc 34s</b>	Bs-92	11.4	88.6	3
	HOGA 67	30	70	0
<b>Foc 37s</b>	Bs-92	74	26	0
	HOGA 67	99	1	0
<b>Foc 44s</b>	Bs-92	33.3	66.7	0
	HOGA 67	34	66	0
<b>Foc 47s</b>	Bs-92	91	8	1
	HOGA 67	100	0	0

### Conclusiones

- Se encontraron dos aislados que presentaron menos del 35% de germinación en los genotipos de garbanzo HOGA 67 y Blanco Sinaloa 92. Uno es del sitio Lic rod Foc 34 y el otro del Sitio Experimental Región Sur Foc 44.
- En el porcentaje de incidencia en las plantas se encontraron cuatro aislados muy patogénicos en los dos genotipos evaluados, donde tres de ellos son provenientes del Sitio Experimental Valle de Santo Domingo Región Sur de Baja California Sur: Foc 14s, Foc 17s y Foc 44s y el otro del sitio Lic Rod Foc 44s.
- Por lo que se puede decir que las cepas más patogénicas se encuentran en el Sitio Experimental Valle de Santo Domingo Región Sur de Baja California Sur, por lo que es importante desarrollar genotipos resistentes a *F. oxysporum* para esa zona.

### Bibliografía

Haware, M. P., Nene, Y. L. y Rajeshwari, R. 1978. Erradication of *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* transmitted in chickpea seed. *Phytopathology* 68:1364-1367.



- Haware, M. P., Nene, Y. L. y Mathur, S. B. 1986a. Seed-borne diseases of chickpea. En: Technical Bulletin (Danish Government Institute of Seed Technology for Developing Countries, ed.). 1:32 pp.
- Jiménez-Gasco, M. M.; Navas-Cortés, J. A. y Jiménez-Díaz, R. M. 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
- Jiménez-Díaz, R. M. 1994. La Fusariosis Vascular del garbanzo causada por *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris*: 15 años de Investigación en España. Investigación Agraria: Producción y Protección Vegetales. Fuera de Serie 2:285-294.
- Jiménez-Díaz, R. M., Basallote Ureba, M. J. y Rapoport, H. 1989a. Colonization and pathogenesis in chickpea infected by races of *Fusarium oxysporum* f.sp. *ciceri*. En: Vascular Wilt Diseases of Plants. E. C. Tjamos and C. H. Beckman, eds. NATO ASI Series, Springer-Verlag, Berlin. H 28, pp. 113-121
- Trapero Casas, A. 1983. La Marchitez y Podredumbre de Raíz del garbanzo en el Valle del Guadalquivir: Importancia, distribución, etiología, epidemiología y medios de lucha. Tesis doctoral, ETSIAM. Universidad de Córdoba, Córdoba. 295 pp.

## **GENERACIÓN DE MODELOS PARA LA PREDICCIÓN DE DOS ENFERMEDADES DEL GARBANZO EN BAJA CALIFORNIA SUR. AVANCES 2019-2020.**

**José GRAGEDA GRAGEDA<sup>1</sup>, Víctor Manuel RODRÍGUEZ MORENO<sup>2</sup>,  
Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Investigador del INIFAP-CECH. Hermosillo, Sonora.

<sup>2</sup>Investigador del Laboratorio Nacional de Modelaje y Sensores Remotos. INIFAP-CEPAB. Pabellón, Aguascalientes. rodriguez.victor@inifap.gob.mx,

<sup>3</sup>Investigadora del INIFAP-SETOD. Cd. Constitución, B.C.S. melgoza.claudia@inifap.gob.mx  
grageda.jose@inifap.gob.mx

### **Resumen**

Desde tiempos remotos se sabe que el clima tiene una gran influencia en el desarrollo de las enfermedades de las plantas, pero es a partir del siglo XX que se han llevado a cabo estudios cuantitativos. Como consecuencia, el conocimiento de la biología de las enfermedades ha mejorado y la influencia del clima sobre el ciclo biológico y la actividad de los patógenos ya es más conocida. Debido a que las condiciones climáticas pueden variar dependiendo de la topografía y la altitud, la información del pronóstico será más precisa si se genera lo más cerca posible de un monitor de tiempo. Los sistemas de alerta temprana (pronóstico) se basan en modelos computacionales que usan datos climáticos para predecir las condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades. En el ciclo 2019-2020 se llevó a cabo el segundo ciclo de monitoreo de campo de las infecciones y severidad que se presentaron en el cultivo de garbanzo de tres regiones agrícolas del Valle de Santo Domingo, BCS. Se puede decir que los valores que explican mejor las infecciones por mildiu vellosos son temperaturas de 18-26°C y humedad superior al 60%. Aunque no hubo registros de moho gris, se observa que hay datos de condiciones favorables principalmente en la región norte de la región agrícola del valle de Santo Domingo, BCS.

**Palabras clave:** clima, severidad, pronóstico.

### **Introducción**

Desde tiempos remotos se sabe que el clima tiene una gran influencia en el desarrollo de las enfermedades de las plantas, pero es a partir del siglo XX que se han llevado a cabo estudios cuantitativos. Como consecuencia el conocimiento de la biología de las enfermedades ha mejorado y la influencia del clima sobre el ciclo biológico y la actividad de los patógenos ya es más conocida (Jiménez, 2009). Debido a que las condiciones climáticas pueden variar dependiendo de la topografía y la altitud, la información del pronóstico será más precisa si se genera lo más cerca posible de un monitor de tiempo. Para ubicaciones que no están cerca de un monitor de tiempo, la información de pronóstico sólo debe utilizarse como indicación general de lo favorable que ha sido el clima para la enfermedad.

Los sistemas de alerta temprana (pronóstico) se basan en modelos computacionales que usan datos climáticos para predecir las condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades. Este sistema de información es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones, que permite a los agricultores realizar aplicaciones de fungicidas en el momento oportuno, seleccionando el producto adecuado de acuerdo a su sistema productivo y objetivo de la producción. El uso de la información de alertas permite un mejor manejo de la enfermedad y el uso más eficiente y racional de los fungicidas disponibles para su control (Bravo y Acuña, 2008).

## **Materiales y métodos**

En el ciclo 2019-2020 se llevó a cabo el segundo ciclo de monitoreo de campo de las infecciones que se presentaron en el cultivo de garbanzo en lo referente al nivel de incidencia y severidad por fecha de mildiu vellosa (*Peronospora ciceris* D.K. Agarwal, Kulshr., Bhalla & A.K. Sarbhoy (2003) y moho gris o botrytis (*Botrytis cinerea* Pers. Ex. Fr.) en los sitios descritos en el Cuadro 1. Es importante señalar que durante este ciclo 2019-2020 solo se registraron infecciones por el primero de los patógenos. Sin embargo, se muestra un análisis relacionado con las temperaturas para el segundo.

Cada sitio de muestreo se identificó mediante el registro del propietario, nombre del campo, superficie sembrada, variedad, fecha de siembra, entre otros. Se seleccionaron los 3 predios (campos agrícolas) antes señalados, donde además se escogieron cuatro puntos fijos de muestreo (cuadros de 5x5 m) y en uno de ellos se instaló un registrador portátil de temperatura y humedad relativa tipo HoBo®.

En gabinete se analizó la relación entre las variables de clima medidas que pudieron incidir en la enfermedad (temperatura, humedad etc.), para en su caso hacer los ajustes necesarios para que haya una alta correlación entre las condiciones de clima favorables y la dinámica de la infección.

## **Resultados y discusión**

### ***Mildiu vellosa***

El análisis de la información señala que en el lote o sitio de monitoreo Fer de la Toba (región norte) la infección se inició a los 60 días después de la siembra (DDS), mientras que en los lotes de las colonias Nueva California y Delicias a los 70 y 72 DDS, respectivamente. El período de infección fue similar en todos los sitios con 54 días de duración, pero se registró más tardío en Fer de la Toba. En las Figuras 1 y 2 se muestran los resultados de los registros horarios de temperatura y humedad relativa obtenidos de los cuatro puntos de muestreo de los tres sitios evaluados en la región agrícola del valle de Santo Domingo, BCS. En cuanto a la primera variable se puede observar que el sitio más cálido es la región sur del valle, representada por el sitio de monitoreo de la colonia Delicias.

**Cuadro 1. Registros de fechas de incidencia y severidad (%) por mildiu velloso en garbanzo en tres sitios de la región agrícola del Valle de Santo Domingo, B.C.S.**

Nombre del sitio	Coordenadas Lat-Long	Fechas										
		25-mar	01-abr	7-abr	14-abr	20-abr	27-abr	04-may	12-may	19-may		
Fer de la Toba (Zona norte)	25.2388972 -111.764725	Incidencia	10%	20%	20%	30%	30%	50%	50%	50%	50%	
		Severidad	10%	20%	20%	30%	30%	50%	50%	50%	50%	
Nueva California (Zona centro)	25.1316 -111.7628	Incidencia	20-feb	28-feb	05-mar	11-mar	19-mar	25-mar	02-abr	07-abr	14-abr	
		Severidad	1.25%	27.5%	36.25%	36.25%	46.25%	66.25%	92.5%	92.5%	100.0%	
Delicias (Zona sur)	24.97265 -111.667252	Incidencia	20-feb	26-feb	05-mar	13-mar	20-mar	25-mar	1-abr	7-abr	14-abr	
		Severidad	10%	15%	15%	15%	20%	60%	72.5%	93.75%	93.75%	

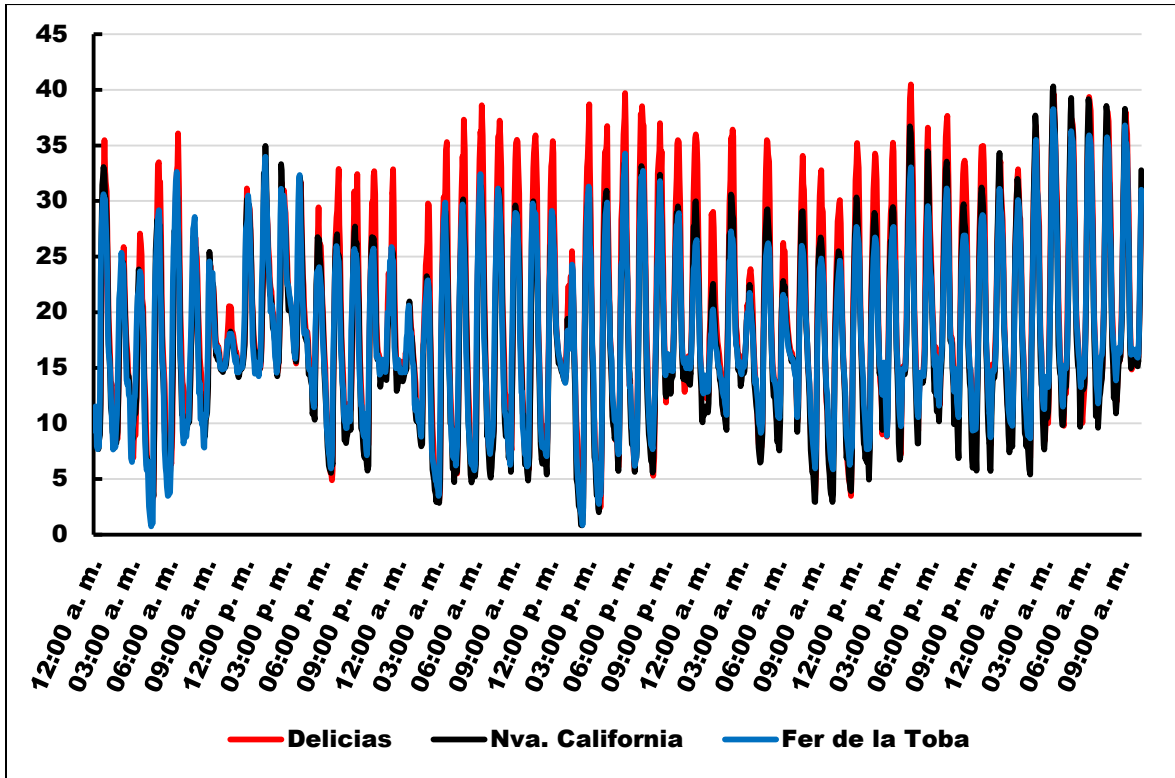


Figura 1. Registros horarios de temperatura en tres sitios agrícolas del valle de Santo Domingo, BCS., entre el 1 de marzo y 28 de abril de 2020.

En cuanto a la humedad relativa, en la Figura 2 se observa que la región de mayores niveles de humedad resultó ser el lote Fer de la Toba que se ubica en la parte norte del valle. En este sitio se iniciaron las infecciones de forma más tardía aunque su período de duración fue similar a los otros dos sitios.

En el Cuadro 2 se muestra la información sobre la combinación de los factores de temperatura y humedad relativa, sobre el efecto de la infección del mildiu veloso. En dos de los sitios la tendencia indica que la humedad relativa tiende a ser menor a lo establecido por Carrillo-Fasio *et al.* (2012), que mencionan que el óptimo de humedad son aquellas que superan el 85%. En este ciclo los datos indican que humedades superiores al 60% correlacionan mejor en la presencia de infecciones de mildiu veloso. Solo el lote de la colonia Delicias registró un valor de condiciones favorables (T+HR) como lo establecen los autores antes mencionados.

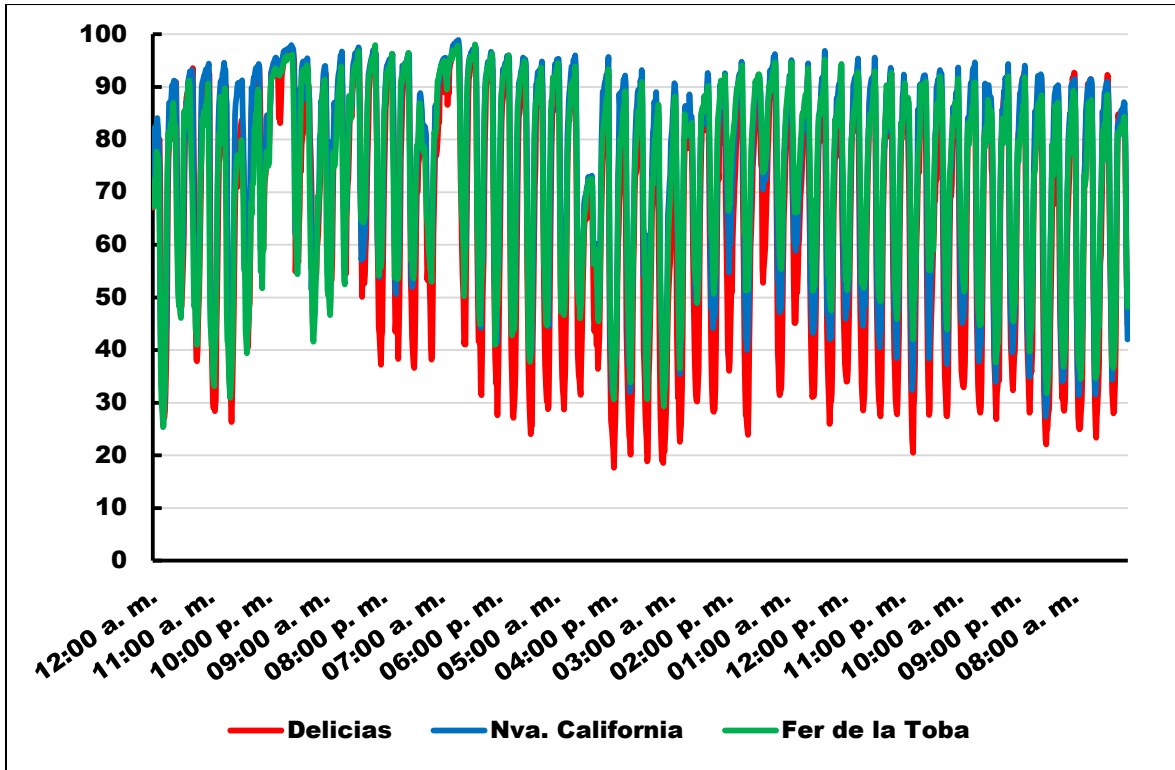


Figura 2. Registros horarios de humedad relativa en tres sitios agrícolas del valle de Santo Domingo, BCS., entre el 1 de marzo y 28 de abril de 2020.

**Moho gris o Botrytis**

Durante el ciclo 2019-2020 no se observaron infecciones por moho gris en el cultivo. De cualquier forma, en el Cuadro 3 se muestran algunos registros de temperaturas y humedad relativa en los meses de enero a mayo, que pudieron ser favorables para su desarrollo. Se observa que donde hubo mejores condiciones favorables fue en el lote Fer de la Toba que se ubica en la región norte del valle agrícola.

**Cuadro 2. Relación de registros combinados de temperatura y humedad relativa en la infección por mildiu vellosa del garbanzo. Valle de Santo Domingo, BCS. 2020.**

Sitio de muestreo	Umbral de:		Registros 6 días previos a la infección	Meses completos	
	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)		Marzo	Abril
Fer de la Toba	20-24	>85	0	2	0
	20-24	>80	0	8	1
	20-24	>70	4	47	22
	20-24	>60	10	99	46
	18-26	>60	16	204	100
Nueva California	20-24	>85	0	4	0
	20-24	>80	0	8	0
	20-24	>70	4	20	16
	20-24	>60	10	53	32
	18-26	>60	17	96	64
Delicias	20-24	>85	0	5	0
	20-24	>80	0	16	0
	20-24	>70	3	30	2
	20-24	>60	6	45	16
	18-26	>60	8	81	40

**Cuadro 3. Relación de registros horarios combinados de temperatura (20-25°C) y humedad relativa (>70%) considerados favorables para la infección por moho gris o botrytis del garbanzo.**

Sitio de monitoreo	Mes del año				
	Ene	Feb	Mar	Abr	May
Fer de la Toba	-	3	26	25	3
Nueva California	6	3	21	17	2
Delicias	4	9	30	2	-

## Conclusiones

- Como avance del estudio se puede decir que los valores que explican mejor las infecciones por mildiu vellosos son temperaturas horarias de 18-26°C y humedades superiores al 60%.
- Aunque no hubo registros de moho gris, se observa que hay datos de condiciones favorables principalmente en la zona norte de la región agrícola del valle de Santo Domingo, BCS.

---

**Agradecimiento:** Al Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del Estado de Baja California Sur por su apoyo al presente estudio a través del proyecto: **“Generación de tecnología de producción y validación de nuevas variedades de garbanzo blanco y forrajero para mejorar su rendimiento y calidad, ante los efectos del cambio climático en el Estado de Baja California Sur”** con clave: BCS-2018-02-0188466.

---

## Literatura citada

- Bakr, M.A. and F. Ahmed. 1992. Botrytis gray mold of chickpea in Bangladesh. In ‘Botrytis gray mold of chickpea. Summary Proceedings of the BARI/ICRISAT Working Group Meeting’. (Eds MP Haware, DG Faris, CLL Gowda) pp. 10-12. (ICRISAT: Patancheru, AP, India).
- Bakr M.A., M.L. Rahman and A.U. Ahmed. 2002. Manifestation of Botrytis grey mould in chickpea in Bangladesh. In ‘Integrated management of Botrytis grey mould of chickpea in Bangladesh and Australia’. (Eds MA Bakr, KHM Siddique, C Johansen) pp. 63-69.
- Bravo, H.R., y I. Acuña B. 2008. Red de alerta temprana para el tizón tardío de la papa. INIA-Tierra adentro. INIA-Chile. Julio-agosto 2008. Gobierno de Chile.
- Carrillo-Fasio, J. A., R. Allende-Molar & R. García-Estrada. 2012. Métodos preventivos para el control de la rabia y mildiu del garbanzo. Artículo presentado en la Memoria de capacitación, VIII Jornada del cultivo del garbanzo, Culiacán, Sinaloa, México.
- Grewal, J.S., M. Pal M and N. Rewal. 1992. Botrytis gray mold of chickpea in India. In ‘Botrytis gray mold of chickpea’. (Eds MP Haware, DG Faris, CLL Gowda) pp. 6–8. (ICRISAT: Patancheru, AP, India).
- Haware M.P., and D. McDonald. 1992. Integrated management of botrytis gray mold of chickpea. In ‘Botrytis gray mold of chickpea’. (Eds MP Haware, DG Faris, CLL Gowda) pp. 3–6. (ICRISAT: Patancheru, AP, India).
- Haware M.P. 1998. Diseases of chickpea. In ‘The pathology of food and pasture legumes’. (Eds D.J. Allen and J.M. Lenne) pp. 473–516. (ICARDA, CAB International: Wallingford, UK).
- Jiménez, O.F. 2009. Uso de la meteorología en el combate de enfermedades fitopatógenas. Documento especial. Vol. II. CATIE. San José, Costa Rica.
- Knights E.J., and K.H.M. Siddique. 2002. Manifestation of Botrytis cinerea on chickpeas in Australia. In ‘Workshop Proceedings Integrated Management of Botrytis Grey Mould of Chickpea in Bangladesh and Australia’. pp. 70–77. (Bangladesh Agricultural Research Institute: Joydebpur, Gazipur, Bangladesh).
- Pande, S., G. Singh, J.N. Rao, M.A. Bakr, P.C.P. Chaurasia, S. Joshi, C. Johansen, S.D. Singh J. Kumar, M.M. Rahman and C.L.L. Gowda. 2002. Integrated management of botrytis gray mold of chickpea. Information Bulletin No. 61, ICRISAT, Andhra Pradesh, India.
- Pande, S., J. Galloway, M.A. Gaur, K.H.M. Siddique, H.S. Tripathi, P. Taylor, M.W. MacLeod, A.K. Basandrai, A. Bakr, S. Joshi, G. Krishna Kishorel, D.A. Isenegger, J. Narayana Rao, and M. Sharma. 2006. Botrytis grey mold of chickpea: a review of biology, epidemiology, and disease management. Australian Journal of Agricultural Research 57: 1137–1150.
- Ramírez, A.J.A., I. Padilla V., y N. Castillo T. 2017. Control químico de las enfermedades foliares del garbanzo en el sur de Sonora. Folleto técnico inédito. INIFAP-CIRNO-CENEB. Ciudad Obregón, Sonora. 24 pp.



## EVALUACION DE FECHAS DE SIEMBRA Y DAÑOS DEL COMPLEJO DE LEPIDÓPTEROS EN GARBANZO

Agustín Alberto FU CASTILLO, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA,  
Gustavo Adolfo FIERROS LEYVA, Jose GRAGEDA GRAGEDA,  
Campo Experimental Costa de Hermosillo-INIFAP. Hermosillo, Sonora. México.  
fu.agustin@inifap.gob.mx

### Resumen

El garbanzo es atacado por un complejo de especies de la familia Noctuidae, responsables de daños significativos en la productividad. En los últimos años, han aparecido nuevas moléculas, muy efectivas para control de larvas de estas plagas; sin embargo, son de alto costo y pueden desarrollar resistencia. Evaluando fechas de siembra, y daños del complejo de lepidópteros se encontraron diferencias estadísticas significativas entre las mismas. Las fechas del 30 de diciembre al 18 de enero, registraron los mayores daños, superiores al umbral de comercialización y requirieron mayor control químico. Fechas siembra del 15 noviembre al 15 de diciembre, redujeron significativamente los daños y aplicaciones contra gusanos, además de que registraron los mayores rendimientos.

**Palabras clave:** control cultural, insecticidas, MIP.

### Introducción

El cultivo de garbanzo es afectado por *Heliothis* spp, *Spodoptera* spp, *Liriomyza* spp, y plagas de almacén. Los daños a nivel mundial son de 10-80% (Reed *et al.*, 1987). Los noctuidos son una familia muy importante, debido a que las larvas dañan muchos cultivos (Ruíz *et al.*, 2013). Los daños por insectos, en la etapa de floración a formación de cápsulas, afectan la producción hasta en 500 kg/ha. Actualmente, debido a las fallas del control químico y contaminación ambiental, el manejo integrado (MIP), es la estrategia para la protección del cultivo. El gusano soldado *Spodoptera exigua*, inicialmente se alimenta del follaje y pueden defoliar toda la planta, y posteriormente larvas grandes perforan las cápsulas y granos. Una vez que los granos alcanzan su madurez, son menos atractivos al insecto; sin embargo, bajo una fuerte presión del insecto y con larvas grandes es posible tener daños en granos maduros (Fu *et al.*, 2015). El complejo de *Heliothis* perfora las cápsulas para alimentarse de los granos en formación dejando un orificio irregular. Una larva de *Heliothis* o *Helicoverpa* puede destruir más de 40 cápsulas, durante su desarrollo (Chandrashekar, 2014). Evaluaciones en Australia, muestran que el control de *Helicoverpa* en floración no da como resultado un aumento significativo en el rendimiento o la calidad en comparación a retrasar el control hasta llenado de vainas.

El mayor daño lo causan larvas grandes durante llenado de vaina y madurez, estimando que una larva consume 2 gramos de grano durante su ciclo (Miles, 2013). El umbral de acción para *S. exigua* es 1 larva grande/10 plantas y para *H. spp* 1 larva/metro en formación vainas a (Chandrashekar *et al.*, 2014). El objetivo del presente estudio, fue evaluar diferentes fechas de siembra, y correlacionarla con daños de complejo de lepidópteros al momento de la cosecha.

### Materiales y métodos

El estudio se efectuó en un campo comercial "Agrícola CJ", ubicado en la Costa de Hermosillo, durante tres años consecutivos, en los ciclos 2017 y 2109. Las parcelas experimentales consistieron de 20 ha, donde se utilizó la variedad Blanoro. En el 2017 las fechas de siembra,

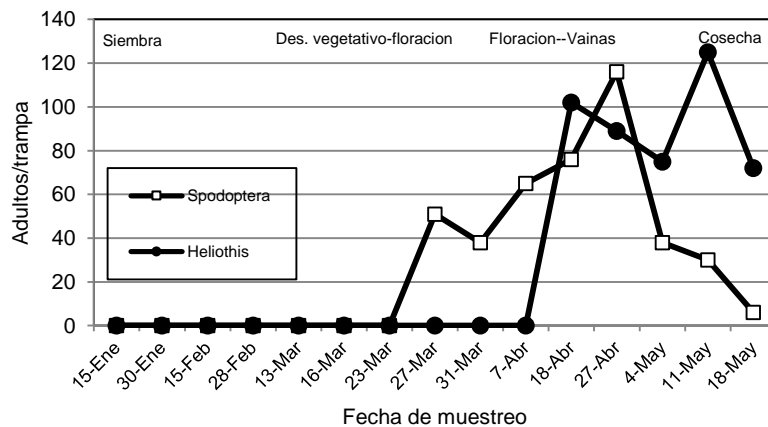
evaluadas fueron las utilizadas por el productor que son: 8, 16, 19 y 23 de noviembre, 11, 19 y 30 de diciembre, así como 2, 9, 13, 18 y 24 de enero.

Las variables evaluadas consistieron en la dinámica de adultos de noctuidos y el porcentaje de granos dañados por lepidópteros, en cada una de las fechas de siembra. Para lo anterior se seleccionó 1 kg de grano al momento de la trilla, el cual se examinó en el laboratorio de control de calidad. El estándar de comercialización utilizado, para comparar daños fue de 0.2%, es decir 2 g dañados o comidos/1000 g de grano.

En el 2020, únicamente se evaluaron variables de daños de complejo gusanos en precosecha y durante cosecha (% cápsulas dañadas, % granos dañados, rendimiento, calibre y daños en granos). Todas las fechas de siembra, recibieron el mismo programa de nutrición, combate de malezas y manejo de plagas. El diseño experimental consistió en un completamente al azar con tres y cinco repeticiones para los años 2017 y 2019, respectivamente. Los valores de granos dañados se analizaron con el paquete estadístico (SAS, 1996).

### Resultados y discusión

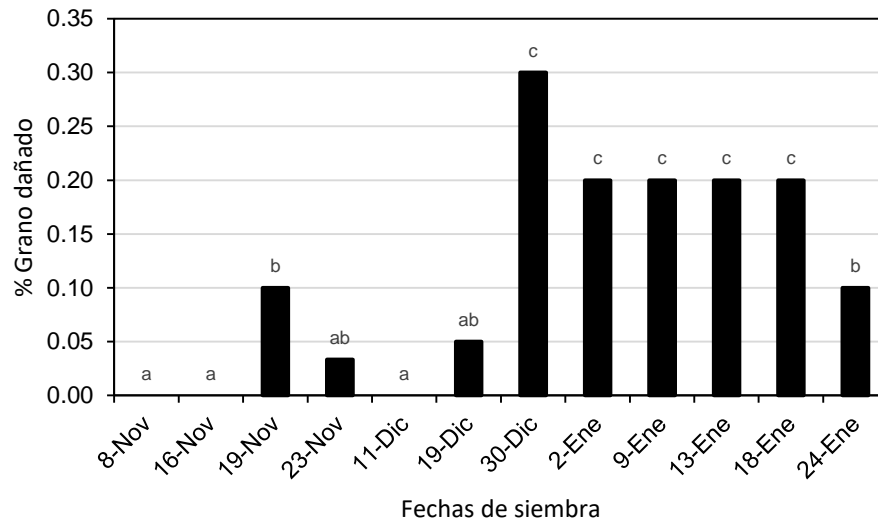
Los resultados de dinámica poblacional de *Spodoptera exigua* y *Heliiothis virescens*, indican que *S. exigua* aparece a partir de desarrollo vegetativo del cultivo, a finales de marzo y se mantiene hasta la formación de vainas (finales de abril). Posteriormente la población se reduce. *H. zea* aparece en formación de vainas y continua hasta la cosecha del cultivo desde abril a mayo (Figura 1).



**Figura 1. Dinámica poblacional de adultos de lepidópteros en garbanzo en la Costa de Hermosillo, Sonora.**

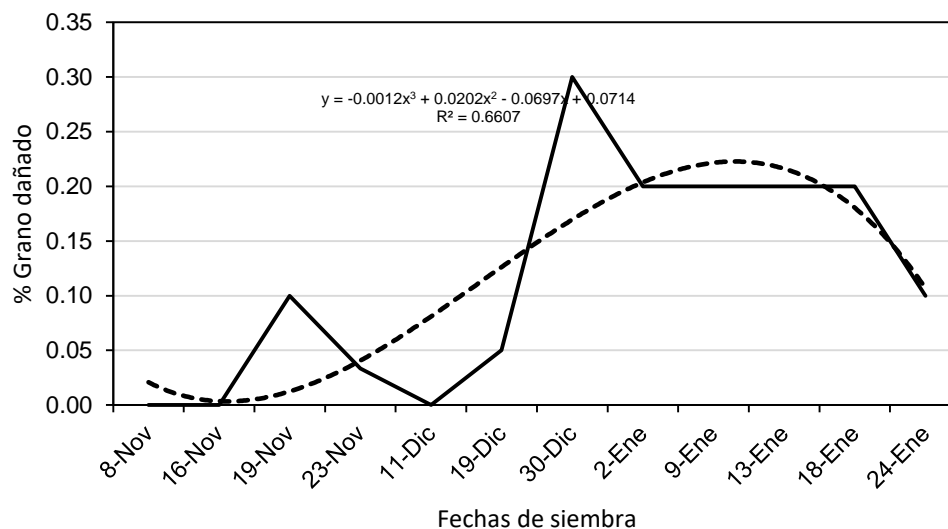
En la Figura 2 se muestran los porcentajes de daño por el complejo de lepidópteros en el grano cosechado, cribado y almacenado, donde se muestra que las fechas del 30 de diciembre, 2 de enero, 9 de enero, 13 de enero y 18 de enero, fueron estadísticamente diferentes al resto de las fechas de siembra, y registraron daños cercanos al umbral de exportación (0.2% grano comido). Fechas anteriores al 30 diciembre (tempranas) registran daños muy leves, y las fechas del 8 y 16 de noviembre, no registran ningún daño. Estos resultados confirman que la fecha intermedia,

presenta la mayor población de lepidópteros y condiciones climáticas ideales, para su desarrollo, a diferencia de siembras tempranas que escapan al ataque por ser cultivos más adelantados fisiológicamente cuando la plaga se presenta.



**Figura 2. Análisis estadístico de granos dañados (%) por complejo de lepidópteros en garbanzo en diferentes fechas de siembra en la Costa de Hermosillo, Sonora (Letras con misma literal, son estadísticamente iguales Tukey 0.05%).**

En la Figura 3 se presenta la correlación entre la fecha de siembra y los daños causados por lepidópteros en porcentaje de granos consumidos. En esta figura se observa, que esta relación se ajusta a una polinomial  $y = -0.0012x^3 + 0.0202x^2 - 0.0697x + 0.0714$ , con  $R^2 = 0.6607$ . Este modelo permite determinar, la fecha ideal, para escapar a daños por gusanos, las cuales comprenden del 8 de noviembre al 19 de diciembre. Siembras tardías a este período, alcanzan los mayores daños, y se reducen en fechas muy tardías. Es importante complementar los resultados con rendimiento y calidad de grano.



**Figura 3. Correlación entre porcentaje de granos dañados por complejo de lepidópteros en diferentes fechas de siembra en la Costa de Hermosillo, Sonora.**

Los datos de 2020 indican que fechas de siembra intermedia, entre el 15 noviembre al 15 diciembre, registraron los mayores rendimientos  $2.8 \text{ ton ha}^{-1}$  de grano de exportación y menores daños por gusanos con 2% de cápsulas dañadas en campo, y el muestreo de empaque arrojó 0.01% de grano dañado. A diferencia de fechas más tardías, entre 1 enero a 15 febrero, donde se registró una reducción en la producción a  $2.3 \text{ ton ha}^{-1}$ , debido a menor potencial productivo y mayor daño del complejo de plagas, con 6% cápsulas dañadas en campo, y un 0.5% de grano dañado en el muestreo de empaque. Además en fechas tardías se efectuaron 3 aplicaciones insecticidas, mientras que en fecha intermedia solo se aplicó una vez (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Evaluación de fechas siembra y daños del complejo de gusanos en garbanzo.**

Fechas siembra	Rendimiento de grano de exportación ( $\text{ton ha}^{-1}$ )		Prom.	% Grano dañado por gusanos en empaque (Previo a criba)		Prom.
	2017	2020		2017	2020	
Temprana (8-15 Nov)	1.2c	-	1.2c	0.001c	-	0.001b
Intermedia (15 Nov-15 Dic)	2.5a	2.8a	2.7a	0.01b	0.02b	0.015b
Tardía (15 Dic-15 Ene)	2.2ab	2.3b	2.2b	0.5a	0.42a	0.46a

Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey 5%).

### Conclusiones

- Siembras de garbanzo en el período del 30 de diciembre al 18 de enero, son significativamente dañadas por complejo de lepidópteros, mientras que las anteriores al 30 de diciembre, no tienen este problema.
- El establecimiento de fechas ideales, permiten reducir daños por estas plagas y uso de insecticidas.
- En fechas intermedias se redujo el uso de insecticidas en un 60%.

**Literatura citada**

- Fú C.A.A., P. Ortega M.; G. A. Fierros L. y J. Grageda G. 2015. Manejo integrado de plagas del Garbanzo. III Simposio Nacional de Garbanzo. Mem. Científica No. 7. CECH-INIFAP. P:64-70.
- Fu C. A.A.; P.F. Ortega M.; G. A.Fierros L.; J. Grageda G. 2017. Evaluación de fechas de siembra y daños del complejo de Lepidópteros en Garbanzo. V Simposio Nacional Garbanzo. Memoria Científica No. 11. INIFAP-Campo Exp. Costa de Hermosillo. Pp: 81-84.
- Fu C. A.A.; P.F. Ortega M.; G. A.Fierros L.; J. Grageda G.2020. Manejo Integrado de Plagas en Garbanzo en la Costa de Hermosillo. Desplegable para Productores Núm. 34. CECH-INIFAP.
- Chandrashekar, K.; M.Gupta O. y S. Yelshetty. 2014. Integrated pest management for Chickpea. Centre Int. pest management. IARI New Delhi, India. Pp:43.
- Miles M. 2013. Chickpea insect pest management Northern grains region. <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/au/deed.en>.
- Reed, W., C. Cardona, S. Sithanatham & S. S. Lateef, 1987. Chickpea Insect Pest and Their Control. pp. 283-318. In: The Chickpea. CAB Int. Wallingford, Oxon, UK, 409 pp.
- Ruíz C., J.A., E. Bravo M., G. Ramírez O., A.D. Báez G., M. Álvarez C., J.L. Ramos G., U. Nava C. y K.F. Byerly M. 2013. Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. 447 p.
- Statistical Analysis System Institute (SAS Institute). 1996. Statistical Analysis System. Cary, N.C. USA.

## RENDIMIENTO Y CALIDAD DE GRANO DE OCHO VARIEDADES Y DOS LÍNEAS AVANZADAS DE GARBANZO BLANCO (*Cicer arietinum* L.) EN FECHA TARDÍA

Gustavo Adolfo FIERROS-LEYVA<sup>1</sup>, Pedro Fco. ORTEGA-MURRIETA<sup>1</sup>,  
Jorge Alberto ACOSTA-GALLEGOS, Isidoro PADILLA-VALENZUELA,  
Víctor VALENZUELA-HERRERA<sup>4</sup>, Erasmo GUTIERRES-PÉREZ<sup>5</sup>,  
Franklin Gerardo RODRÍGUEZ-COTA<sup>6</sup>

<sup>1</sup>INIFAP-CE Costa de Hermosillo; <sup>2</sup>INIFAP- CE Bajío; <sup>3</sup>INIFAP-CE Norman Borlaug,  
<sup>4</sup>INIFAP-CE Valle de Culiacán, <sup>5</sup>INIFAP-CE Todos Santos, <sup>6</sup>INIFAP-CE Valle del Fuerte.  
fierros.gustavo@hotmail.com

### Resumen

En México el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) ha tenido una creciente demanda en los mercados internacionales principalmente de tamaños grandes en Europa. El noroeste del país ha sido su principal proveedor, y se ha posicionado como un cultivo estratégico dentro de la agricultura del noroeste de México. Las condiciones predominantes durante el ciclo de desarrollo del cultivo, proporcionan una gran variación de climas, tipos de suelo y sistemas de producción que permiten cultivar garbanzo con buen rendimiento y calidad de grano que exige el mercado internacional; sin embargo, dicha producción está sujeta a variaciones del clima que modifica en gran medida el potencial de rendimiento de las variedades. La fecha de siembra en la que se establece este cultivo es de gran importancia ya que el rendimiento está altamente influenciado por el clima. En Sonora la fecha de siembra óptima en base a resultados experimentales está comprendida del 15 de noviembre al 15 de diciembre, se menciona que en fechas de siembra tardías las variedades de ciclo precoz producen mejor que las variedades tardías. El objetivo de este estudio fue el de explorar los diferentes escenarios de fechas de siembra y la respuesta de genotipos de garbanzo en rendimiento y calidad de grano a cada uno de ellos. En el ciclo 2019-20, se evaluaron ocho variedades y dos líneas élite en fecha de siembra tardía, sembrándose el 10 de febrero del 2020, se usó el diseño de bloques al azar. En rendimiento de grano se detectó diferencia significativa entre materiales de garbanzo, calibre de origen, calibre de exportación y en porcentaje de exportación. En rendimiento de grano de origen, sobresalieron Mazocahui, BlancoSon, HOGA 021, Sinalomex y HOGA 2006-14-8.

**Palabras clave:** calibre de exportación, porcentaje de exportación, rendimiento de grano, calidad

### Introducción

El garbanzo se ha posicionado como un cultivo estratégico dentro de la agricultura del Noroeste de México gracias a la producción de grano grande (calibre 40-44), color blanco y calidad de exportación, lo que ha permitido una creciente demanda en los mercados internacionales principalmente Europa. En México y básicamente el noroeste del país ha sido su principal proveedor (Manjarrez *et al.*, 2006). La fecha de siembra en la que se establece este cultivo es de gran importancia ya que el rendimiento está altamente influenciado por el clima (Fierros *et al.*, 2014). Las condiciones predominantes durante el ciclo de desarrollo del cultivo proporcionan una gran variación de climas, tipos de suelo y sistemas de producción que permiten cultivar garbanzo con buen rendimiento y la calidad de grano que exige el mercado internacional; sin embargo, dicha producción está sujeta a las variaciones del clima que se presenta año tras año y que modifica en gran medida el potencial de rendimiento de las variedades, su ramificación, ciclo vegetativo y período de floración entre otras características (Salinas y Manjarrez 2006).

En Sonora la fecha de siembra óptima en base a resultados experimentales está comprendida del 15 de noviembre al 15 de diciembre (García, 1977), aunque en años con alta humedad relativa pueden presentarse enfermedades foliares y heladas principalmente en el norte del estado, en la etapa de floración y fructificación lo que afecta calidad y rendimiento de grano. Morales *et al.* (2004), además indican que las fechas de siembra tempranas a partir del 2 de octubre hasta el 21 de noviembre tuvieron mejor comportamiento en rendimiento que las fechas mas tardías a partir del 29 de diciembre hasta el 23 de enero, también menciona que en fechas de siembra tardías las variedades de ciclo precoz producen mejor que las variedades tardías. Ortega *et al.*, (2010), mencionan que en la Costa de Hermosillo, el período óptimo de siembra es del 15 de noviembre al 31 de diciembre, las siembras mas tempranas tienen mayor riesgo de daños por heladas y siembras tardías son afectadas por altas temperaturas y plagas, además de obtener menor calibre de grano y de ser necesario se tiene que dar un riego de auxilio adicional. . La fecha de siembra en la que se establece este cultivo es de gran importancia ya que el rendimiento está altamente influenciado por el clima.

En Sonora la fecha de siembra óptima en base a resultados experimentales está comprendida del 15 de noviembre al 15 de diciembre, se menciona que en fechas de siembra tardías las variedades de ciclo precoz producen mejor que las variedades tardías. El objetivo de este estudio fue el de explorar los diferentes escenarios de fechas de siembra y la respuesta de genotipos de garbanzo en rendimiento y calidad de grano a cada uno de ellos. En la Costa de Hermosillo, las fechas tempranas noviembre tienen mayor riesgo de heladas, y las tardías (después del 15 de enero) a temperaturas altas principalmente en floración, además de estar más expuestas a presencia de plagas y requerir mayor consumo de agua. El objetivo de este estudio fue el de explorar los diferentes aspectos que afectan al rendimiento y calidad del grano en siembras tardías.

### **Materiales y métodos**

En el ciclo otoño invierno 2019-20, se realizó un ensayo de evaluación de rendimiento y calidad de grano de garbanzo tipo Kabuli de 8 variedades y dos líneas élite, Combo 743, HOGA 021, Mazocahui, Costa 2004, Sinalomex, Tequi Blanco 98, Blanco Sinaloa 92, BlancoSon, Blanoro y HOGA 2006-14-8, en fecha de siembra tardía del 10 de febrero del 2020. El estudio se hizo en el C.E. Costa de Hermosillo, con coordenadas geográficas 28° 45' 11" latitud norte y 111° 27' 41" longitud oeste. La siembra se hizo en forma mecánica con sembradoras modificadas para depositar la semilla manualmente, se sembraron 14 semillas por metro lineal, el riego se hizo a través de cinta de goteo con goteros a 30 cm y gasto de 0.87 l/g/h, la separación de cintas fue de 1.6 m con 2 hileras de siembra por cinta a 40 centímetros entre hileras, la parcela experimental fue de 1 cama doble hilera por 10 m de largo (16 m<sup>2</sup>) y la parcela útil de 1 cama doble hilera por 5 m de largo (8 m<sup>2</sup>) con 3 repeticiones.

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron plagas como gusano soldado (*Spodoptera exigua*), gusano bellotero (*Heliothis sp*) y minador de la hoja (*Liriomyza spp*), y enfermedades de la raíz. En cada fecha de siembra se tomó incidencia de enfermedades de la raíz ocasionado básicamente por *Fusarium sp*, para el control de maleza se aplicó trifluralina de presiembra en dosis de 1.0 kg ia/ha y oxyfluorfen en dosis de 240 gr ia/ha sobre terreno húmedo después de la

siembra de preemergencia a las malezas y al cultivo. Se tomó información de cápsulas por planta por genotipo y por fecha, rendimiento de grano de origen y de exportación, calibre y porcentaje de exportación. Para el análisis de los componentes se utilizó el diseño de bloques al azar.

### Resultados y discusión

En rendimiento de grano de origen, de acuerdo al análisis estadístico, se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ), sobresaliendo en esta variable Mazocahui, BlancoSon, HOGA 021, Sinalomex y HOGA 2006-14-8 cuyos rendimientos de grano en ese mismo orden fueron  $1.99 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $1.88 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $1.82 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $1.75 \text{ t ha}^{-1}$  y  $1.71 \text{ t ha}^{-1}$ . Tequi Blanco fue de las variedades de menor rendimiento, esta variedad estuvo fuertemente afectada por las altas temperaturas del ciclo debido a su ciclo tardío, el rendimiento fue de  $1.3 \text{ t ha}^{-1}$ , las variedades Blanoro y Costa 2004 fueron las que presentaron los rendimientos más bajos con  $1.12$  y  $0.82 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente, estas dos variedades estuvieron fuertemente afectadas por *Fusarium* sp a partir de llenado de grano hasta el final del ciclo. ). Fierros *et al.* (2011), encontraron que en un ensayo de evaluación de fechas de siembra en la Costa de Hermosillo, las fechas que mostraron mejor rendimiento fueron el 30 de noviembre, 19 de diciembre y 11 de enero, siendo estadísticamente iguales, con rendimiento de  $2.49$ ,  $2.58$  y  $2.62 \text{ t ha}^{-1}$ , la fecha del 10 de noviembre fue estadísticamente diferente con el menor rendimiento con  $1.82 \text{ t ha}^{-1}$  (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Rendimiento de origen de ocho variedades y dos líneas avanzadas de garbanzo blanco en la Costa de Hermosillo, Sonora. 2020.**

Variedad/Línea	Rendimiento de origen ( $\text{t ha}^{-1}$ )	Significancia (DMS 0.05)
Mazocahui	1.99	a
BlancoSon	1.88	a
HOGA 021	1.82	a
Sinalomex 2018	1.75	a
HOGA 2006-14-8	1.71	a
Combo 743	1.70	a
Blanco Sinaloa 92	1.65	ab
Tequi Blanco 98	1.30	bc
Blanoro	1.12	cd
Costa 2004	0.82	d
<b>DMS</b>	<b>0.388</b>	



En rendimiento de exportación, el cual se obtiene al multiplicar el rendimiento de origen por el porcentaje de exportación de cada genotipo de garbanzo, en esta variable de acuerdo al análisis estadístico, se detectó diferencia significativa entre genotipos ( $P > 0.05$ ), sobresaliendo las variedades Mazocahui y Sinalomex 2018 con rendimientos de 1.58 y 1.52 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, y al igual que en rendimiento de origen, las variedades Tequi Blanco 98, Blanoro y Costa 2004 fueron las que tuvieron menor rendimiento de grano de exportación con 0.67, 0.62 y 0.38 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. El rendimiento de exportación es al final de la criba el volumen de grano que tiene la calidad que el mercado internacional exige en cuanto a tamaño de grano (Cuadro 2). Ortega *et al.* (2010) mencionan que en la Costa de Hermosillo, el período óptimo de siembra es del 15 de noviembre al 31 de diciembre, las siembras más tempranas tienen mayor riesgo de daños por heladas y siembras tardías son afectadas por altas temperaturas y plagas, además de obtener menor calibre de grano.

**Cuadro 2. Rendimiento de exportación de ocho variedades y dos líneas avanzadas de garbanzo blanco en la Costa de Hermosillo, Sonora. 2020.**

Variedad/Línea	Rendimiento de exportación (t ha <sup>-1</sup> )	Significancia (DMS 0.05)
Mazocahui	1.59	a
Sinalomex 2018	1.52	a
BlancoSon	1.44	ab
HOGA 2006-14-8	1.41	ab
Combo 743	1.32	abc
HOGA 021	1.18	bc
Blanco Sinaloa 92	1.03	c
Tequi Blanco 98	0.67	d
Blanoro	0.62	d
Costa 2004	0.38	d
<b>DMS</b>	<b>0.33</b>	

En calibre de origen de grano, el análisis de la varianza mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). El mejor calibre se obtuvo con la variedad Combo 743, siendo estadísticamente igual a la línea HOGA 2006-14-8 y la variedad Sinalomex 2018 con valores de 54, 54 y 55 granos en 30 gramos en ese mismo orden. Las variedades Tequi Blanco 98 y Costa 2004 fueron las que mostraron los calibres más delgados con valores de 68 y 72 granos en 30 gramos, la variedad Tequi Blanco por su carga genética es de calibre delgado, sin embargo Costa 2004 su carga genética indica que es de calibre grueso, sin embargo el resultado obtenido se debe a la susceptibilidad mostrada por esta variedad a la presencia de hongos que afectan la raíz. Es necesario mencionar que el calibre de origen es el obtenido una vez cosechado el grano en campo sin pasarlo por criba (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Calibre de origen de ocho variedades y dos líneas avanzadas de garbanzo blanco en la Costa de Hermosillo, Sonora. 2020.**

Variedad/Línea	Calibre de origen (granos/30g)	Significancia (DMS 0.05)
Combo 743	54	a
HOGA 2006-14-8	54	a
Sinalomex 2018	55	a
BlancoSon	56	ab
Mazocahui	57	bc
Blanco Sinaloa 92	58	cd
Hoha 021	61	d
Blanoro	64	d
Tequi Blanco 98	68	d
Costa 2004	72	e
<b>DMS</b>	<b>3.3</b>	

En calibre de exportación, el análisis de la varianza mostró diferencia significativa entre genotipos ( $P < 0.05$ ), sobresaliendo las variedades Sinalomex 2018, Blanco Sinaloa 92, Combo 743 y BlancoSon con calibres de exportación de 54, 54, 55 y 56 granos/30g. Esta variable se ve fuertemente afectada por temperaturas altas al final del ciclo en fechas de siembra tardías, por lo que se sugiere sembrar en fechas óptimas. Los calibres más delgados o más chicos fueron obtenidos con Costa 2004 con 68 granos/30 g, esta variedad se vio fuertemente afectada por enfermedades de la raíz asociadas con la “Rabia del Garbanzo”, y Tequi Blanco 98 con 72 granos/30 g, esta variedad es de grano chico además de ciclo tardío por lo que se vio más afectada por las altas temperaturas al final del ciclo (Cuadro 4).

**Cuadro 4. Calibre de exportación de ocho variedades y dos líneas avanzadas de garbanzo blanco en la Costa de Hermosillo, Sonora. 2020.**

Variedad/Línea	Calibre de exportación (granos/30g)	Significancia (DMS 0.05)
Sinalomex 2018	54	a
Blanco Sinaloa 92	54	a
Combo 743	55	a
BlancoSon	56	a
Mazocahui	57	ab
HOGA 2006-14-8	58	bc
Blanoro	61	c
HOGA 021	64	d
Costa 2004	68	e
Tequi Blanco 98	72	f
<b>DMS</b>	<b>2.6</b>	

En porcentaje de exportación, el cual se refiere al total del grano que reúne las características de tamaño para tener la aceptación del mercado internacional, el cual se determina al pasarlo

por una criba de 9mm de diámetro, el análisis estadístico determinó diferencia significativa entre genotipos de garbanzo, sobresaliendo Sinalomex 2018, HOGA 20076-14-8 y Mazocahui con valores en ese mismo orden de 87, 83 y 79% de exportación, al igual que en las variables anteriores esta se ve fuertemente afectado cuando el cultivo se establece en fechas tardías lo cual hace que el llenado de grano coincida con temperaturas altas, los genotipos que presentaron menores valores de porcentaje de exportación fueron Tequi Blanco 98 y Costa 2004 con 51 y 44%, lo cual se consideran valores muy bajos, estos materiales se vieron afectados por enfermedades de la raíz en el caso de Costa 2004 y por su ciclo tardío en el caso de Tequi Blanco 98 (Cuadro 5).

Manjarrez (2006) en un trabajo de fechas de siembra realizado en el 2006 en el norte de Sinaloa, encontró que la variedad Blanco Sinaloa 92 sembrada el 15 de noviembre tuvo porcentaje de exportación de 87%, en fecha de siembra 30 de noviembre el porcentaje de exportación fue menor con 78.53% y en fecha de siembra de 12 de diciembre esta variable disminuyó a 77.84%. Salinas y Manjarrez (2006), en el 2004-05 en el norte de Sinaloa, encontraron que la variedad Blanco Sin. 92 disminuyó su porcentaje de exportación de 88.1 en siembras de 13 de noviembre a 82.6 en siembra del 28 de noviembre, y 77.7 cuando fue sembrado en diciembre 15 y 90% en fecha de siembra del 29 de diciembre

**Cuadro 5. Porcentaje de exportación de ocho variedades y dos líneas avanzadas de garbanzo blanco en la Costa de Hermosillo, Sonora. 2020.**

<b>Variedad/Línea</b>	<b>Porcentaje de exportación (%)</b>	<b>Significancia (DMS 0.05)</b>
Sinalomex 2018	87	a
HOGA 2006-14-8	83	ab
Mazocahui	79	ab
Combo 743	78	b
BlancoSon	76	b
HOGA 021	66	c
Blanco Sinaloa 92	62	c
Blanoro	52	d
Tequi Blanco 98	52	d
Costa 2004	44	d
<b>DMS</b>	<b>9.4</b>	

### **Conclusión**

La fecha de siembra tardía afectó severamente el rendimiento de grano así como los componentes de calidad.

**Literatura citada**

- Fierros, L.G.A., P.F. Ortega, M., I. Padilla, V., V. Valenzuela, H. y E. Gutierrez, P.E. 2014. Respuesta a la fecha de siembra de cinco genotipos de garbanzo blanco en la Costa de Hermosillo. Memoria Día del Agricultor 2014. INIFAP-CIRNO-CENEB Publicación especial No. 21 pp42-44.
- García Q. R. 1977. Efecto de 4 densidades y 3 fechas de siembra en el rendimiento de 3 variedades de garbanzo blanco en la Costa de Hermosillo. Avances de investigación. CIANO No. 1. p.56.
- Manjarrez, S.P., J.A. Morales, G., R.D. García, P. y R.A Salinas P. 2006. Variedades de garbanzo desarrolladas por INIFAP en Sinaloa y Sonora y la importancia de la biotecnología en su protección. In. Primer encuentro nacional de integrantes del sistema producto garbanzo en Sinaloa. Memoria Técnica No. 1 INIFAP.CIRNO-CEVACU. pp. 4-14.
- Morales, G.J.A., P.F. Ortega, M., N. Castillo, T. y L. Montoya, C. 2004. Siembra y cosecha. In. El cultivo del garbanzo blanco en Sonora. Libro técnico No.6. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Costa de Hermosillo. Morales, G.J.A., Durón, N.L.J., Martínez, D.G., Núñez, M.J.H. y Fú, C.A.A. editores. p 65-76
- Ortega, M.P.F., G.A. Fierros, L., A.A. Fú C. y G. Martínez D. 2010. Garbanzo. In. Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Costa de Hermosillo. INIFAP-CIRNO-CECH. Pp.57-65.
- Salinas, P.R.A. y P. Manjarrez, S.2006. Manejo agronómico del garbanzo. In. Memoria: Primer encuentro regional de integrantes del sistema producto garbanzo en Sinaloa. Memoria Técnica No.1. p. 15-20

## RELACIÓN ENTRE DESCRIPTORES MORFO-AGRONÓMICOS DEL FRUTO QUE IMPACTAN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL GARBANZO

Claudia María MELGOZA VILLAGÓMEZ<sup>1</sup>, Erasmo GUTIERRES PÉREZ<sup>1</sup>,  
Gustavo Adolfo FIERROS LEYVA<sup>2</sup>, Pedro Fco. ORTEGA MURRIETA,  
Jorge Alberto ACOSTA GALLEGOS<sup>3</sup>, Víctor VALENZUELA HERRERA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Todos Santos. INIFAP. La Paz, B. C. S.,

<sup>2</sup>Campo Experimental Costa de Hermosillo. INIFAP. Hermosillo, Son.

<sup>3</sup>Campo Experimental Bajío. Celaya, Gto.

<sup>4</sup>Campo Experimental Valle de Culiacán. INIFAP. Culiacán, Sin.  
melgoza.claudia@inifap.gob.mx.

### Resumen

Los programas de mejoramiento genético en garbanzo buscan potenciar las características que impactan en el rendimiento. En este sentido, las características de las nuevas variedades y un paquete tecnológico adaptado a cada región, son determinantes para incrementar la producción de garbanzo. El objetivo del presente estudio fue determinar la correlación entre los descriptores morfoagronómicos del fruto que impactan en los componentes de rendimiento y calidad del grano que además, permitan diferenciar a los genotipos HOGA 067, HOGA 2006-14-8 y Blanco Sinaloa 92. Se evaluaron siete descriptores morfoagronómicos en cuatro fechas de siembra. Los datos se analizaron por estadísticos simples y por análisis de Componentes Principales (CP). El coeficiente de variación (CV) entre los descriptores osciló entre 3.73 % y 33.58 %, correspondiendo a la proporción de grano de exportación (%EXP) y al número de granos por cápsula (GPC), respectivamente. En el análisis de CP el 88.36 % de la variación total evaluada se explicó en cuatro componentes. Los análisis estadísticos permitieron deducir: *i*) Los genotipos que presentan mayor rendimiento muestran mayor proporción de granos por cápsula y menor calibre de grano, comportamiento característico de la variedad Blanco Sinaloa 92 y la línea avanzada HOGA 067, *ii*) Las cápsulas con mayor valor de ancho de cápsula (AC) en etapa de madurez fisiológica tienden a contener más de un grano, sin embargo, la competencia por el espacio en la cápsula produce granos de menor calibre, aunque los genotipos con esta característica presentan mayor rendimiento de grano, *iii*) A medida que aumenta la longitud de la punta de la cápsula (LPC), el %EXP tiende a disminuir, el descriptor LPC, está relacionado con la longitud de cápsula (LC) y AC esta última, de correlación fuerte con el número de granos por cápsula.

**Palabras clave:** rendimiento, calibre de grano, longitud de punta de la cápsula.

### Introducción

En el año 2018 México ocupó el lugar número 10 a nivel mundial en producción de garbanzo con un volumen de 351,796 t de las cuales el 45.76% se exportaron, lo cual posicionó a México como el tercer mayor exportador a nivel mundial. Argelia es el principal destino de las exportaciones de la leguminosa mexicana, aunque el mayor aumento absoluto en el último bienio en ese rubro lo registran Turquía, España, Portugal y Perú (Atlas agroalimentario, 2019). El garbanzo se considera como fuente primaria de proteína vegetal en la dieta, además es un cultivo de bajo requerimiento hídrico que se adapta a condiciones de sequía y suelos de baja fertilidad, condiciones que prevalecen en Baja California Sur, por lo cual es un cultivo apto para la entidad y de importancia económica por la generación de divisas. Los programas de mejoramiento genético en garbanzo buscan potenciar las características que impacten en el rendimiento. En este sentido, las nuevas variedades y un paquete tecnológico adaptados a cada región, son determinantes. Sin embargo, seleccionar componentes del rendimiento y diferenciar genotipos

sobresalientes se dificulta debido a la estrecha base genética del garbanzo (Jannatabadi *et al.*, 2014), además de que el rendimiento y sus componentes están fuertemente influenciados por el medio ambiente y el manejo del cultivo (Shanmugam y Kalaimagal, 2019). El objetivo del presente estudio fue determinar la correlación entre los descriptores morfoagronómicos del fruto que impactan en los componentes de rendimiento y calidad del grano y que además, permitan diferenciar a los genotipos HOGA 067, HOGA 2006-14-8 y Blanco Sinaloa 92.

### Materiales y métodos

Los genotipos generados en el Programa de Mejoramiento Genético de Garbanzo del INIFAP Blanco Sinaloa 92, HOGA 067 y HOGA 2006-14-8 se evaluaron en instalaciones del Sitio Experimental Valle de Santo Domingo de INIFAP en B.C.S., ubicado en las coordenadas 25° 00' 35" N y 111° 39' 48" O, durante los ciclos otoño-invierno 2018-2019 y 2019-2020 en cuatro fechas de siembra establecidas como se observa en el Cuadro 1. Las parcelas se establecieron en un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones, cada parcela consistió en cuatro surcos de 5 m de longitud separados a 80 cm, como parcela útil se consideraron dos surcos centrales de 2 m de longitud. Los datos de los descriptores morfológicos del fruto se registraron de cinco plantas seleccionadas al azar de cada repetición, dando un total de 20 cápsulas por genotipo en etapa de madurez fisiológica de cada fecha de siembra (n=480). Las variables morfológicas se evaluaron con base en lineamientos establecidos por la UPOV (2005). En total se analizaron siete descriptores cuantitativos; longitud de cápsula (LC), ancho de cápsula (AC), longitud de punta de cápsula (LPC), granos por cápsula (GPC), rendimiento de campo (RC), porcentaje de grano de exportación (% EXP) calculado como la proporción del rendimiento de exportación (calculado como el rendimiento de grano con tamaño  $\geq 9$  mm) y el rendimiento de campo y calibre de grano de exportación (CG) calculado por el número de granos en 30 gramos de garbanzo. El análisis de los datos se realizó por estadísticos simples y por Componentes Principales (CP) con el programa JMP® versión 15.1 (SAS Institute Inc. 2020).

**Cuadro 1. Fechas de siembra de los genotipos de garbanzo Blanco Sinaloa 92, HOGA 067 y HOGA 2006-14-8, establecida a en el valle de Santo Domingo, B.C.S.**

Otoño-Invierno 2018-2019		Otoño-Invierno 2019-2020	
FS1-18	23 de octubre	FS1-19	17 de octubre
FS2-18	25 de noviembre	FS2-19	14 de noviembre
FS3-18	18 de diciembre	FS3-19	16 de diciembre
FS4-19	17 de enero	FS4-20	21 de enero

FS: Fecha de siembra.

### Resultados y discusión

En siete descriptores del fruto de los genotipos Blanco Sinaloa 92, HOGA 067 y HOGA 2006-14-8 evaluados en cuatro fechas de siembra durante los ciclos otoño-invierno 2018-2019 y 2019-2020, el CV osciló entre 3.73 % y 33.58 %, correspondiendo a la proporción de grano de exportación (%EXP) y al número de granos por cápsula (GPC), respectivamente. Los CV más altos (>20 %) se identificaron en los descriptores GPC (33.58 %), LPC (25.11%) y R (23.15 %).

Mientras que los coeficientes de variación más bajos (<10%) se presentaron en los descriptores %EXP (3.73 %), CG (6.51 %), LC (7.08 %) y AC (9.32 %) Cuadro 2. Resultados similares se han reportado en estudios recientes realizados en garbanzo tipo kabuli, donde se reporta al rendimiento entre los descriptores de mayor coeficiente de variación (Singh *et al.*, 2018; Melgoza *et al.*, 2019).

**Cuadro 2. Variación en siete descriptores morfoagronómicos de los genotipos de garbanzo Blanco Sinaloa 92, HOGA 067 y HOGA 2006-14-8, evaluados en cuatro fechas de siembra durante los ciclos otoño-invierno 2018-2019 y 2019-201020, en el valle de Santo Domingo, B.C.S.**

Descriptores	Unidad de medida	Mín.	Máx.	Media	DS	CV
Longitud de la cápsula (LC)	mm	20.50	34.81	29.40	2.08	7.08
Ancho de cápsula (AC)	mm	12.02	20.16	15.07	1.41	9.32
Longitud de punta de la cápsula (LPC)	mm	1.03	5.88	3.18	0.80	25.11
Número de granos por cápsula (GPC)	número	1	3	1.51	0.51	33.58
Calibre de grano de exportación (CG)	número	36.00	48.00	42.66	2.78	6.51
Rendimiento de campo (R)	kg ha <sup>-1</sup>	1656	5662	3840.72	888.96	23.15
Grano de exportación (%EXP)	porcentaje	80.18	97.81	93.40	3.48	3.73

*Mín:* Valor más pequeño del conjunto de datos; *Máx:* Valor más grande del conjunto de datos; *DS:* Desviación estándar; *CV:* Coeficiente de variación en %.

En el análisis de CP el 88.36 % de la variación total evaluada se explicó en cuatro componentes. El primer componente (CP1) representa el 46.69 % de la variación, esta correlacionado positivamente con el ancho de cápsula (AC), el número de granos por cápsula (GPC) y con la longitud de la cápsula (LC), y negativamente con el calibre de grano (CG). El segundo componente (CP2), representa el 19.25 % variabilidad total, esta correlacionado de forma negativa con la proporción de grano de exportación (% EXP) y el rendimiento (R), muestra correlación positiva con el calibre de grano (CG) y la longitud de punta de la cápsula (LPC) de (Cuadro 3).

En la Figura 1, se observa que el descriptor calibre de grano (CG) es opuesto al rendimiento (R), lo cual significa que a medida que aumenta el calibre de grano disminuye el rendimiento. El ancho de cápsula (AC) y el número de granos por cápsula (GPC), muestran correlación fuerte y positiva. El grupo de descriptores de mayor correlación se define por AC, GPC, LC y LPC, este grupo se correlaciona de forma negativa con la proporción de grano de exportación (%EXP), lo que significa que a medida que aumenta este grupo de descriptores disminuye %EXP. Cabe mencionar que a medida que aumenta la longitud de punta de la cápsula (LPC), disminuye también la proporción de grano de exportación (%EXP), lo cual se atribuye a la presencia de más de un grano por cápsula y se refleja principalmente en el ancho y longitud de la cápsula, rasgos característicos de la variedad Blanco Sinaloa 92 y la línea avanzada HOGA 067, debido a la presencia de cápsulas con uno, dos y hasta tres granos.

**Cuadro 3. Componentes principales a partir de siete descriptores morfoagronómicos del fruto de los genotipos de garbanzo Blanco Sinaloa 92, HOGA 067 y HOGA 2006-14-8, evaluados en cuatro fechas de siembra durante los ciclos otoño-invierno 2018-2019 y 2019-2020 en el en el Valle de Santo Domingo, B.C.S.**

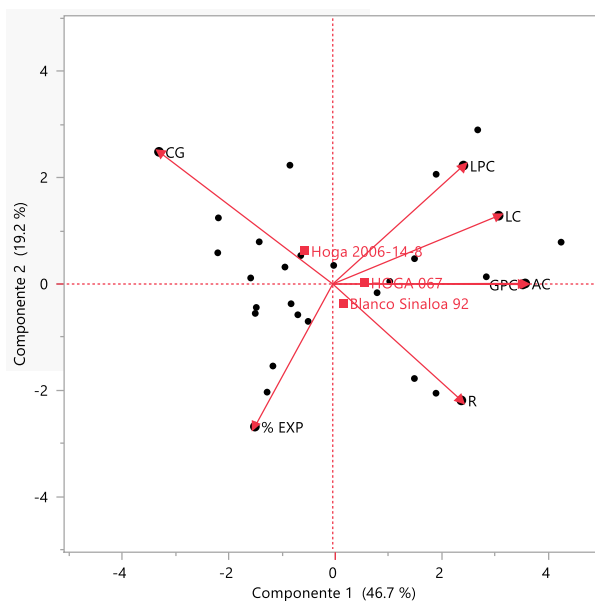
<i>Valores propios</i>						
CP	Valor propio	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)	Ji cuadrada	Grados de libertad	Prob > Ji cuadrado
CP1	3.2686	46.69	46.69	69.11	20.91	<.0001*
CP2	1.3472	19.25	65.94	33.32	19.12	0.0230*
CP3	0.8737	12.48	78.42	21.39	14.21	0.0985
CP4	0.6957	9.94	88.36	14.49	9.45	0.1252

<i>Vectores propios</i>				
	CP1	CP2	CP3	CP4
R	0.31147	-0.43978	-0.48821	0.44201
% EXP	-0.18855	-0.5389	0.71166	0.21446
CG	-0.42079	0.49935	-0.02288	0.01817
LC	0.40169	0.25808	0.47408	-0.04197
AC	0.46615	0.00214	0.11424	-0.1282
GPC	0.45995	-0.00173	-0.01699	-0.50664
LPC	0.3165	0.44746	0.12876	0.69529

*RC: Rendimiento de campo; %EXP: Proporción de grano de exportación; CG: Calibre de grano; LC: Longitud de cápsula; AC: Ancho de cápsula; GPC: Granos por cápsula; LPC: Longitud de punta de cápsula; CP: Componente principal.*





**Figura 1. Gráfica biplot del análisis de componentes principales (CP) con base en siete descriptores morfoagronómicos del fruto de los genotipos Blanco Sinaloa 92, HOGA 067 y HOGA 2006-14-8, evaluados en cuatro fechas de siembra durante los ciclos otoño-invierno 2018-2019 y 2019-2020 en el en el vUile de Santo Domingo, B.C.S.**

Lo anterior se refleja en la línea avanzada HOGA 067, que presenta uno y dos granos por cápsula en una proporción de 1:1.53 y en la variedad Blanco Sinaloa 92 que tiende a presentar hasta tres granos por cápsula en la proporción 1:1.13:0.027. Mientras que la línea avanzada HOGA 2006-14-8 muestra una proporción de GPC de 1 : 1.2, destacando por presentar mejor calibre de grano. En estudios recientes realizados por Melgoza *et al.* (2019) se reportó que el rendimiento de campo es mayor en los genotipos que presentan más de un grano por cápsula, también se evidenció el comportamiento inverso de la longitud de punta de la cápsula (LPC) con respecto a la variable %EXP y que además, la longitud de la punta de la cápsula es un descriptor de garbanzo independiente de la presión ambiental, los resultados obtenidos en diferentes fechas de siembra, así lo avalan, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en el presente estudio.

### Conclusiones

- Los genotipos que presentan mayor rendimiento muestran mayor proporción de granos por cápsula y menor calibre de grano, comportamiento característico de la variedad Blanco Sinaloa 92 y la línea avanzada HOGA 067.
- Las cápsulas con mayor valor de ancho de cápsula en etapa de madurez fisiológica tienden a contener más de un grano, sin embargo, la competencia por el espacio en la cápsula produce granos de menor calibre, aunque los genotipos con esta característica presentan mayor rendimiento de grano.
- A medida que aumenta la longitud de la punta de la cápsula, la proporción de grano de exportación disminuye. El descriptor LPC, está relacionado con la longitud de cápsula (LC) y AC esta última, de correlación fuerte con el número de granos por cápsula.

### Agradecimientos

Al Fondo Mixto CONACYT - Gobierno del estado de Baja California Sur por su apoyo al presente a través del proyecto: "GENERACIÓN DE TECNOLOGÍA DE PRODUCCIÓN Y VALIDACIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE GARBANZO BLANCO Y FORRAJERO PARA MEJORAR SU RENDIMIENTO Y CALIDAD, ANTE LOS EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN EL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR" con clave: BCS-2018-02-0188466.

### Literatura citada

- Atlas Agroalimentario 2019. SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROALIMENTARIA Y PESQUERA (SIAP) Consultado el 29 de octubre de 2020. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1yuG94lMrEDpt5XQHaoun6lzdHJj96yzi/view>.
- Jannatabadi A.A., Talebi R., Armin M., Jamalabadi J., Baghebani N. 2014. Genetic diversity of Iranian landrace chickpea (*Cicer arietinum* L.) accessions from different geographical origins as revealed by morphological and sequence tagged microsatellite markers. *Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology* 23:225-229, doi: 10.1007/s13562-013-0206-x
- Melgoza V. C. M., Gutierrez P. E., Avalos C. R., Fierros L. G. A., Ortega M. P. F. y Acosta G. G. A. 2019. Determinación de descriptores morfoagronómicos para diferenciar genotipos de garbanzo: HOGA 067, HOGA 2006-14-8 y Blanco Sinaloa 92. VII Simposio Nacional de Garbanzo. Memoria Científica No. 15. Pp. 101-110. Campo Experimental Costa de Hermosillo. CIRNO-INIFAP. Hermosillo, Sonora.
- SAS Institute Inc. 2020. Discovering JMP 15.1®. Cary, NC: SAS Institute Inc.
- Shanmugam M. and Kalaimagal T. 2019. Genetic variability, correlation and path coefficient analysis in chickpea (*Cicer arietinum* L.) for yield and its component traits. *int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.* 8(5): 1801-1808.
- Singh M. K., Singh A., and Rhods D. 2018 5(3): 131-135 Correlation, path analysis and genetic variability, of yield, and yield components in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *International Journal of Fauna and Biological Studies* 5(3): 131-135.
- UPOV, 2005. Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Homogeneity and Stability of *Cicer arietinum* L. [http://www.upov.int/index\\_en.html](http://www.upov.int/index_en.html)

## ANÁLISIS DE IMÁGENES MULTIESPECTRALES E INFRARROJAS ADQUIRIDAS CON VANT PARA EL MONITOREO DEL RIEGO EN GARBANZO

José Denis OSUNA AMADOR<sup>1,4\*</sup>, Armando TRASVIÑA CASTRO<sup>2</sup>,  
Rodrigo MÉNDEZ ALONZO<sup>1</sup>, Romeo SALDÍVAR LUCIO<sup>2</sup>, Rufina HERNÁNDEZ MARTÍNEZ<sup>1</sup>,  
Georgianne W. MOORE<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE),  
<sup>2</sup>CICESE-Unidad La Paz (CICESE-ULP), <sup>3</sup>Departamento de Ciencias y Manejo de Ecosistemas, Texas  
A&M University, <sup>4</sup>Campo Experimental Todos Santos del INIFAP, \*Estudiante Doctorado en Ciencias en  
Ciencias de la vida, CICESE. osunajd@cicese.edu.mx

### Resumen

Con el objetivo de evaluar la utilización de imágenes multiespectrales e infrarrojas tomadas con vehículos aéreos no tripulados (VANT) en el monitoreo del riego en garbanzo, se llevó a cabo la presente evaluación. Se tomaron imágenes multiespectrales utilizando una cámara Parrot Sequoia montada en un VANT Mavick Pro DJI y se utilizaron para el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de vegetación de diferencia normalizada usando límite rojo (NDVI2) y el índice de vegetación de diferencia normalizada verde (GNDVI); a través de los programas Python y QGIS 3.1 se obtuvo estadística básica para el análisis empleando el paquete SAS ver. 9.3. Las imágenes infrarrojas, se capturaron con una cámara Zenmuse XT, FLIR System, Inc. montada en un VANT Matrice 100 DJI y se procesaron con el software FLIR Tools. Los resultados indicaron heterogeneidad en los valores de índices de vegetación y temperatura ( $P < 0.01$ ), asociados a una condición variante del vigor y verdor de la planta, y de la temperatura del dosel en función de los tratamientos de irrigación deficitarios evaluados. En la presente evaluación, valores por debajo de 0.20 de NDVI, 0.025 de NDVI2 y  $< 0.11$  en GNDVI en el cultivo de garbanzo se asociaron a niveles de irrigación deficitarios. Las imágenes térmicas denotaron temperaturas  $0.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  más altas en plantas sometidas a una deficiencia en su irrigación del 50% con base en la evapotranspiración del cultivo.

**Palabras clave:** índices de vegetación, estrés hídrico, drones.

### Introducción

La agricultura de precisión (AP), vista como la aplicación de un conjunto de tecnologías de la información para gestionar una unidad de producción agrícola, permite eficientar el uso de los recursos y contribuye a la reducción del impacto ambiental (Cisternas *et al.*, 2020; Lu y Young, 2020). La fotogrametría, espectral e infrarroja, es una herramienta fundamental para la AP. Así, el monitoreo de los cultivos a partir de imágenes montadas en vehículos aéreos no tripulados (VANT), permite obtener índices de vegetación (IV) e imágenes térmicas (IT) ligadas al vigor de una planta asociados a factores agronómicos, entre estos, el estatus hídrico producto de un manejo específico (Ihuoma y Madramootoo, 2017; Park, 2018; Sagan *et al.*, 2019), factor de interés en la presente investigación en la búsqueda de incrementar la eficiencia en el uso del agua de riego en cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) relevante en Baja California Sur por el valor anual de la producción ( $> 130$  millones de pesos), por participar más de 250 productores y del cual se establecen anualmente 4,250 hectáreas ocupando un volumen de 17 millones de metros cúbicos de agua de riego (Navejas *et al.*, 2015; SAGARPA, 2016). Derivado de la carencia de información regional relacionada a la utilización de esta tecnología, el objetivo del presente trabajo fue evaluar su uso en el monitoreo del cultivo de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) sometido a diferentes niveles de irrigación.

## Materiales y métodos

La evaluación se desarrolló en el Campo Experimental Todos Santos del INIFAP utilizando una parcela de garbanzo de 564 m<sup>2</sup> establecida en diciembre de 2019 con la variedad Blanoro y en la que se evaluaron ocho tratamientos (Cuadro 1) de irrigación deficitaria (restricción del riego) con base en evapotranspiración del cultivo en etapas específicas del cultivo en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones (Figura 1). El marco de siembra del garbanzo fue en camas espaciadas a 1.6 m con doble hilera de planta (13 plantas m<sup>-1</sup> de hilera) por cama y se regó de manera semanal con cinta de goteo de acuerdo a la evapotranspiración del cultivo acumulada en periodos semanales. Las imágenes multiespectrales e infrarrojas se tomaron a los 63 días de desarrollo del cultivo (final floración) a medio día a una altura de 20 m.

La toma de imágenes multiespectrales se hizo con una cámara Parrot Sequoia montada en un VANT Mavick Pro DJI y se utilizaron para el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), índice de vegetación de diferencia normalizada usando limite rojo (NDVI2) y el índice de vegetación de diferencia normalizada verde (GNDVI). El NDVI se calculó con base en la fórmula  $NDVI = \frac{nir - red}{nir + red}$ , donde: nir= valor espectral de la banda infrarroja cercana y red= valor espectral de la banda roja (Kharuf *et al.*, 2018). El NDVI2 se calculó con base en la fórmula  $NDVI2 = \frac{nir - red\ edge}{nir + red\ edge}$ , donde: nir= valor espectral de la banda infrarroja cercana y red edge= valor espectral de la banda limite rojo (Subirá, 2013). En lo que corresponde al índice GNDVI, este se calculó con la fórmula  $GNDVI = \frac{nir - green}{nir + green}$ , donde: nir= valor espectral de la banda infrarroja cercana y green= valor espectral de la banda verde (Kharuf *et al.*, 2018). Los IV fueron calculados mediante programación en el sistema Python ver. 3.7.6; posteriormente, estas imágenes fueron analizadas en el software QGIS 3.1 para determinar la estadística de zona. Las imágenes infrarrojas, se captaron con una cámara Zenmuse XT, FLIR System, Inc. montada en un VANT Matrice 100 DJI y se procesaron con el software FLIR Tools. Con los datos calculados para cada uno de los IV e IT, esta última considerando la temperatura media por tratamiento, se desarrolló un análisis de varianza utilizando el programa estadístico SAS ver. 9.3 y se empleó el estadístico de prueba LSD al 0.05.

**Cuadro 1. Tratamientos de irrigación deficitaria evaluados en garbanzo.**

Trat	Descripción del tratamiento
T <sub>NI</sub>	Riego de germinación + 100% ETc vegetativo + 100% ETc Floración + 100 % ETc Llenado grano + 0 Senescencia <sup>1</sup>
T <sub>DI1</sub>	Riego de germinación + <b>75% ETc vegetativo</b> + <b>75% ETc Floración</b> + <b>75 % ETc Llenado grano</b> + 0 Senescencia
T <sub>DI2</sub>	Riego de germinación + <b>50% ETc vegetativo</b> + 100% ETc Floración + 100 % ETc Llenado grano + 0 Senescencia
T <sub>DI3</sub>	Riego de germinación + <b>75% ETc vegetativo</b> + 100% ETc Floración + 100 % ETc Llenado grano + 0 Senescencia
T <sub>DI4</sub>	Riego de germinación + 100% ETc vegetativo + <b>50% ETc Floración</b> + 100 % ETc Llenado grano + 0 Senescencia
T <sub>DI5</sub>	Riego de germinación + 100% ETc vegetativo + <b>75% ETc Floración</b> + 100 % ETc Llenado grano + 0 Senescencia
T <sub>DI6</sub>	Riego de germinación + 100% ETc vegetativo + 100% ETc Floración + <b>50 % ETc Llenado grano</b> + 0 Senescencia
T <sub>DI7</sub>	Riego de germinación + 100% ETc vegetativo + 100% ETc Floración + <b>75 % ETc Llenado grano</b> + 0 Senescencia

Trat= Tratamiento. T<sub>DI1</sub>...T<sub>DI7</sub>= Tratamiento de irrigación deficitaria. T<sub>NI</sub>= Irrigación normal (100% ETc). ETc= Evapotranspiración del cultivo, calculada usando el procedimiento de Hirich *et al.*, 2011. <sup>1</sup> Etapa del cultivo sin necesidad de irrigación.

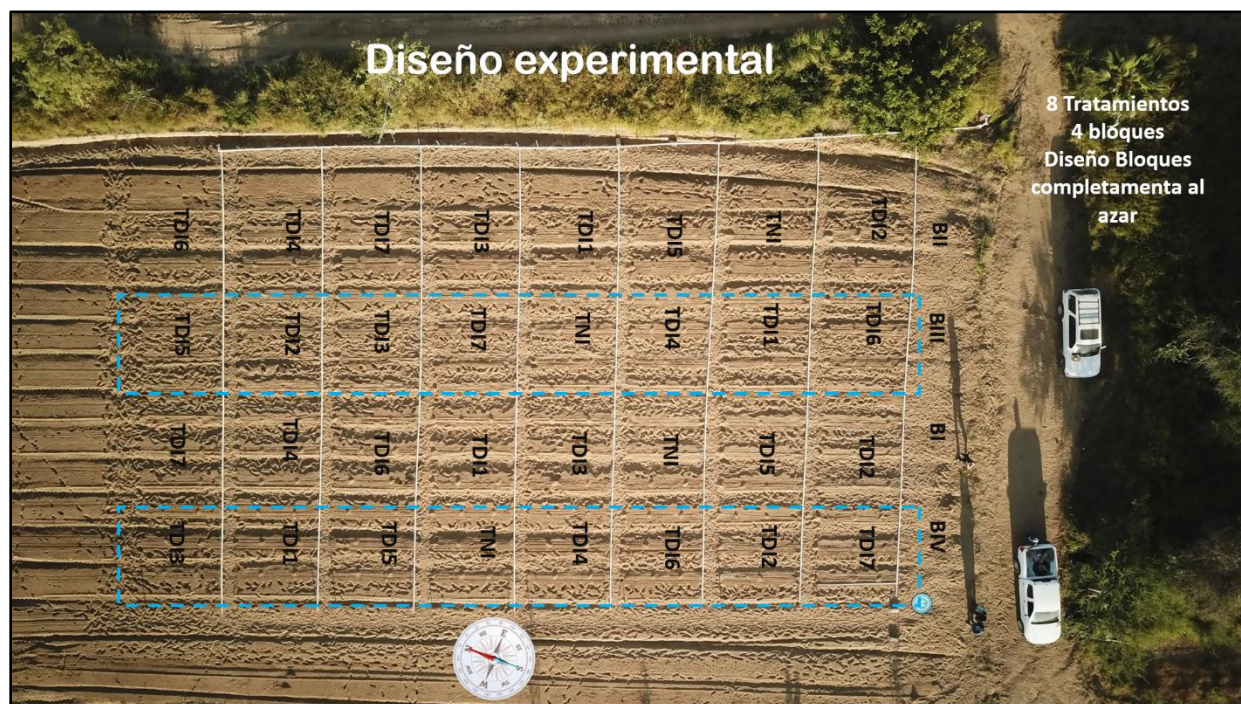


Figura 1. Distribución en campo de experimento de evaluación de irrigación deficitaria en garbanzo, que se utilizó para la toma de imágenes multispectrales e imágenes térmicas.

### Resultados y discusión

Los IV generados se presentan en la Figura 2, en estas imágenes se aprecia la heterogeneidad en los colores, lo que representa una condición variante del vigor y verdor de la planta en función de los tratamientos de irrigación evaluados. Los tres IV evaluados presentaron diferencia estadística ( $P < 0.01$ ; Figura 3). El tratamiento TDI4, tanto para el NDVI (Figura 3A) como el GNDVI (Figura 3A), presentó los valores más bajos con 0.285 y 0.108, respectivamente, lo que correspondió a la irrigación deficitaria con la aplicación solo del 50% de la evapotranspiración del cultivo como volumen de agua de riego. En lo que corresponde al NDVI2, este presentó una diferenciación de los valores más detallada lo que concuerda con lo citado por Subirá (2013) referente a la evidencia de que incorporar la banda espectral red-edge mejora la precisión y sensibilidad de los estudios relacionados con plantas.



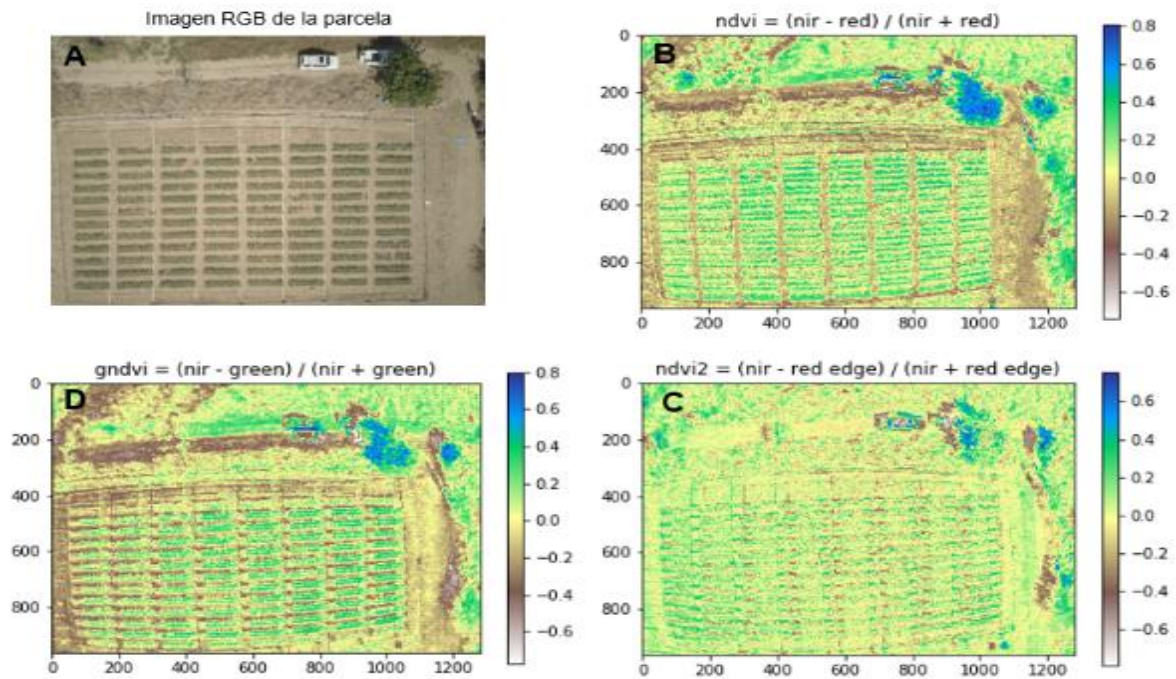
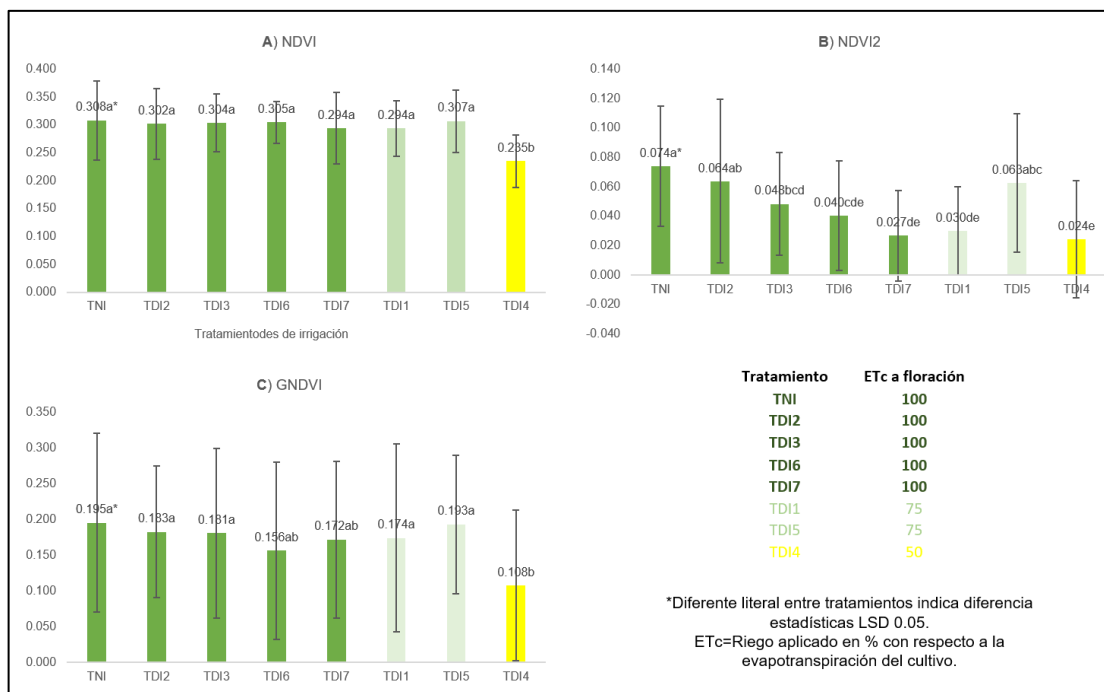


Figura 2. A) Imágen RGB de la parcela experimental, B) índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), C) índice de vegetación de diferencia normalizada limite rojo (NDVI2), y D) Índice de vegetación de diferencia normalizada verde (GNDVI) para el cultivo de garbanzo a finales de la etapa de floración, bajo diferentes niveles de irrigación deficitaria.



**Figura 3. Valores alcanzados por los tratamientos en A) índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), B) índice de vegetación de diferencia normalizada limite rojo (NDVI2), y C) Índice de vegetación de diferencia normalizada verde (GNDVI) para el cultivo de garbanzo a finales de la etapa de floración, bajo diferentes niveles de irrigación deficitaria.**

La interpretación de las IT (Figura 4), también presentó diferencia estadística ( $P < 0.01$ ), siendo los tratamientos de restricción del riego en un 25 al 50 % de la evapotranspiración del cultivo los que presentaron los valores mas altos en sus medias (rango de 27.01 a 27.72 °C), mientras que los tratamientos de irrigación ligados al 100% de le evapotranspiración del cultivo presentaron valores en sus medias de 26.28°C a 26.92. Con base en los rangos promedios de las temperaturas registradas, la aplicación de una reduccion del agua de riego pudiera generar un incremento de 0.6 °C en la temperatura del dosel de la planta con respecto a tratamientos mejor irrigados.

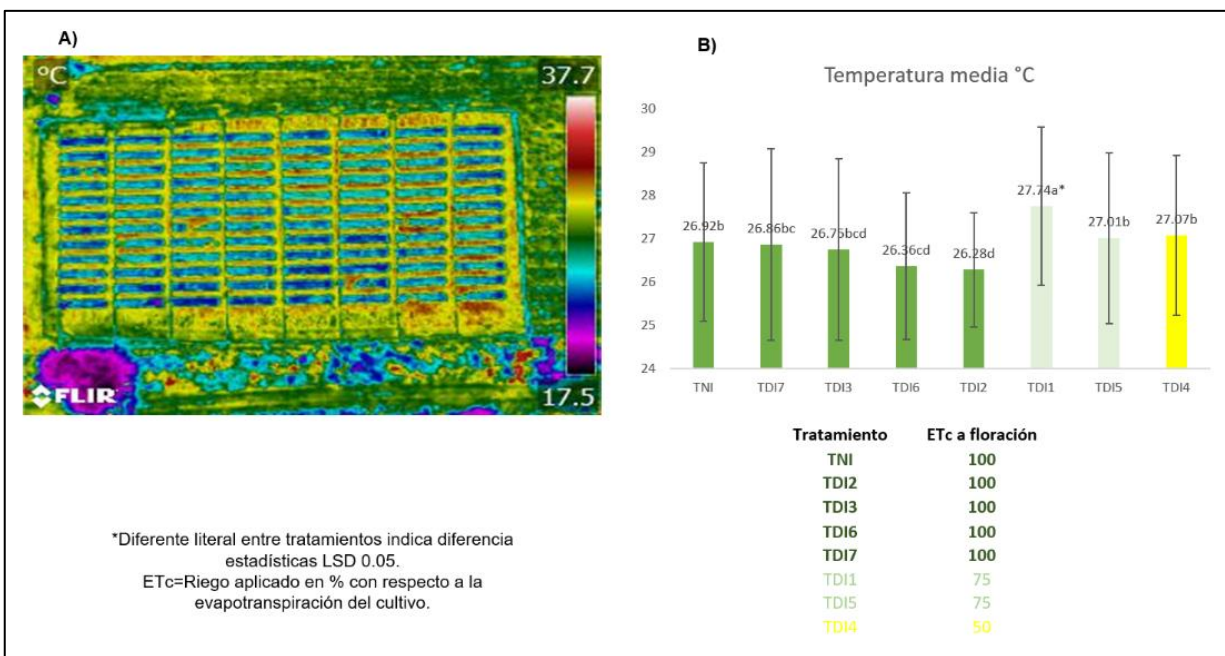


Figura 4. A) Imagen térmica de la parcela experimental utilizada para la evaluación de la irrigación deficitaria en garbanzo, B) Valores medios de temperatura promedio en los tratamientos evaluados.

### Conclusiones

- Los índices de vegetación en tratamientos restringidos en la irrigación presentaron valores menores en el vigor de la planta y en su verdor.
- Para el caso del presente trabajo, valores por debajo de 0.20 de NDVI, 0.025 de NDVI2 y <0.11 en GNDVI en el cultivo de garbanzo se pudieran relacionar a niveles de déficit hídrico.
- Las imágenes térmicas también reflejaron incrementos en la temperatura del dosel de plantas con déficit hídrico encontrándose valores de 0.6 °C más en plantas sometidas a una deficiencia en su irrigación hasta en un 50% de sus necesidades hídricas con base en la evapotranspiración del cultivo y con respecto a las mejor irrigadas.

### Literatura citada

- Cisternas, I., I. Velásquez, A. Caro y A. Rodríguez. 2020. Systematic literature review of implementations of precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 176. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105626> Consultado el 03 de octubre de 2020.
- FLIR System. Disponible en: <https://www.flir.com.mx/products/flir-tools> Consultado en 10 febrero de 2020.
- Hirich, A., R. Choukr-allah, S.E. Jacobsen, A. Hamdy, L. El Youssfi y H. El Omari. 2011. Improving water productivity of chickpea by the use of deficit irrigation with treated domestic water. *International Scholarly and Scientific Research & Innovation* 5 (11): 811-816.



- Ihuoma, S. y C.A. Madramooto. 2017. Recent advances in crop water stress detection. *Computers and electronics in Agriculture* 141: 267-275.
- Kharuf Gutierrez, S., R. Orozco Morales, O. de la C. Aday Díaz y E. Pineda Ruiz. 2018. Multispectral aerial image processing system for precision agriculture. *Sistemas y telemática* 16(47): 45-58. Disponible en: [doi:10.18046/syt.v16i47.3221](https://doi.org/10.18046/syt.v16i47.3221) Consultado el 02 de octubre de 2020.
- Lu, Y. y S. Young. 2020. A survey of public datasets for computer vision tak in precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture* 178. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105760> Consultado el 02 de noviembre de 2020.
- Navejas, J., E. Gutierrez, C. Melgoza y C. Cota. 2015. Recomendaciones para la producción de garbanzo con riego por goteo. Desplegable para productores no. 34. Campo Experimental Todos Santos, INIFAP-Baja California Sur.
- Park, Suyoung. 2018. Estimating plant water stress and evapotranspiration using very high resolution (VHR) UAV Imagery. Thesis Doctor in Philosophy. 115p. University of Melbourn, Melbourne, Australia.
- Python ver. 3.7.6. Disponible en: <https://www.python.org/psf/license/> Consultado el 7 febrero de 2020.
- QGIS 3.1. Disponible en: <https://download.qgis.org> Consultado el 15 de febrero de 2020.
- Sagan, V., M. Maimaitijiang, P. Sidike, K. Eblimit, K. T. Peterson, S. Hartling, F. Esposito, K. Khanal, M. Newcomb, D. Pauli, R. Ward, F. Fritschi, N. Shakoob y T. Mockler. 2019. UAV-Based high resolution thermal imaging for vegetation monitoring, and plant phenotyping using ICI 8640 P, FLIR Vue Pro R 640, and ThermoMap cameras. *Journal of Remote Sensing* 11: 1-29.
- SAGARPA. 2016. Atlas agroalimentario 2016. 1era edición. 231p. México, D.F.
- SAS. 2014. SAS-Statistical Analysis Software for Windows Versión 9.3. Cary, N.C. SAS Inst. Inc.
- Subirá, C. 2012. Zonificación de parcelas frutícolas a partir de índices de vegetación de imágenes del satélite Worldview2 con fines de agricultura de precisión. Master en Tecnologías de la Información Geográfica. Universidad Complutense de Madrid. 86 p.

La presente publicación se terminó de imprimir el mes de noviembre de 2020 en los Talleres de Color Express de México, S.A. de C.V. Calle 12 de Octubre 120. Col. San Benito. Hermosillo, Sonora, México. Tel: (662) 214-75-78.

Tiraje: 500 ejemplares

La serie de Memoria Científica son publicaciones integradas con información transferida en eventos científicos como simposios, congresos y reuniones, cuyo objetivo es presentar información sobre los cultivos, en los cuales el INIFAP-CIRNO a través del Campo Experimental Costa de Hermosillo realiza investigación así como de otras fuentes generadoras, con el fin de apoyar a los productores de esta región agrícola del estado de Sonora.

## **COMITÉ EDITORIAL**

### **Presidente**

M.C. Teodoro Cervantes Mendivil

### **Secretario**

Ing. Luis A. Maldonado Navarro

### **Vocales**

M.I. Fabián Robles Contreras

M.C. José Grageda Grageda

M.C. Miguel Ángel Zapata Moreno

El presente documento fue revisado y autorizado para su publicación por el Grupo Colegiado Científico Técnico del CECH integrado por las siguientes personas:

### **Presidente**

M.C. José Grageda Grageda

### **Secretario**

M.C. Teodoro Cervantes Mendivil

### **Vocales**

M.C. Miguel Ángel Zapata Moreno

M.A. Karla Guadalupe Domínguez Canizales

M.Sc. Pedro Francisco Ortega Murrieta

Dra. Ana Aurora Fontes Puebla

En el proceso editorial de la presente memoria participaron las siguientes personas:

### **Compilación y Edición**

José Grageda Grageda

Fernando Afonso Vieira de Figueiredo

Pedro Francisco Ortega Murrieta

Gustavo Adolfo Fierros Leyva

### **Diseño de portada e Interiores**

José Benito Montaña Dórame

Campo Experimental Costa de Hermosillo (INIFAP)  
Pascual Encinas Félix No. 72 • Colonia La Manga • Hermosillo, Sonora.  
C.P. 83220 • Tel.: (55) 3871-8700 Ext. 81339. E-mail: [cecostahermosillo@inifap.gob.mx](mailto:cecostahermosillo@inifap.gob.mx)

[www.gob.mx/inifap](http://www.gob.mx/inifap)

El desarrollo del evento así como la impresión de esta memoria científica se realizó con el apoyo de:

