

**FUNDACIÓN  
PRODUCE**  
*Sinaloa* A.C.  
ENLACE, INNOVACIÓN Y PROGRESO

**SAGARPA**  
SECRETARÍA DE AGRICULTURA,  
GANADERÍA, DESARROLLO RURAL,  
PESCA Y ALIMENTACIÓN



**GOBIERNO  
DEL ESTADO  
DE SINALOA**

# Jornada de transferencia de tecnología del cultivo del frijol



**MEMORIA DE CAPACITACIÓN**

**Jornada de transferencia  
de tecnología del  
cultivo del frijol**

**Memoria**

## Índice

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Principales enfermedades infecciosas del frijol en Sinaloa<br/>y su manejo.....</b>         | <b>7</b>  |
| <b>Variedades de frijol contra el cáncer y diabetes.....</b>                                   | <b>27</b> |
| <b>El fenómeno de El Niño.....</b>   | <b>39</b> |
| <b>Variedades de frijol regionales con beneficios para la salud....</b>                        | <b>49</b> |
| <b>Generación de nuevas variedades mejoradas de frijol para el<br/>noroeste de México.....</b> | <b>61</b> |

---

# Principales enfermedades infecciosas del frijol en Sinaloa y su manejo

Miguel Ángel Apodaca Sánchez<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

En México se han detectado aproximadamente 30 enfermedades infecciosas en frijol causadas por hongos, bacterias, virus y nematodos<sup>2</sup>.

Su importancia varía de región en región y de año en año, lo que depende en gran medida del ambiente predominante.

Hay enfermedades que ocurren todos los años y sus daños son más o menos constantes, mientras que otras pueden ser esporádicas, aunque devastadoras.

En Sinaloa se han reportado, con daño importante, el moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*); marchitamientos y pudriciones de raíces (*Fusarium* spp., *Rhizoctonia solani*, *Pythium* spp., *Macrophomina phaseolina* y/o *Sclerotium rolfsii*); tizón común (*Xanthomonas axonopodis* pv. *paseoli*); agallamiento (*Meloidogyne incognita*) y las virosis causadas por los virus del mosaico común, mosaico dorado, cálico, entre otros.

Por su parte, la cenicilla (*Erysiphe polygoni*) y la roya (*Uromyces phaseoli*) son enfermedades esporádicas y de escasa importancia en Sinaloa porque las variedades sembradas de frijol son resistentes a ellas.

En el presente escrito se discute la importancia, síntomas, epidemiología y manejo de aquellas enfermedades del frijol que son importantes bajo las condiciones de Sinaloa.

---

<sup>1</sup> Escuela Superior de Agricultura del Valle de El Fuerte de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

<sup>2</sup> Organismo parásito, también conocido como gusano redondo.

## Secadera de plantas

**Importancia.** Este problema provoca epidemias severas en varios países de África y Latinoamérica.

En México, pérdidas importantes se presentan en las zonas productoras sometidas a monocultivo en Veracruz, Zacatecas, Durango, Puebla y Sinaloa.

En Sinaloa, el marchitamiento o secadera de plantas es un problema creciente, que llega a causar pérdidas hasta de 100% en suelos muy infestados.

**Síntomas.** La sintomatología depende del hongo específico involucrado, de la época de infección, de la susceptibilidad del genotipo, del ambiente y del manejo del cultivo.

Sin embargo, estos hongos tienen en común que causan secadera pre o posemergente de plántulas, pudrición de raíces, marchitamiento, palidez o amarillamiento, raquitismo, achaparramiento y muerte de las plantas.

En algunos casos, la pudrición de raíces se extiende hacia el cuello y base de los tallos; en ocasiones hay lesiones podridas aisladas que ascienden hasta 5 ó 10 cm sobre el cuello de las plantas, en las que se aprecian puntos de color negro.

La coloración de las raíces y/o tallos infectados varía (café claro, canela, café oscuro o rojizo). Las raíces pueden teñirse de color violáceo o púrpura.

En ocasiones, la base del tallo no muestra severos síntomas externos, pero el sistema vascular se halla afectado, toma un color de café a café oscuro.

Algunas veces la corteza muestra agrietamientos, puede haber también una pudrición blanca, presencia de una vellosidad blanca y esclerocios de color crema a café oscuro.

**Agentes causales.** En Sinaloa, los hongos que se aíslan con mayor frecuencia de tallos o raíces son *Rhizoctonia solani*, *Fusarium solani*, *Fusarium oxysporum*, *Pythium* spp., *Macrophomina phaseolina* y *Sclerotium rolfsii*.

En una misma planta es frecuente encontrar a más de una especie de estos hongos, lo que puede complicar el diagnóstico de este problema, en base a los síntomas.

**Epidemiología.** Cada uno de estos hongos puede variar en su comportamiento en el suelo pero, en general, la mayoría se puede transmitir por semilla.

Sobreviven por largos periodos en suelo (más de tres años); se diseminan mediante maquinaria con suelo infestado y agua de riego; se incrementan con el monocultivo de frijol o por rotaciones con otros cultivos susceptibles, como el garbanzo.

El rango de hospedantes depende de cada especie de hongos y puede abarcar plantas cultivables y de maleza.

Así, por ejemplo *R. solani*, *F. solani* y *Pythium* spp. son importantes en tomate, tomatillo, chile, papa, garbanzo, soya, entre otros.

*Macrophomina phaseolina* se encuentra asociado a la rabia del garbanzo y también afecta la papa, sorgo, maíz, entre otros.

*S. rolfsii* causa la marchitez sureña en chile, tomate, berenjena, cucurbitáceas y otros.

Estos hongos reducen la emergencia de las plántulas o las matan recién emergidas, con lo que puede descender severamente la cantidad de plantas en grandes tramos de surcos.

Al pudrir la raíz y/o base del tallo se limita el paso de agua y nutrientes a la parte aérea, lo que disminuye la cantidad y el tamaño de los granos.

**Manejo.** El monocultivo es quizá el factor más importante que determina la alta incidencia y severidad de plantas enfermas; de ahí que se recomienden las rotaciones con especies no susceptibles por al menos tres años.

Algunos de estos hongos poseen un amplio rango de hospedantes, por lo que una vez que los suelos están muy infestados puede ser difícil escoger a un cultivo para rotar.

De acuerdo a la experiencia regional, son adecuadas las rotaciones con gramíneas (sorgo y maíz) para bajar las poblaciones de estos hongos en el suelo, para que sea redituable establecer nuevos cultivos de frijol.

Cabe destacar que la rotación de cultivos funciona mejor en la medida que se practique como una rutina de carácter preventivo.

Entre las medidas generales más importantes de manejo están el uso de semilla sana (tratada con fungicidas), el manejo apropiado del riego mediante una nivelación del suelo, surcos cortos y láminas de agua y una nutrición equilibrada, evitando sobre todo los excesos de nitrógeno.

Es conveniente la incorporación de residuos de cultivo (como los de frijol, maíz y sorgo), pues estos aportes de materia orgánica contribuyen a mejorar las propiedades físico-químicas del suelo y a incrementar las poblaciones de microorganismos benéficos; debe recordarse que muchos de éstos son enemigos de los hongos dañinos.

El tratamiento a las semillas con fungicidas químicos incrementa la germinación y el vigor de las plántulas durante dos o tres semanas, pero no protege a las plantas por periodos mayores.

El uso de compostas sólidas y/o líquidas, aplicadas en presiembra o primer riego de auxilio contribuyen a que las plantas sean más tolerantes a estos hongos.

En frijol irrigado con sistemas de riego presurizado es factible la aplicación preventiva al suelo de agentes de control biológico como *Bacillus subtilis* y *Trichoderma* spp. o, bien, fungicidas químicos específicos.

La aspersión de fungicidas químicos al follaje no se recomienda porque los productos no bajan a las raíces ni a la base del tallo, donde comúnmente se localiza el problema.

### **Moho blanco**

**Importancia.** El moho blanco o “salivazo”, causado por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary, se encuentra distribuido en todo el mundo, aunque su mayor importancia ocurre en zonas templadas del hemisferio norte. También es problemático en algunas regiones desérticas o tropicales, durante las épocas frías.

En México, se ha reportado al moho blanco del frijol en el Estado de México, Sinaloa, Sonora, Nayarit y Veracruz.

En Sinaloa, el moho blanco es una enfermedad endémica<sup>3</sup>, cuya incidencia y severidad varía en cada ciclo agrícola, en función de la humedad invernal.

El moho blanco puede llegar a disminuir la producción de frijol hasta en 70%, de ahí que se le considere la enfermedad fungosa más importante de este cultivo.

Afecta a todas las variedades de frijol, aunque las de guía y semiguía son más dañadas que las de porte erecto.

En Sinaloa, otros cultivos que sufren pérdidas importantes por esta enfermedad son el garbanzo, chile, tomate y papa.

**Síntomas.** La enfermedad se presenta, principalmente, cuando el cultivo está en floración, formación y llenado de vainas.

La infección inicial ocurre comúnmente a la altura del cuello o en la base de los tallos; pero toda la parte aérea (ramas, hojas, vainas y flores) puede ser afectada, particularmente aquella que está en contacto con el suelo húmedo.

Los síntomas consisten en una pudrición húmeda, que progresa muy rápido.

Los tejidos muestran una coloración cremosa, café claro o grisácea, que después se oscurece gradualmente.

Los daños en la base de los tallos o ramas provocan que éstos colapsen, se marchiten, se sequen y adopten una coloración café claro.

Los tejidos infectados se cubren rápidamente por una vellosidad (micelio) algodonosa de color blanco, de la que proviene el nombre de la enfermedad.

El hongo se extiende rápidamente en los órganos afectados y continúa su avance mientras exista tejido sano susceptible y el ambiente le sea favorable.

Las pudriciones en el follaje o vainas de una planta se pueden extender por contacto a las vecinas.

En el interior o sobre los órganos infectados, la vellosidad blanca

<sup>3</sup> Enfermedad causada por las condiciones de salud constantemente presentes en una comunidad. Normalmente describe una infección transmitida.

se agrupa poco a poco, se compacta y se endurece hasta formar unas estructuras de color negro, los esclerocios.

Los esclerocios pueden medir desde pocos milímetros a más de un centímetro; su forma es más o menos ovoide, alargada e irregular; con frecuencia se asemejan a excrementos de ratón.

Estos cuerpos completan su desarrollo en siete o 10 días, con lo que quedan inactivos durante el resto del ciclo del cultivo.

El hongo también puede ser muy importante en hortalizas cosechadas, como son ejotes de frijol, lechuga, zanahoria, frutos de chile y tomate.

En estos productos, el hongo se puede diseminar por contacto de frutos enfermos a frutos sanos, con lo que se incrementan las pérdidas.

**Epidemiología.** Los esclerocios pueden permanecer en reposo por varios años en el suelo y en las siguientes temporadas sirven como fuente de infección para los nuevos cultivos susceptibles, establecidos en otoño-invierno.

En frijol, las infecciones ocurren comúnmente cuando el cultivo está cerrado, etapa en la que la humedad relativa es más alta, a causa de la lluvia, rocío, neblina o del agua de riego.

Las primeras infecciones pueden darse a partir de los esclerocios presentes sobre el suelo, que germinan y forman micelio; este último infecta directamente a cualquier órgano de frijol con el que haya contacto.

Sin embargo, cuando el clima es frío (de 10 a 20 °C) y húmedo los esclerocios germinan en la superficie del suelo y dan origen a estructuras en forma de copa, llamados apotecios.

En estas copas se producen esporas (ascosporas), que al ser liberadas se diseminan por el aire.

Las ascosporas son generalmente las principales responsables de las infecciones en la parte media o apical del follaje, flores o vainas.

Es común que las infecciones por el hongo inicien por las partes senescentes<sup>4</sup>, como hojas y flores, o por las heridas en el follaje.

El moho blanco se desarrolla más rápido cuando la humedad relativa es superior a 92% y la temperatura es de 15 a 21 °C.

Una vez que ocurre la infección, el hongo invade extensivamente los tejidos; los síntomas se desarrollan más rápido cuando las temperaturas son de 20 a 25 °C. El desarrollo de los apotecios y liberación de ascosporas ocurre generalmente a temperaturas de 10 a 20 °C.

Los esclerocios constituyen el principal medio de diseminación del hongo. Después de la trilla pueden permanecer viables por más de tres años en la capa superficial del suelo y residuos de plantas enfermas. Se pueden diseminar a suelos limpios mediante maquinaria, agua de riego, de lluvia o de arrastre.

<sup>4</sup> Que empiezan a envejecer.

Los esclerocios pueden ir mezclados con la semilla, sobre todo cuando los productores que la autoproducen no la criban.

Sin embargo, semilla sin esclerocios y de aspecto sano puede estar infectada, si es que procede de vainas dañadas. El moho blanco puede infectar a más de 360 especies de plantas cultivables o de maleza, todas de hoja ancha, ubicadas en más de 225 géneros, que pertenecen a 64 familias.

Entre los cultivos más susceptibles se encuentran el frijol, garbanzo, papa, chile, tomate, sandía, melón, pepino, calabaza, berenjena, soya, rábano, col, brócoli, coliflor, zanahoria, lechuga, pepino y remolacha.

La maleza susceptible incluye a los bledos y girasol.

**Manejo.** Para el manejo del moho blanco se requiere de la integración de diversas medidas, las que, aplicadas individualmente, no confieren resultados satisfactorios.

Entre las medidas preventivas destaca la rotación de cultivos con gramíneas (como el trigo, sorgo, maíz y arroz) o, al menos, con especies en las que haya una buena ventilación.

La incorporación de los restos de cultivos, estiércol, composta, abonos verdes y de otros tipos de materia orgánica también es benéfica.

La quema de la paja infestada destruye gran parte de los esclerocios, pero desde el punto de vista ecológico no es conveniente, por lo que es preferible incorporarla mediante un buen barbecho, para enterrar la mayor cantidad de esclerocios que sea posible.

La siembra en suelos bien nivelados deberá realizarse a las densidades y distancia entre surcos recomendadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), para favorecer la ventilación y disminuir en lo posible la acumulación de humedad en el cultivo.

En ese sentido, es también importante que la longitud de los surcos sea la recomendada y aplicar riegos ligeros.

En la época en que el ambiente sea favorable al moho blanco y/o al inicio de los primeros síntomas, se recomienda la aspersión de fungicidas químicos.

Entre los fungicidas autorizados oficialmente para utilizarse contra moho blanco en frijol se encuentran el Carbendazim, Benomyl, Metil-tiofanato y Fluazinam.

Las aplicaciones terrestres son más eficaces, pues hay una mejor cobertura del tercio basal del cultivo.

### Tizón común

**Importancia.** El tizón común, causado por la bacteria *Xanthomonas axonopodis* pv. *phaseoli*, se encuentra ampliamente distribuida en varios países de América.

Se presenta en la mayoría de las zonas frijoleras de México, como Puebla, Zacatecas, Durango, Estado de México y Sinaloa.

Esta enfermedad ha sido esporádica en la región, pero bajo condiciones húmedas (fuertes neblinas, lluvias) y templadas de otoño-invierno, los daños pueden superar el 20%.

**Síntomas.** La bacteria causa manchas de forma irregular en los foliolos, que inicialmente son de consistencia húmeda y flácida, de un tamaño que va desde pocos milímetros a más de un centímetro; su color varía, de gris, canela, grisáceo a café oscuro.

Las manchas se rodean rápidamente de un borde amarillo intenso muy notorio. En ocasiones, las manchas se juntan y llegan a cubrir más de la mitad de los foliolos.

En las vainas ocurren lesiones acuosas, de forma irregular, que posteriormente adquieren un color café o rojizo y se observan levemente hundidas.

Puede haber exudados<sup>5</sup> de color amarillo y aspecto mucoso o gelatinoso en las hojas, tallos y sobre todo en las vainas.

En tallos, puede existir infección sistémica, pero en ocasiones sólo se presenta una lesión acuosa que constriñe su base, con lo que se presenta el marchitamiento o doblamiento de la planta.

Las semillas manchadas o, aún, las de aspecto sano, pueden estar infectadas por la bacteria.

La semilla infectada y los residuos de cultivo constituyen las principales fuentes de infección para las temporadas siguientes.

Una vez que se presentan las primeras manchas en el follaje o vainas la bacteria se puede diseminar mediante la lluvia, insectos y el laboreo.

En la región, la bacteria sólo se ha detectado en el cultivo de frijol, pero es posible que infecte a malezas de la familia de leguminosas.

**Manejo.** La principal medida de manejo es la utilización de semilla sana, y sembrar en suelos limpios de bacteria.

Se sugiere barbechar para enterrar los residuos del cultivo, y rotar con cultivos resistentes (cualquiera, excepto frijol).

Se recomienda la eliminación de malezas, sobre todo el frijolillo.

Cualquier medida preventiva que conduzca a fomentar la ventilación del cultivo puede ser útil.

Evitar el laboreo cuando el follaje del cultivo esté mojado.

La aspersión preventiva (o al inicio de la epidemia) de antibióticos y compuestos a base de cobre ayuda a controlar la enfermedad.

### Agallamiento

**Importancia.** El problema de nematodos (*Meloidogyne incognita*) empieza a tomar importancia en frijol, sobre todo en los suelos sometidos a riego por goteo.

Las pérdidas pueden llegar a superar el 30%, particularmente cuando los suelos también se hallan infestados por hongos del suelo (como 5 Materia excretada por las plantas durante su crecimiento.

*Rhizoctonia* y *Fusarium*), con los que los nematodos actúan en sinergismo<sup>6</sup>.

**Síntomas.** Las plantas de cualquier edad presentan al inicio una reducción en su desarrollo, un menor tamaño, palidez o amarillamiento del follaje, raquitismo, marchitamiento y finalmente secadera de la planta.

Sin embargo, el síntoma más distintivo es la deformación de las raíces y en ocasiones la base del tallo que está cubierta por el suelo. Se aprecian agallas de forma redondeada a irregular que atrofan el sistema radical, con lo que se bloquea el paso de agua y nutrientes.

**Epidemiología.** Este nematodo sobrevive en el suelo en forma de juvenil o de huevecillo.

Los juveniles, atraídos por los exudados de las raíces tiernas del frijol, se orientan hacia ellas y se introducen completamente para alimentarse en su interior.

Al inyectar su saliva en las células tiernas provocan que éstas se hinchen en pocos días, hasta que se forman las agallas.

El nematodo muda varias veces y, al llegar a adulto, las hembras ovipositan huevos envueltos en una masa gelatinosa sobre la superficie de las raíces agalladas.

Las hembras de estos nematodos se pueden reproducir sin necesidad del macho y cada una puede poner cientos de huevecillos. De cada huevo sale un juvenil, que puede infectar en lo inmediato a raíces de la misma planta o de sus vecinas. Puede haber varias generaciones al año.

Los nematodos sobreviven en los suelos por varios años, aún y cuando se rote con cultivos no susceptibles.

El desarrollo de la maleza, el monocultivo o la siembra frecuente de especies susceptibles contribuyen a mantener altas poblaciones de *Meloidogyne* en los suelos en los que se han introducido.

Este nematodo se dispersa principalmente mediante el agua de riego, la lluvia y por maquinaria en suelo infestado.

El nematodo de las agallas puede infectar a decenas de especies cultivadas, como el tomate, chile, papa, cucurbitáceas y berenjena, y a malezas como el chiquelite, verdolaga, lengua de vaca, entre otras.

Las raíces dañadas por nematodos son invadidas más fácilmente por hongos causantes de la secadera (como *Fusarium* spp.); también por microorganismos oportunistas que por sí solos no afectan al frijol, pero que en presencia del gusano provocan severas pudriciones en las raíces debilitadas por nematodos, con lo que los daños aumentan.

**Manejo.** Se recomienda una rotación de cultivos por dos o tres años con sorgo, maíz, trigo y otras gramíneas.

La aplicación de diversos tipos de materia orgánica contribuye a

<sup>6</sup> Integración de elementos que da como resultado algo más grande que la simple suma de éstos.

aumentar el número de microorganismos que actúan como enemigos naturales de los nematodos.

Es importante eliminar la maleza de hoja ancha durante todo el año.

La aplicación de nematicidas biorracionales o químicos convencionales mediante el riego presurizado, bajo un programa de manejo integrado, puede ser efectiva en cultivos como el frijol ejotero.

## Virosis

**Importancia.** A nivel mundial, el frijol puede ser afectado por más de 20 especies virales, de las que en el noroeste de México se han reportado al menos siete (virus del mosaico común, mosaico dorado, cálico, mosaico amarillo, mosaico rugoso, mosaico enano y moteado amarillo clorótico).

Las pérdidas por estos virus pueden ser de 90%.

Hasta 2005, el virus del mosaico dorado era aparentemente el virus más importante del frijol en el valle de El Fuerte, sobre todo en siembras muy tempranas o tardías.

Además de este geminivirus, en los últimos ciclos de cultivo han arribado a nuestra región algunos agentes de esta misma familia (entre ellos el cálico) cuya diseminación también depende exclusivamente de la mosca blanca, insecto vector<sup>7</sup> que se ha incrementado de manera explosiva.

El desarrollo de las epidemias por geminivirus está muy influido por la costumbre creciente de muchos agricultores de establecer las siembras en septiembre y primera semana de octubre, en busca de una cosecha temprana, para obtener mejor precio.

El calor ocasiona que las siembras tempranas o tardías aceleren el desarrollo de las plantas, mismas que no expresan su potencial de rendimiento; además de que están más expuestas al ataque de insectos-plaga y vectores como la mosca blanca.

La posible emergencia de algunas nuevas variantes o razas de los virus que ya estaban presentes es otra causa probable del incremento de los daños por virosis en el valle de El Fuerte.

Así, por ejemplo, las variedades actuales de frijol hasta 2007 habían mostrado tolerancia al virus del mosaico común; sin embargo, en 2008-2009 este virus resurgió con mayor agresividad en algunos materiales que en ciclos pasados habían mostrado poco daño.

Por otra parte, una alta proporción de agricultores produce su propia semilla, sin ninguna precaución o, bien, la compran sin verificar su calidad sanitaria. Es común que la semilla no certificada consista en una mezcla de diferentes variedades, además de que puede ir contaminada por virus (como el mosaico común), hongos y bacterias.

<sup>7</sup> Organismo que transmite un agente infeccioso desde los individuos afectados a otros que aún no portan ese agente.

### **Virus del mosaico común**

Este virus causa problemas en diversos países de Asia, Europa y América. En México es un virus importante en varios estados, que incluyen a Guanajuato, Puebla y Sinaloa.

Cuando se presenta este virus, en las hojas se observa un mosaico con áreas de color verde oscuro bien definidas, alternadas con áreas de color verde claro, que se distribuyen regularmente sobre la lámina de la hoja.

Es común, también, que las hojas se curven hacia abajo, se arruguen y que su tamaño se reduzca.

Las plantas infectadas tempranamente quedan chaparras, las vainas se deforman, presentan mosaico y pueden contener menos semillas que aquellas de las plantas sanas.

Algunas variantes del virus son tan agresivas que llegan a causar una muerte fulminante de la planta; su raíz se torna súbitamente de color negro y las plantas se marchitan.

El virus se transmite por semilla en más del 50% de los casos, por lo que a este mecanismo de dispersión se le considera el más importante.

En el campo, las semillas infectadas dan origen a las primeras plantas enfermas; a partir de éstas, el virus se puede diseminar a las plantas mediante pulgones, como *Myzus persicae* y *Aphis gossypii*. Estos insectos pueden adquirir a los virus de una planta en pocos segundos, mediante un piquete a ésta.

Una vez que el insecto se contamina puede transmitir el virus de inmediato a plantas sanas.

El mosaico común también se puede diseminar mediante labores de cultivo.

El virus afecta a decenas de hospedantes de los géneros *Phaseolus*, *Vigna* y otras especies de leguminosas cultivables o de maleza.

El uso de semilla sana es una de las medidas más eficaces contra este virus.

El combate de los pulgones no siempre es exitoso contra la virosis, ya que antes de morir, los insectos contaminados logran transmitir el virus.

El uso de variedades resistentes o tolerantes puede ser la mejor opción.

Las variedades recomendadas oficialmente en esta región han mostrado, durante muchos años, cierta tolerancia a algunos virus, como al del mosaico común.

### **Virus del mosaico dorado**

Este virus es de gran importancia en México, así como en diversos países de Centro y Sudamérica.

En el noroeste de México se detectó desde hace más de 30 años

y se encuentra distribuido en varios estados de la costa del Pacífico, Golfo de México y El Caribe.

En Baja California Sur y Sinaloa es un factor que limita la producción.

La importancia del virus en cada región está determinada, principalmente, por la incidencia de su vector: la mosca blanca (*Bemisia tabaci*). El desarrollo óptimo de este insecto ocurre bajo clima seco y cálido.

En Sinaloa, estos insectos llegan a presentar incidencias de 100% y las reducciones en el rendimiento pueden alcanzar hasta el 90%.

Por lo anterior, el virus del mosaico dorado del frijol se ha considerado como el más importante, sobre todo en siembras tardías, en las que se registran altas poblaciones de mosca blanca, que atacan a todas las variedades comerciales de frijol para grano y frijol ejotero.

Esta enfermedad se caracteriza porque las hojas presentan áreas amarillas (en ocasiones casi anaranjadas), de tonos intensos (en ocasiones brillantes), que contrastan con el color verde de las hojas sanas.

En etapas avanzadas de infección predomina el color amarillo-dorado; finalmente, el follaje en general puede tornarse amarillo pálido.

La lámina foliar puede no ser alterada, pero en ocasiones se distorsiona, muestra rugosidad, abolsamientos y curvamientos de las hojas hacia el envés.

El agente causal pertenece a la familia de los geminivirus. El único vector de este virus es la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

El insecto puede adquirir el virus después de 20 minutos de alimentarse en las plantas infectadas.

El insecto contaminado requiere de varias horas o un día de incubación, en las que el virus circula en su sangre, para poder transmitirlo cuando después se alimenta de una planta sana.

Una vez que el insecto adquiere el virus lo retiene durante días o semanas y, a veces, durante toda su vida.

El virus del mosaico dorado no se disemina por semilla ni por labores de cultivo. Puede afectar a otras leguminosas de *Phaseolus* spp., *Vigna* spp., entre otros géneros y puede sobrevivir en maleza de leguminosas.

Para el manejo de la enfermedad se sugiere sembrar en las épocas de siembra recomendadas, esto para evadir las poblaciones más altas del vector.

La aplicación oportuna de insecticidas sistémicos al follaje o al suelo puede dar buenos resultados contra los vectores, siempre y cuando sus poblaciones no sean extremadamente altas.

También es importante la destrucción de la maleza.

### **Virus del mosaico cálico del frijol**

En 1990 se observó una enfermedad en Sonora, a la que se llamó mosaico cálico, debido a un amarillamiento intenso, casi blanquecino, que mostraban las plantas enfermas. El nombre proviene de una tela blanca de algodón producida en la India.

Su presencia en Sinaloa se detectó desde hace varios años y su importancia es creciente.

Inicialmente, la enfermedad fue confundida con la causada por otros virus, como el del mosaico dorado.

Sin embargo, se puede distinguir de otras virosis por la tendencia a producir un amarillamiento extremo, que frecuentemente termina en un blanqueamiento de las hojas afectadas.

También puede haber cierto encurvamiento de la hoja y las nervaduras permanecen de color verde durante mucho tiempo.

El agente causal del mosaico cálico es un begomovirus, relacionado al virus del enrollamiento foliar de la calabaza, a partir del que se originó, aparentemente. Actualmente este virus está restringido al noroeste de México.

El virus pertenece a la familia de los geminivirus. Se transmite por *Bemisia tabaci*, de manera persistente; no se multiplica en el vector, ni pasa a la progenie de los insectos contaminados. No se transmite por contacto entre plantas ni por semilla.

Puede afectar a varias especies de frijol común (*Phaseolus lunatus*), soya (*Vigna* spp.), tabaco (*Nicotiana benthiana*) y a la *Malva parviflora*.

### **Virus del mosaico sureño**

Se ha reportado en regiones tropicales y semitropicales de América, África y en Francia.

En México, se reportó en las zonas frijoleras del centro, Golfo de México y en el noroeste.

Este virus se ha considerado como poco importante, en comparación con el del mosaico común o el del mosaico dorado.

Los síntomas son muy variables y van desde mosaicos suaves a severos, distorsión de hojas y arrugamiento tenue. En algunas variedades puede haber moteados o lesiones necróticas en el follaje. Puede ocurrir también mosaico y deformación de vainas.

Este virus se transmite por semilla y mediante insectos masticadores de la familia *Chrysomelidae*, como *Ceratotoma* spp. y *Epilachna varivestis*.

El virus del mosaico sureño también puede atacar diversas especies de frijol, soya y chícharo.

En Sinaloa no se ha requerido la aplicación de medidas de manejo específicas contra este virus.

Al igual que la mayoría de las enfermedades del frijol, la mejor es-

trategia a seguir sería el desarrollo de variedades resistentes y la utilización de semilla sana.

### **Virus del moteado clorótico**

El virus del moteado clorótico o moteado amarillo se encuentra presente en Estados Unidos, Costa Rica y México. En nuestro país se ubica en Sonora y Sinaloa.

Aunque es muy común y su incidencia puede ser alta, se estima que los efectos en el rendimiento son leves.

Los síntomas inician con un moteado suave, que posteriormente pasa a manchas amarillas, cuya distribución es irregular en la lámina de las hojas.

A medida que las plantas maduran, el moteado aumenta y las hojas muestran un amarillamiento generalizado. El síntoma se puede confundir con el de los virus del mosaico dorado o del mosaico amarillo.

Este patógeno pertenece a los bromovirus y se disemina mediante insectos de la familia *Chrysomelidae*, como *Diabrotica* spp. y *Ceratotoma* spp.

Se transmiten fácilmente mediante el laboreo, por lo que fácilmente se puede asociar con otros virus, como el del mosaico común. Este virus no se transmite por semilla.

El virus puede afectar otras especies del género *Phaseolus*, soya, entre otras plantas cultivadas y silvestres.

En caso de ser necesario, lo ideal sería el desarrollo de variedades resistentes.



Figura 1. Plantas de frijol con pudrición de raíces por *Fusarium solani*.



Figura 2. Daños por *Macrophomina phaseolina* en plántulas de frijol.



Figura 3. Daño por *Macrophomina phaseolina* en planta de frijol.



Figura 4. Planta de frijol muerta por moho blanco.



Figura 5. Pudrición de vainas por la bacteria del tizón común.



Figura 6. Hojas de frijol dañadas por la bacteria del tizón común.



Figura 7. Planta de frijol dañada por el virus del mosaico común.



Figura 8. Plantas de frijol dañadas por virus del mosaico común.



Figura 9. Planta de frijol infectada por el virus del mosaico dorado.



Figura 10. Foliolo de frijol afectado por el virus del mosaico dorado.



Figura 11. Plantas de frijol enfermas por el virus del mosaico cálico.



Figura 12. Planta de frijol infectada por el virus del mosaico cálico.



Figura 13. Planta de frijol fuertemente afectada por moho blanco.



Figura 14. Manchones de plantas muertas por moho blanco.



Figura 15. Ataque severo por moho blanco en una variedad de frijol de guía.



Figura 16. Esclerocios del moho blanco dentro de un tallo.



Figura 17. Micelio algodonoso del moho blanco e inicio de formación de esclerocios sobre un tallo de frijol.



Figura 18. Follaje de frijol dañado por roya del frijol.



Figura 19. Raíces de frijol afectadas por el nemátodo de las agallas *Meloidogyne* sp.



Figura 21. Planta de frijol con amarillamiento y secadera (derecha).



Figura 20. Raíz de frijol con agallas causadas por el nemátodo *Meloidogyne* sp.



Figura 22. Plantación de frijol con amarillamiento generalizado y secadera por hongos del suelo.



Figura 23. Secadera de plantas de frijol por hongos del suelo.



Figura 24. Daño por *Rhizoctonia solani* en plántulas de frijol.



Figura 25. Daño por *Rhizoctonia solani* en plántulas de frijol.

## BIBLIOGRAFÍA

Abawi, G. S. and M. A. Pastor-Corrales 1990. Root rots in Latin America and África: diagnosis, research methodologies and management strategies. CIAT. Cali, Colombia. 114 p.

Agrios, G. N. 2005. Plant pathology. Academic Press. New York. 890 pp.

Brown, J. K., M. A. Chapman and M. R. Nelson 1990. Bean calico mosaic, a new disease of common bean caused by a whitefly-transmitted geminivirus. *Plant Disease*. 81 p.

Cuéllar, M. A. y F. J. Morales 2006. La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) como plaga y vectora de virus en frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). *Sociedad Colombiana de Entomología*. [http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary\\_0286-32134816\\_ITM](http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-32134816_ITM) (28-01-2008).

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 2003. Guía para la asistencia técnica agrícola para el área de influencia del Campo Experimental Valle del Fuerte. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Juan José Ríos, Sinaloa. 66-78 pp.

Jiménez, G. E. 1987. "Virus del frijol", en Alvizo, V. H. F. y Z. H. Lozoya (editores). *Temas en Virología II*. Sociedad Mexicana de Fitopatología. Chapingo, Estado de México. 138-156 pp.

Lépiz-Ildfonso, R. 1999. La contribución de la fitopatología al mejoramiento de cultivos agrícolas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 54-72 pp.

Lira-Méndez, K. y N. Mayek-Pérez 2006. Potencial osmótico variable en el crecimiento in vitro y la patogenicidad en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) de *Fusarium* spp. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 88-96 pp.

Martínez-Garnica, M., S. Hernández-Delgado, J. S. Padilla-Ramírez y N. Mayek-Pérez 2006. Diversidad patogénica y genética de aislamientos de *Fusarium* de Aguascalientes. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 22:321-327.

Ramos, L. A. y A. A. Altamirano 1983. Enfermedades, en Lépiz, I. R. y S. F. J. Navarro (editores). *Frijol en el Noroeste de México: Tecnología de Producción*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Juan José Ríos, Sinaloa. 159-193 pp.

Salinas, P. R. 1994. Situación actual del mosaico dorado del frijol en América Latina; México Noroeste, en Morales, F. (editor). *Mosaico Dorado del Frijol; avances de investigación 1994*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 19-32 pp.

Schwartz, H. F. y G. Gálvez 1980. Problemas de producción del frijol: Enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris*. CIAT. Cali, Colombia. 424 p.

Sherf, A. F. y A. A. Macnab 1986. *Vegetable diseases and their control*. Limusa-Wiley. New Cork. 33-92 pp.

Verdugo, G. F. y Z. L. Fucikovsky 1980. Algunos factores relacionados con el control de *Whetzelinia sclerotiorum* (Lib.) Korf y Dumont, agente causal del moho blanco del frijol. *Agrociencia*. 3-8 pp.

## Variedades de frijol contra el cáncer y diabetes

María Guadalupe Herrera Hernández<sup>1</sup>  
Salvador Horacio Guzmán Maldonado<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

Por su gran importancia económica y social, el frijol es un producto estratégico dentro del desarrollo rural de México, debido a que ocupa el segundo lugar en cuanto a superficie sembrada nacional y representa la segunda actividad agrícola más importante en el país, por el número de productores dedicados a su cultivo; por lo que como generador de empleo es relevante dentro de la economía del sector rural.

El frijol es un alimento fundamental en la dieta de la población mexicana, sobre todo para las clases más desprotegidas del país, esto porque constituye la fuente principal de proteínas de este sector. Adicionalmente, forma parte de la cultura gastronómica de México.

La mayor parte de la producción de frijol (entre 60 y 70%) se ubica en la zona noroeste del país, en donde se cultivan variedades azufradas, negras y pintas. Las azufradas son consumidas en el norte; en cambio, todo el negro que se produce en Nayarit y Zacatecas se envía al centro y sur del país, donde tiene gran demanda.

Los principales estados productores de frijol son Zacatecas, Sinaloa, Durango, Nayarit, Chihuahua, Chiapas, Guanajuato, San Luis Potosí y Puebla; los primeros cinco son los de mayor relevancia, a juzgar por la superficie, número de productores y volumen de producción.

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. (INI-FAP)



**Figura 1. Variedades de frijol utilizadas en diferentes estudios para caracterizar sus propiedades medicinales.**

Ante una sociedad cambiante, esta leguminosa se enfrenta a modificaciones importantes. Los hábitos alimenticios de las personas se están transformando a consecuencia del urbanismo, migración, empleo; y la economía cerrada se abre a la globalización; esto ejerce presiones en diversas etapas de la cadena de producción, comercialización, transformación y consumo de frijol.

Todos estos cambios han llevado a que el consumo anual per cápita de frijol disminuya: en las últimas dos décadas ha pasado de 25 a 10 kilogramos. Este descenso se debe principalmente a cambios en el estilo de vida y hábitos alimenticios.

El consumo de alimentos tradicionales mexicanos está en decremento, mientras que se ha incrementado el consumo de alimentos preparados o comida rápida, productos ricos en grasa animal y carbohidratos refinados que se han relacionado con el aumento en la incidencia de diabetes, cáncer de colon y enfermedades "cardiovasculares" ('relativo al corazón o aparato circulatorio').

A pesar de que el consumo de frijol ha disminuido en nuestro país, sigue siendo una fuente importante de proteínas, carbohidratos complejos, ácido fólico y vitamina B para los mexicanos.

Los carbohidratos constituyen la fracción principal en los granos de frijol, representan entre 55 y 65% del peso seco; de éstos el almidón<sup>2</sup> y otros polisacáridos (fibra dietética) son los principales constituyentes, con cantidades pequeñas, pero significativas, de oligosacáridos<sup>3</sup>.

En varios países se ha incrementado el uso de leguminosas en formulaciones de dietas para prevenir diabetes y enfermedades cardiovasculares, para disminuir niveles de colesterol en la sangre y reducir el riesgo de cáncer de colon.

Además, las leguminosas procesadas contienen cantidades importantes de almidón resistente<sup>4</sup>, por lo que debido a la velocidad en que se digieren la liberación de glucosa en la sangre es lenta, lo que reduce las respuestas glucémicas<sup>5</sup> e insulinémicas<sup>6</sup> al comer.

En investigaciones recientes se ha incluido al frijol en la dieta de ratas inducidas químicamente a diabetes y cáncer de colon para evaluar el efecto que tiene su consumo sobre el control de estas enfermedades. Las variedades Pinto Zapata y Negro 8025 fueron las más sobresalientes.

Estas propiedades se han atribuido al contenido de fibra, almidón resistente y a fotoquímicos<sup>7</sup> (como los compuestos fenólicos, dentro de los que se encuentran los taninos<sup>8</sup> condensados y las antocianinas<sup>9</sup>, que a su vez poseen actividad antioxidante<sup>10</sup>).

Debido a su composición nutricional, el frijol posee potencial como alimento medicinal, por lo que fomentar su consumo es una buena alternativa para tratar los problemas de salud pública en México, como la malnutrición, que puede expresarse en dos formas: desnutrición y obesidad.

En grupos urbanizados recientemente es frecuente encontrar familias con niños que padecen alto riesgo de desnutrición proteico-energética, y a padres con problemas de sobrepeso u obesidad.

De acuerdo con la encuesta nacional de salud y nutrición de 2006, en México existe una prevalencia nacional en talla baja de 12.7% para niños en edad preescolar (entre cero y cinco años de edad), lo que se considera alarmante debido a que significa que casi 1.2 millones de niños padecen desnutrición.

Por otro lado, a nivel nacional, esta misma encuesta reporta un elevado porcentaje de sobrepeso y obesidad a partir de los cinco años

2 Sustancia que proporciona el 70 u 80% de las calorías consumidas por los humanos.

3 Unión de dos a 10 moléculas de azúcares sencillos.

4 Almidón que no se descompone en todo el proceso de la digestión.

5 De glucemia: nivel de azúcar en la sangre.

6 De insulinemia: concentración de "insulina" en la sangre ('hormona activa en la regulación de la glucosa sanguínea').

7 De fotoquímica: estudio de las interacciones entre átomos, moléculas pequeñas y la luz (o radiación electromagnética).

8 Sustancia de acción astringente. Coagula ligeramente las proteínas de la piel de manera que logra espesar su textura.

9 Pigmentos que ayudan a mantener la salud de los vasos sanguíneos.

10 Que previenen el envejecimiento de la piel.

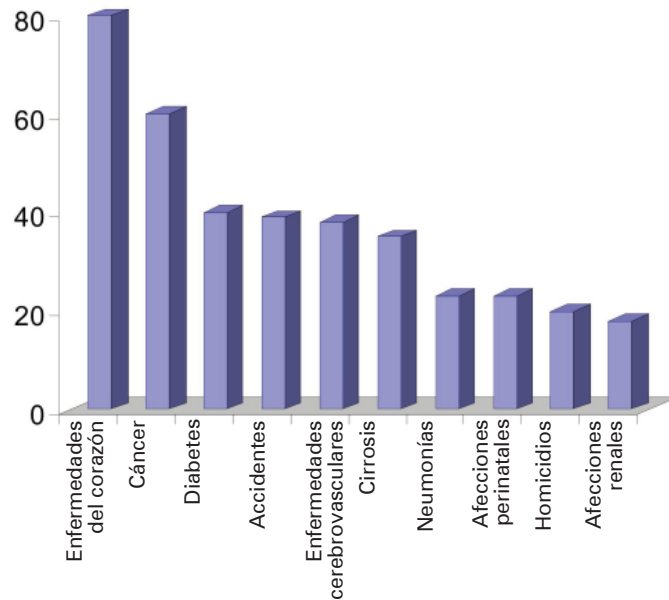


Figura 2. Principales causas de muerte en México en 2002.

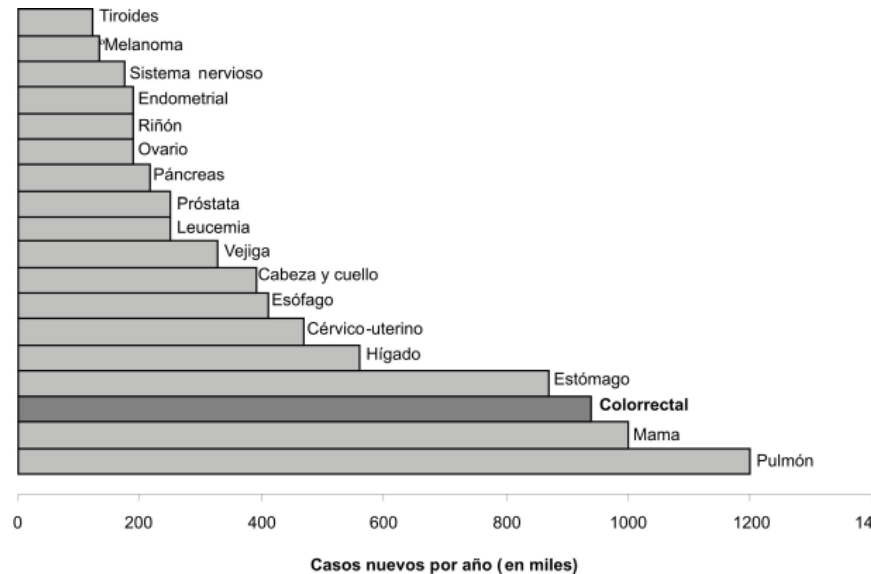


Figura 3. Incidencia de cáncer en el mundo.

de edad. El sobrepeso y la obesidad son factores de riesgo para el desarrollo de enfermedades crónicas, incluyendo las cardiovasculares, diabetes y cáncer.

A nivel mundial, México ocupa el segundo lugar en sobrepeso y

obesidad desde 2004, de acuerdo con lo reportado por la Organización Mundial de la Salud; a esto se debe la importancia de buscar alternativas para combatir estos problemas de salud pública.

### El cáncer

Durante los últimos años, la incidencia de cáncer de colon a nivel mundial se ha incrementado considerablemente, siendo una de las patologías con elevada mortalidad.

En México, el cáncer se ha convertido en una causa importante de muerte, en 2002 ocupó el segundo lugar en mortalidad, seguido de las enfermedades cardiovasculares (ver Figura 2).

En el mundo, el cáncer de colon es el tercero en incidencia, después del de mama y pulmón, y la segunda causa de muerte en Estados Unidos. La presencia de esta enfermedad es más elevada en naciones occidentales y sobre todo en países en desarrollo, particularmente entre los grupos socioeconómicos más altos. A nivel mundial, en 2003 esta patología ocupó el tercer lugar en decesos, después del cáncer de pulmón y de mama (ver Figura 3).

La dieta es uno de los factores más importantes en la aparición de tumores de colon. En países en vías de desarrollo existe una menor incidencia de cáncer, aparentemente porque el tipo de dietas bajas en fibra y altas en grasa favorecen la aparición de esta enfermedad, lo que sugiere que algunos componentes de la dieta básica de países en vías de desarrollo, como los cereales y las leguminosas, pueden jugar un papel importante en la quimioprotección de cáncer.

Asimismo, el pH del colon favorece la formación de cocarcinógenos<sup>11</sup> a partir de ácidos biliares<sup>12</sup>. Además, un consumo de alcohol, aún en concentraciones bajas, duplica o triplica las posibilidades de que aparezca un carcinoma colorrectal.

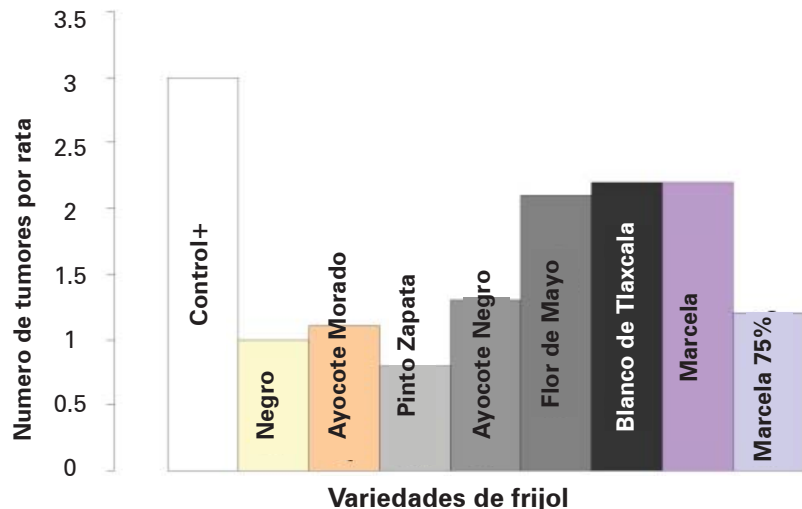
Una de las características más importantes de la epidemiología del cáncer de colon es el elevado riesgo que presentan las poblaciones urbanas; en estas regiones se ha observado que la enfermedad se incrementa exponencialmente con la edad. En las áreas de elevado riesgo se manifiesta un predominio del cáncer de colon en el sexo femenino.

En estudios experimentales y en algunas poblaciones se ha evaluado el potencial de algunos agentes de la dieta para promover o inhibir el desarrollo de cáncer de colon. Dentro de los alimentos más prometedores se encuentra el frijol, que es una fuente importante de fibra soluble e insoluble, compuestos fenólicos, almidón resistente a la hidrólisis<sup>13</sup> de enzimas digestivas y ácidos grasos (linoléico y linolénico).

<sup>11</sup> Agente que por sí mismo no transforma una célula en cancerosa, pero que junto a otro puede desencadenar dicha transformación.

<sup>12</sup> Líquidos amargos, de color amarillo verdoso, segregados por el hígado.

<sup>13</sup> Descomposición de compuestos orgánicos por la interacción del agua.



**Figura 4. Efecto de diferentes variedades de frijol en el número de tumores en ratas a las que se les indujo cáncer de colon.**

### Frijol y su relación con el cáncer de colon

Varios estudios con animales han mostrado el efecto protector del frijol contra el cáncer de colon.

En 1997, una investigación mostró que ratas inducidas al cáncer de colon y alimentadas con dietas complementadas con frijol presentaron una baja incidencia y multiplicidad de adenomas<sup>14</sup> y adenocarcinomas<sup>15</sup> en colon e intestino delgado. Mientras que otro estudio de 2002 señaló que al alimentar a ratas con frijol negro y blanco cocido disminuía la incidencia total de tumores.

Por su parte, una investigación de 2006 demostró el efecto protector del frijol cocido. En el estudio se adicionaron 11 kilogramos de frijol (concentración equivalente al consumo que tiene una persona al año) a la dieta de ratas tratadas con un carcinógeno de colon. Se observó que los animales alimentados con frijol Ayocote Morado, Ayocote Negro, Negro 8025 y Pinto Zapata presentaron menor incidencia de tumores. Ver Figura 4.

Dada la composición química del frijol y los estudios que se han realizado con otras leguminosas y otros alimentos se piensa que la fibra, el ácido fítico<sup>16</sup>, los oligosacáridos y los polifenoles<sup>17</sup> presentes en frijol contribuyen en la disminución del cáncer de colon en ratas.

### El frijol y la diabetes

La fibra está dentro de los componentes de frijol a los que se les ha atri-

<sup>14</sup> Tumor benigno que se desarrolla sobre una glándula.

<sup>15</sup> Tumor canceroso de las glándulas.

<sup>16</sup> Ácido orgánico que contiene fósforo y está presente en los vegetales. Los humanos no pueden digerirlo

<sup>17</sup> Antioxidantes naturales.

buido la capacidad de regular los niveles de glucosa en el organismo. La fibra en el tracto gastrointestinal<sup>18</sup> puede interactuar con diferentes elementos y captar agua.

Este hecho hace de la fibra un elemento muy importante en el proceso de la digestión, ya que limita y/o disminuye la velocidad de absorción de algunos nutrientes y favorece el tránsito intestinal, asimismo, la fibra permite una absorción más lenta de la glucosa, que condiciona los índices glicémicos moderados y, por lo tanto contribuye a controlar la hiperinsulinemia<sup>19</sup>.

En estudios realizados en 1987 y 1991 con conejos sanos y diabéticos se demostró la capacidad para reducir los niveles de glucosa extracto acuoso de frijol, con lo que se demostró que una terapia combinada del extracto y la "glibenclamida" ('medicamento utilizado en pacientes diabéticos') disminuyó los niveles de glucosa en la sangre. Además, presentó un efecto más prolongado comparado con el medicamento y con el extracto de frijol administrado de manera independiente.

Con base a estos antecedentes se ha demostrado que el frijol tiene la capacidad de disminuir los niveles de glucosa en la sangre y que puede ser de gran impacto para la población que actualmente presenta esta enfermedad.

En estudios realizados en 2006 para evaluar el efecto hipoglucemian-<sup>20</sup> de diferentes variedades de harinas de frijol cocido se encontró que el frijol negro disminuyó significativamente los niveles de glucosa en la sangre, con respecto al control a los 15, 30 y 60 minutos; mientras que el Pinto Zapata provocó una disminución en todos los tiempos evaluados. La harina de frijol Bayo Madero sólo tuvo efecto a los 60 minutos (ver Figura 5).

La harina de frijol Pinto Zapata disminuyó el pico hiperglicémico<sup>21</sup> en 27%, mientras que el Negro 8025 en 43%, además de retardar dicho pico hiperglicémico. Estos resultados son similares a los reportados por Román-Ramos y col. en 1991, que demostraron que un extracto de frijol disminuía 18.5% el área bajo la curva de la tolerancia a la glucosa en conejos diabéticos.

Con éstos y otros estudios realizados por en el Campo Experimental Bajío del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias y la Universidad Autónoma de Querétaro se ha encontrado que el consumo diario de 40 gramos de frijol cocido puede prevenir el cáncer de colon y disminuir los niveles de glucosa y colesterol en la sangre.

En México, el interés por los alimentos con propiedades benéficas para la salud se incrementa a través de la investigación y difusión de

<sup>18</sup> Parte del tubo digestivo donde el cuerpo procesa los alimentos y elimina los desechos. Incluye el esófago, estómago, hígado, los intestinos y el recto.

<sup>19</sup> Exceso de insulina.

<sup>20</sup> Escasez de azúcar en la sangre.

<sup>21</sup> Exceso de azúcar en la sangre.

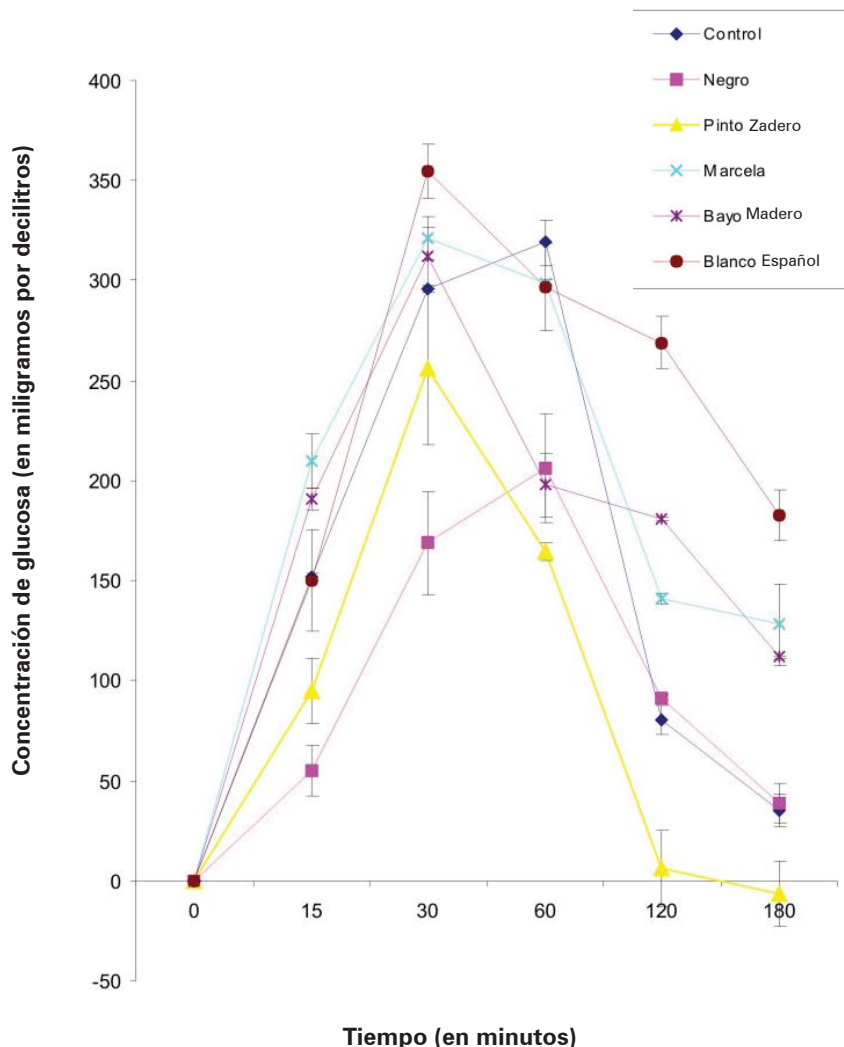


Figura 5. Curva de tolerancia a la glucosa en ratas diabéticas tratadas con diferentes variedades de harinas de frijol cocido (a dosis de 100 miligramos por kilogramo).

los conocimientos y se espera que la difusión cotidiana de estos conocimientos ayuden a modificar los hábitos en la alimentación de la población.

También es importante que la Secretaría de Salud realice campañas sobre las propiedades de frijol en todos los sectores de la población, y sobre todo en aquellas familias que tienden a abandonar el consumo regular de este grano.

## BIBLIOGRAFÍA

Almanza-Aguilera, E. 2008. Identificación de líneas y variedades de frijol negro mexicano que por sus características de calidad puedan competir con el frijol de importación negro Michigan. Tesis de licenciatura para obtener el título de Ingeniero Industrial. Universidad Interactiva y a distancia del estado de Guanajuato. Celaya, Guanajuato.

Beninger, C.; L. Gu; R. Prior; D. Junk; A. Vandenberg and K. Bett. 2005. "Changes in Polyphenols of the Seed Coat during de After-Darkening Process in Pinto Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). J. Agric. Food Chem. 53:7777-7782.

Brand, J. C.; D. J. Snow; G. P. Nabhan and A. S. Truswell. 1990. Plasma glucose and insulin responses to traditional Pima Indian meals. American Journal of Clinical Nutrition. 51:416-420.

Bruce, R.; A. Giacca and A. Medline. 2000. "Possible Mechanisms Relating Diet and Risk of Colon Cancer". Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev. 9:1271-1279.

Delgado, H. L. 2006. La seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica: situación actual. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Fecha de consulta: abril de 2009. <wqce.sica.int/búsqueda/búsqueda\_archivo.aspx?Archivo=nttc\_10503\_1\_21092006.pdf>.

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. 2001. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura, Banco de México, el frijol en México, competitividad y oportunidades de desarrollo. Volumen 33. Número 316.

García, G. 2006. Efecto hipoglucemiante de diferentes variedades de harinas de frijol cocido (*Phaseolus vulgaris*) y su posible mecanismo de acción en ratas diabéticas inducidas con estreptozotocina. Tesis de Maestría para obtener el grado de Maestro en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

Guzmán, S. H. and O. Paredes. 1998. Chapter 9: Functional Products of Plants Indigenous to Latin America: Amaranth, Quinoa, Common Beans and Botanicals in Functional Foods. Biochemical & Processing Aspects. Edited by G. Mazza, Ph. D. 308-312 pp.

Guzmán, S. H.; R. Reynoso; I Torres and J. A. Acosta. 2005. Frijol contra el cáncer.

Hangen, L, and Bennink, M. 2002. "Consumption of Black Beans and Navy Beans (*Phaseolus vulgaris*) Reduced Azoxymethane-Induced Colon Cancer in Rats". Nutr. Cancer. 44:60-65.

Hughes, J.; C. Ganthavorn and S. Wilson-Sanders. 1997. "Dry Beans Inhibit Azoxymethane-Induced Colon Carcinogenesis in F344 Rats". J. Nutr. 127:2328-2332.

Instituto Mexicano del Seguro Social. 2008. Asume IMSS el reto de reducir sobrepeso y obesidad en los niños. Instituto Mexicano del seguro social coordinación de comunicación social. Número 397.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2003.

<www.inegi>.

Khaleeva, L. D.; L. N. Maloshtan and A. G. Sytnik. 1987. Comparative evaluation of the hypoglycemic activity of the vegetal complex of *Phaseolus vulgaris* and chlorpropamide in experimental diabetes. *Endokrinol (mosk)*. 69-71 pp.

Lomas, C. 2008. Efecto del consumo de frijol (*Phaseolus vulgaris*) cocido sobre citocinas proinflamatorias relacionadas con daño renal en ratas diabéticas. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México.

Lemus Flores, B. 2003. Calidad nutricional de maíz, tortilla y frijol y nivel de complementación de la mezcla tortilla frijol. Tesis de licenciatura para obtener el título de Ingeniero Bioquímico. Instituto Tecnológico de Celaya. Celaya, Guanajuato.

Louriero, M. L. 2004. Obesity: Economic dimensions of a "Super Size" Problem. *Choices*. Fecha de consulta: enero de 2009. <www.Choicesmagazine.org/2004-3/obesity/2004-3-02.htm>.

McIntosh, G.; Y. H. Wang and P. Royle. 1998. "A Diet Containing Chickpeas and Wheat Offers Less Protection against Colon Tumors than a Casein and Wheat Diet in Dimethylhydrazine-Treated Rats". *J. Nutr.* 128:804-809.

Olaiz, G.; J. Rivera; T. Shamah; R. Rojas; S. Villalpando; M. Hernández y J. Sepúlveda. 2006. Encuesta nacional de salud y nutrición 2006. Instituto Nacional de Salud Pública y Secretaría de Salud.

Organización Mundial de la Salud. 2003. Organización Mundial de la Salud. <www.oms>.

Piñols, C. 1998. "Estudio de los cambios en la mucosa colónica de rata y cinética celular durante la carcinogénesis experimental inducida con 1,2-dimetilhidracina". Tesis Doctoral. Universidad de Lleida, Barcelona, España.

Ríos, M. C.; R. Reynoso; I. Torres; J. A. Acosta; M. Ramos; E. González y S. H. Guzmán. Efecto del consumo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) sobre el cáncer de colon en ratas Sprague.Dawley. *Agric. Téc. Méx.* 33:18-25.

Román, R. R.; S. JL Flores; H. G. Partida, L. A. Lara and A. F. Alarcón. Experimental study of the hypoglycemic effect of some antidiabetic plants., *Archivos de investigación médica (México)*. 1:87-93.

Serrano Covarrubias, L. M. 2004. Análisis del caso de frijol. Universidad Autónoma Chapingo. 3 p.

Tovar, J.; Y. Granfeldt and I. M. Bjorck. 1992. Effect of processing on blood glucose and insulin responses to starch in legumes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 40:1846-1851.

Trichopoulos, D. 1999. Capítulo 12: Epidemiología del cáncer. En *Cáncer. Principios y Prácticas de Oncología*. Madrid, España. 1:231-256.

Velasco, Z. I.; Rascon and J. Tovar. 1997. Enzymatic availability of

starch in cooked black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) and cowpeas (*Vigna* spp.) *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45:1548-1551.

## El fenómeno de El Niño

Manuel de Jesús Ortiz Acosta<sup>1</sup>

### INTRODUCCIÓN

El Niño es una alteración del sistema océano-atmosférico que tiene consecuencias en el clima alrededor del mundo.

El nombre que recibe este fenómeno es en relación al niño Dios o Jesucristo; originalmente fue utilizado por los pescadores de las costas de Ecuador y Perú para hacer referencia a una corriente oceánica caliente que normalmente aparecía cerca de Navidad y que permanecía durante varios meses.

El Niño no es tan sólo una corriente de agua caliente del Océano Pacífico, sino un fenómeno bastante complejo.

### Enlace El Niño-Oscilación del Sur

A partir de 1899 el científico británico Sir Gilbert Walter realizó observaciones mediante las que descubrió que cuando la presión atmosférica bajaba alrededor de Australia, India, Filipinas e Indonesia, en el Continente Americano subía y viceversa. A este vaivén de la presión del aire le denominó Oscilación del Sur, y se enlaza con la corriente de El Niño de la siguiente manera.

Cuando El Niño no está presente, el agua oceánica más caliente del planeta está localizada en el Pacífico Oeste; el flujo de los vientos ecuatoriales que van del Este hacia el Oeste empujan esta agua hacia el Oeste, amontonándola alrededor de la India, Indonesia y otros lugares del Continente Asiático. De vez en cuando (el motivo no está muy claro) los vientos ecuatoriales se debilitan y permiten que el agua caliente se desplace al Este a través del Pacífico, con rumbo al Continente Americano.

---

<sup>1</sup> Jefe del Servicio Agrometeorológico de la Confederación de Asociaciones Agrícolas del Estado de Sinaloa (CAADES).

Cuando el agua caliente alcanza la costa de Sudamérica se distribuye hacia el Norte y Sur, a lo largo de la costa, creando la corriente de El Niño. Un indicador de que este fenómeno inicia son las altas temperaturas inusuales de la superficie del mar a lo largo y en ambos lados del Ecuador, en la región central y este del Pacífico.

Se podría pensar que El Niño-Oscilación del Sur sólo afecta el Océano Pacífico tropical, pero lo que sucede es que el océano afecta a la atmósfera. Las tormentas tropicales son alimentadas por el aire caliente y húmedo del océano; entre más caliente sea el aire más grandes y fuertes serán las tormentas.

En la medida de que el agua caliente del Pacífico se desplaza hacia el Este, las tormentas bombean aire caliente y húmedo hacia una altitud mayor de 15 kilómetros, lo que representa una gran cantidad de energía que afecta los vientos de la corriente en chorro.

### Duración del fenómeno

El periodo de retorno de El Niño es variable, oscila de dos a siete años. La intensidad y la duración de este fenómeno también son variables y difíciles de pronosticar. Normalmente permanece en una zona de 14 a 22 meses, pero su duración puede ser mucho más larga o más corta.

El Niño de 1982-1983 ha sido el más fuerte y el más devastador: ocasionó la muerte de casi 2 mil personas y pérdidas por 40 billones de dólares en los países que afectó (como Ecuador y Perú); en 1991-1995 fue altamente inusual, por ser el evento más largo de los últimos 113 años.

Existe la hipótesis de que algunos de los cambios en el patrón de El Niño se debe, en parte, al incremento observado en los gases que causan el efecto invernadero<sup>2</sup> en la atmósfera.

### Medición de la temperatura del mar

El fenómeno de El Niño se detecta por medio de una red de boyas fijas y móviles que están colocadas en el Océano Pacífico, a lo largo del Ecuador, y que cuentan con instrumentos para medir la temperatura del mar, temperatura del aire, presión atmosférica y la dirección del viento; también se usa el satélite Topex-Poseidón para analizar la temperatura de la superficie de los océanos.

<sup>2</sup> Aumento de la temperatura de un planeta provocado por el calor solar retenido por los gases en la atmósfera de un planeta.

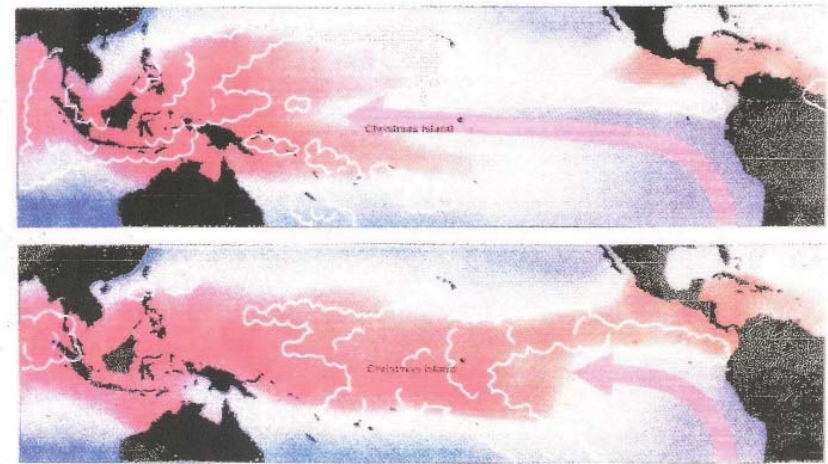


Figura 1. Movimiento de lluvias al Este durante EL Niño, indicado por las flechas en la figura inferior. La imagen superior muestra un movimiento de nubes normal.

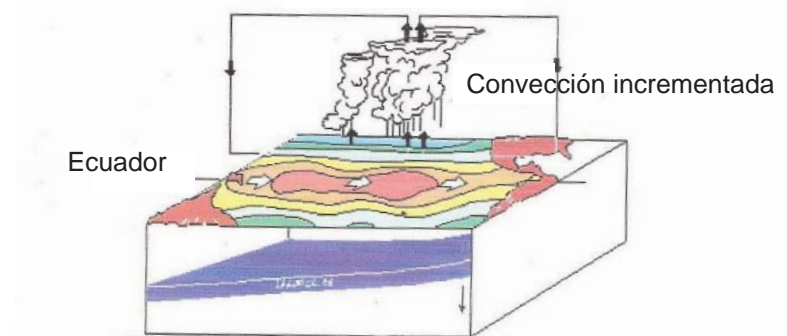
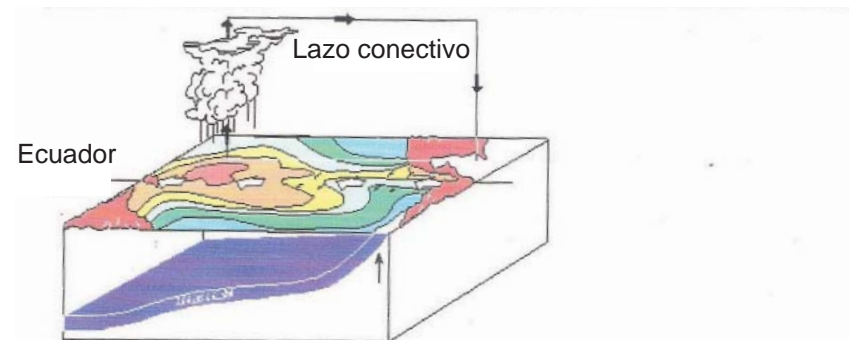


Figura 2. Condiciones que se presentan por la ausencia (arriba) o presencia (abajo) de El Niño.

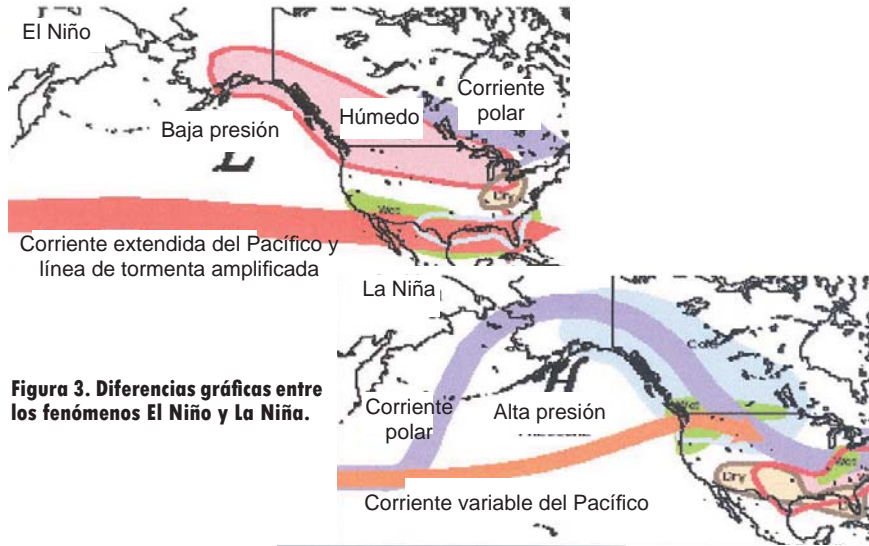


Figura 3. Diferencias gráficas entre los fenómenos El Niño y La Niña.

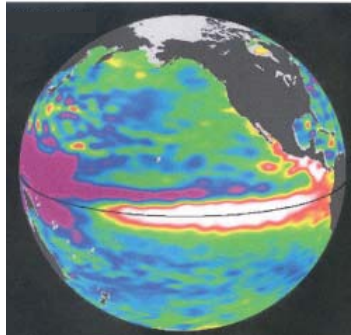


Figura 4. Imagen tomada por el satélite Topex-Poseidón, donde se observan las temperaturas de la superficie del mar.

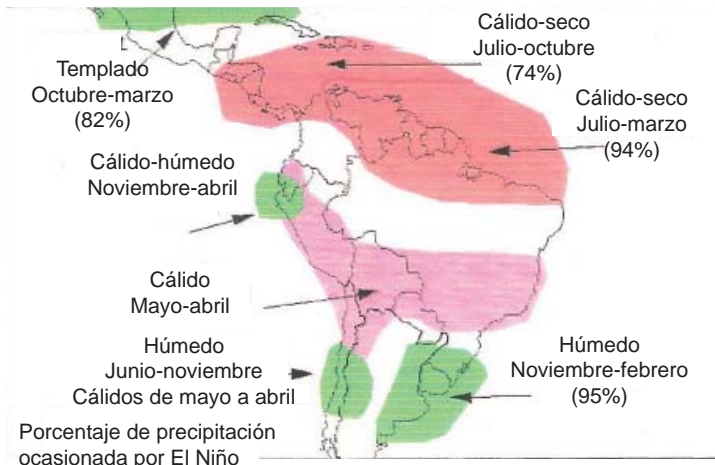


Figura 5. Potencial de impactos de El Niño.

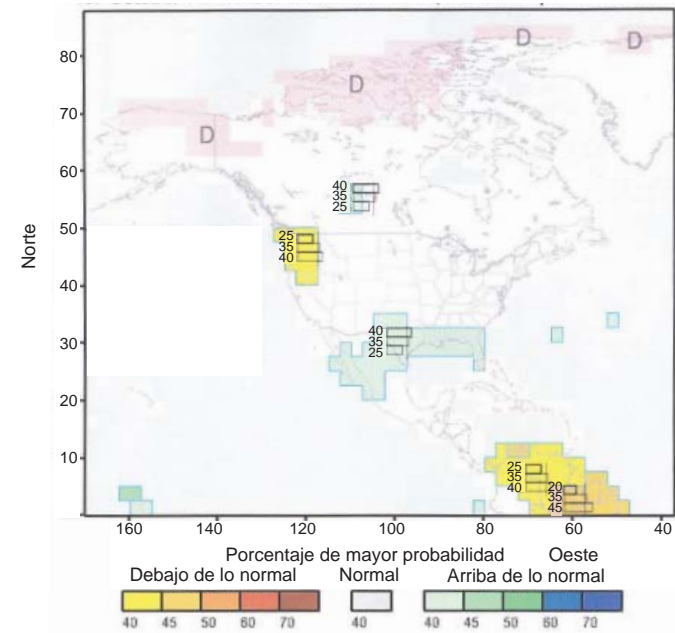


Figura 6. Probabilidad de precipitación para octubre, noviembre y diciembre de 2009.

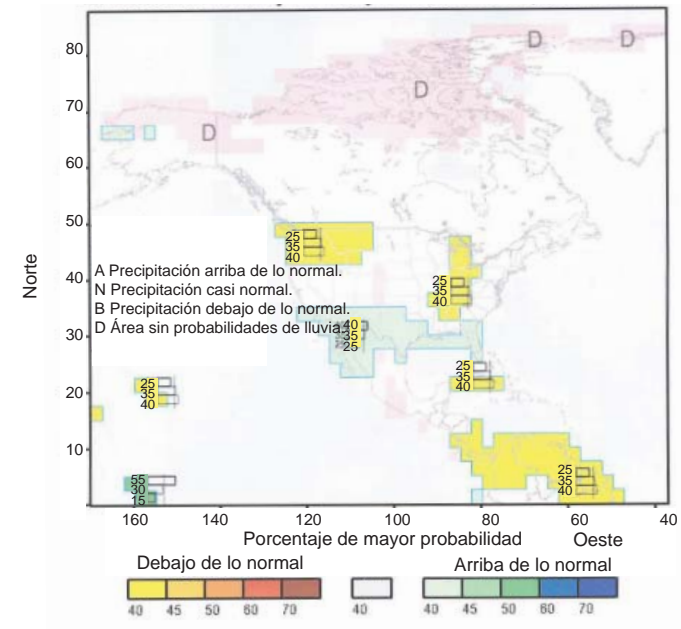
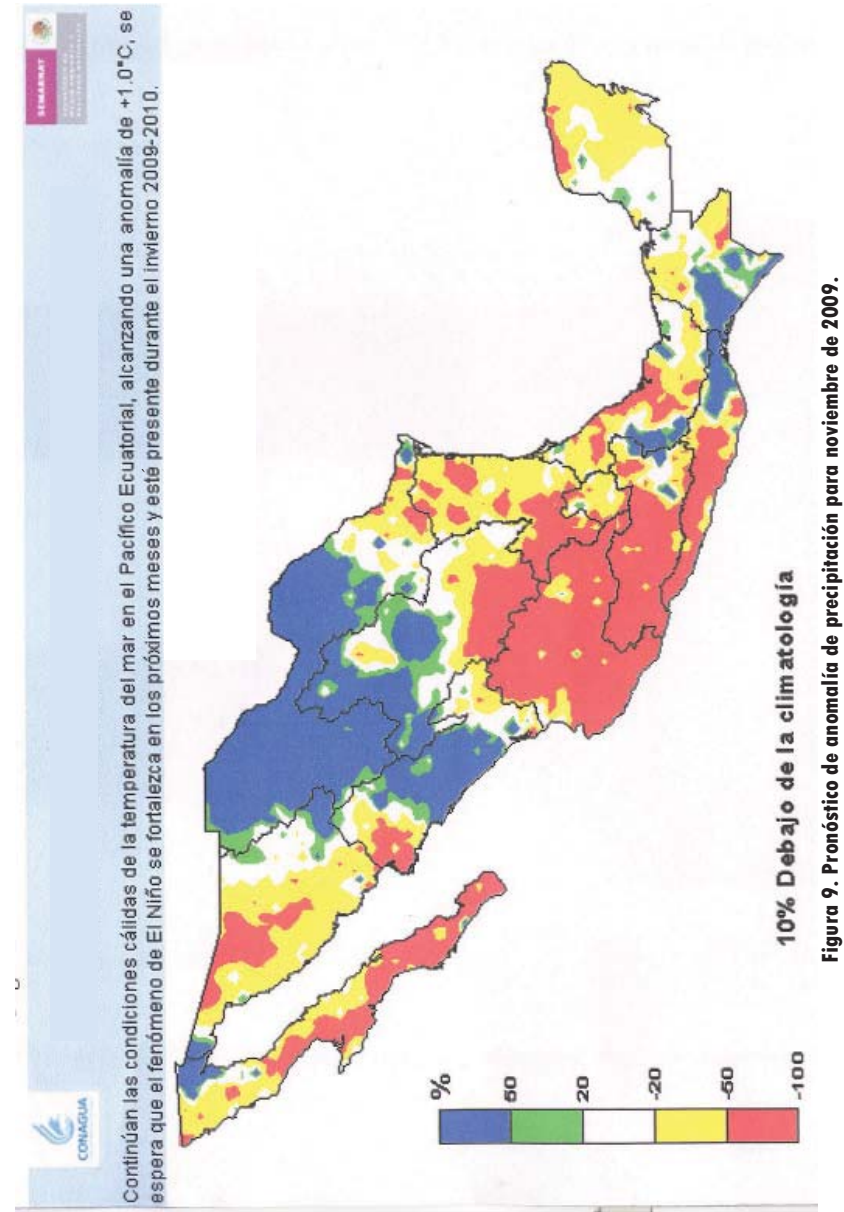
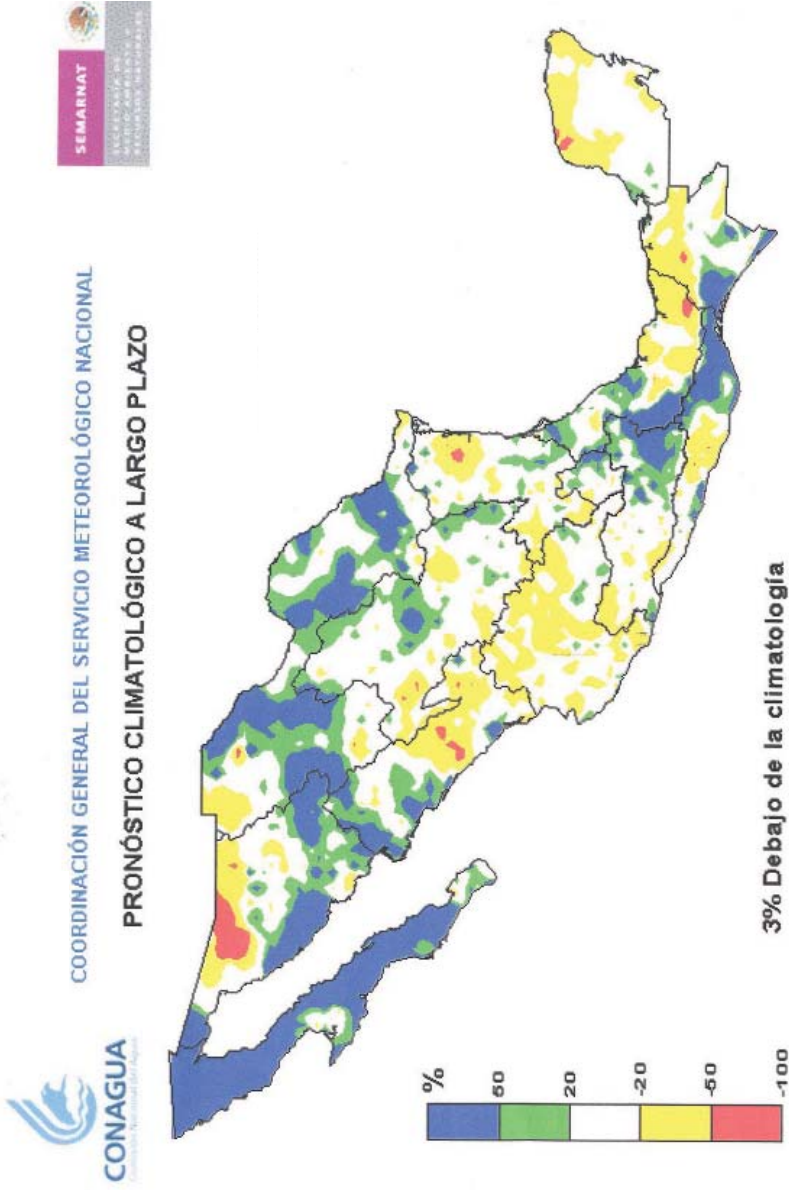
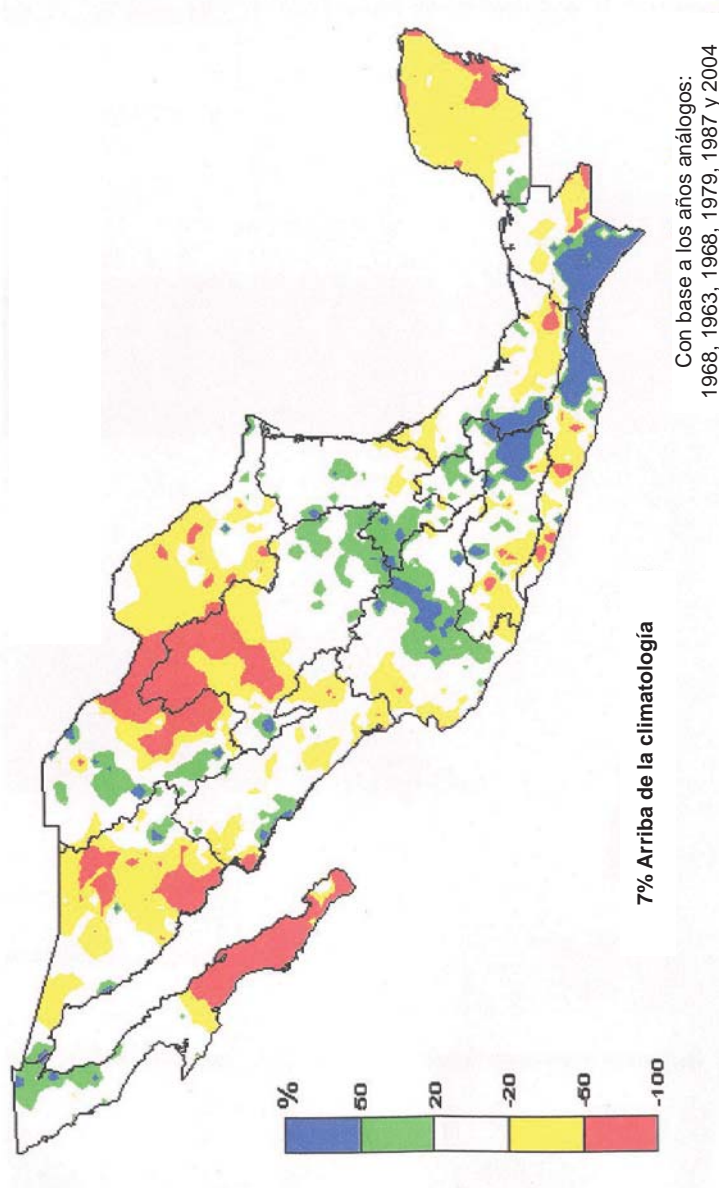


Figura 7. Probabilidad de precipitación para diciembre de 2009, enero y febrero de 2010.





El Niño comienza frecuentemente a principios del año y alcanza su punto máximo (fase madura) entre noviembre y enero del siguiente año. Durante un evento de este tipo, la sequía puede ocurrir en cualquier parte del mundo.

A través de investigaciones se ha encontrado una fuerte conexión entre El Niño e intensas sequías en Australia, India, Indonesia, Filipinas, Brasil, este de Sudáfrica, América Central, algunas áreas de México y de Estados Unidos.

Durante la presencia de El Niño la sequía ocurre en diferentes tiempos (estaciones) en cada una de las regiones mencionadas, con una magnitud variable.

En el sur de Estados Unidos y el norte de México se han registrado lluvias por arriba de lo normal en el 82% de los años de El Niño, durante la estación que comienza en octubre y concluye en marzo del siguiente año.

Se puede señalar que los cambios en la temperatura del mar influyen en la salinidad de las aguas, lo que modifica las condiciones ambientales para los ecosistemas marinos.

Estos cambios afectan a las poblaciones de peces, especialmente en las áreas del Pacífico Americano.

Un evento como El Niño puede ser leve, moderado, fuerte o muy fuerte. El que se está desarrollando actualmente será débil o moderado, pero puede producir daños. Aun así, no se trata de prepararse para un mal que no se puede evitar, sino para un comportamiento del clima previsible dentro de determinados rangos.

Lo que se debe analizar es si los daños que El Niño puede producir se encuentran sólo en función de su magnitud (de la fuerza con que se presenta el fenómeno) o en función de nuestra vulnerabilidad.

Una alta vulnerabilidad convierte a una pequeña amenaza en desastre.

---

## Variedades de frijol regionales con beneficios para la salud

**Sergio Medina Godoy<sup>1</sup>**  
**Cindy I. Fuentes Gutiérrez<sup>1</sup>**  
**Ángel Valdez Ortiz<sup>2</sup>**  
**Rafael A. Salinas Pérez<sup>3</sup>**  
**Rotimi E. Aluko<sup>4</sup>**

### INTRODUCCIÓN

Los compuestos nutraceuticos son aquellas sustancias químicas que ejercen un efecto benéfico para alguna función corporal del individuo, produciendo una mejora en su salud o reduciendo el riesgo de padecer alguna enfermedad.

El mercado mundial de los productos nutraceuticos ha estado a la alza en los últimos años, con un incremento del 7% anual, y un mercado mundial de alrededor de 9.600 millones de dólares en 2008.

Los productos nutraceuticos abarcan un grupo heterogéneo que incluye extractos botánicos, vitaminas, minerales, complementos deportivos, complementos alimenticios y alimentos funcionales.

El incremento en la demanda por alimentos que además de nutrir proporcionen un beneficio a la salud exhorta fuertemente al desarrollo de métodos alternativos para el procesamiento de alimentos tradicionales, como el frijol, para generar productos con potencial para el tratamiento de padecimientos crónicos, como la hipertensión arterial<sup>5</sup>.

En un futuro, esto podría coadyuvar a aliviar, en cierta medida, los problemas de falta de comercialización que se han presentado en años anteriores en el cultivo de frijol, y derivaría en el desarrollo de un producto alimentario con potencial benéfico para la salud.

---

1 Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR)

2 Universidad Autónoma de Sinaloa.

3 Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)

4 Universidad de Manitoba, Winnipeg, Canadá.

5 Tensión excesivamente alta de la sangre.

## Valor agregado

La estrategia de caracterización de las propiedades nutraceuticas de algunos alimentos y su promoción (mediante fuertes campañas de difusión) ha sido empleada exitosamente para el posicionamiento de algunos alimentos tradicionales y la elaboración de otros nuevos a base de mora, soya, amaranto, linaza, girasol y leche, enriquecidos con minerales y vitaminas.

Con esto se ha logrado dar un valor agregado a los productos agroalimentarios, en algunos casos empleando los productos directamente en la alimentación y, en otros, mediante el empleo de procesos biotecnológicos que liberan o potencian las propiedades nutraceuticas.

## Oportunidades del grano de frijol en el mercado nutraceutico

En el caso del grano de frijol, en México podría emplearse una estrategia de comercialización con énfasis en las propiedades nutraceuticas para promover su consumo, tanto local como internacional.

Distintos esfuerzos han sido establecidos a nivel nacional, con lo que en 2009 se ha logrado incrementar el consumo per cápita de 9.4 kilogramos en 2008 a 12 kilogramos en 2009, después de casi una década con tendencia negativa, pero todavía está lejos de los 19 kilogramos por persona que se consumían en 1990.

Algunas propiedades nutraceuticas de frijol han sido ampliamente caracterizadas, como el contenido de fitoquímicos<sup>6</sup> (compuestos fenólicos, antocianinas<sup>7</sup> y ácidos grasos), que ayudan a prevenir o reducir enfermedades cardiovasculares<sup>8</sup>, cáncer y diabetes.

El alto contenido de fibra y carbohidratos complejos no digeribles previenen enfermedades cardiovasculares, cáncer y diabetes, también disminuyen el colesterol y mejoran las funciones de las células del colon.

En cuanto a las proteínas, que comprenden del 14 al 33% del peso del grano de frijol, han sido estudiadas principalmente desde un punto de vista nutricional.

Estudios de las propiedades nutraceuticas de las proteínas de soya, chícharo, canola han revelado que éstas reducen la hipertensión y el envejecimiento celular.

## Potencial nutraceutico de las proteínas de frijol

Las proteínas de frijol son grandes cadenas conformadas por distintos aminoácidos que se organizan en distintos tamaños.

La forma intacta de estas proteínas no presenta muchas de las propiedades nutraceuticas anteriormente descritas, pero cuando se separan (método al que formalmente se le conoce como hidrólisis) se libe-

6 De fotoquímica: estudio de las interacciones entre átomos, moléculas pequeñas, y la luz (o radiación electromagnética).

7 Pigmentos que ayudan a mantener la salud de los vasos sanguíneos.

8 Relativo al corazón o aparato circulatorio.

ran pequeños fragmentos de proteínas llamados péptidos, a los que se les han identificado las siguientes propiedades medicinales.

**1. Antioxidante<sup>9</sup>.** A la dieta alimenticia se le ha conferido un papel protector pero también de riesgo contra enfermedades crónicas transmisibles, como el cáncer.

El humo del cigarro y la dieta son los factores ambientales con mayor evidencia epidemiológica para desarrollar esta enfermedad, un ejemplo de esto es la relación que existe entre el incremento en la ingesta de grasas saturadas y el riesgo de desarrollar cáncer de mama.

El efecto de los nutrientes antioxidantes ha sido evaluado en las distintas etapas del cáncer (iniciación, promoción y progresión), y se ha evidenciado la eficacia de la vitamina C, E y Beta-caroteno (antioxidantes) en el proceso de carcinogénesis para la eliminación de carcinógenos, inhibición de precarcinógenos y la reparación del daño al ácido desoxirribonucleico (ADN).

**2. Actividad antihipertensiva.** Una de las actividades a la que más recursos destinan los organismos de salud (por su alta prevalencia y su importancia como factor desencadenante de patologías cardiovasculares, cerebrovasculares y renales) es a la detección, tratamiento y control de la hipertensión arterial.

Esta enfermedad es (junto con el colesterol elevado y el tabaquismo) uno de los tres factores de riesgo de padecer accidentes vasculares cerebrales. Este padecimiento corresponde a una manifestación que implica a diversos factores causales, tanto genéticos como ambientales.

Aún no se encuentra muy clara la forma en que estos factores interaccionan para que se desencadene la hipertensión arterial, pero se conoce que actúan en el sistema nervioso simpático<sup>10</sup>, riñón, sistema renina-angiotensina<sup>11</sup> y en otros mecanismos humorales.

En Sinaloa, de acuerdo a la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2006, la hipertensión arterial ha aumentado en los últimos 15 años, ya que mientras en 1993 se contaba con 10.1% de sinaloenses hipertensos, en 2000 la cifra aumentó a 12.5%, y para 2006 se registró que cerca del 15.4% de sinaloenses encuestados presentaron la enfermedad. Este porcentaje ubica a Sinaloa en el décimo séptimo sitio a nivel nacional, en adultos con hipertensión.

Muchos de los fármacos empleados en el control de la hipertensión se basan en el sistema renina-angiotensina-aldosterona: la renina (proteína) es secretada por algunas células del riñón cuando hay descenso de minerales (como el calcio), actúa sobre un mensajero llama-

9 Propiedad que previene el envejecimiento de la piel.

10 Sistema del organismo formado por los tubos laterovertebrales a ambos lados de la columna vertebral; una de sus funciones es aumentar la fuerza y la frecuencia de los latidos del corazón.

11 Sistema hormonal que ayuda a regular a largo plazo la presión sanguínea y el volumen extracelular corporal.

do angiotensinógeno y lo transforma químicamente en angiotensina I, que en presencia de la Enzima Convertidora de Angiotensina<sup>12</sup> (ECA) se transforma en angiotensina II. La angiotensina II (molécula mensajera), junto con el potasio proveniente de la dieta y otras moléculas desencadenan una serie de señales que llevan como resultado final el incremento de la presión arterial sanguínea.

De lo anterior, se observa la relevancia de la Enzima Convertidora de Angiotensina, y por qué muchos fármacos están dirigidos a su control, como el Captopril. De manera natural se han encontrado fragmentos de proteínas denominados péptidos que tienen la capacidad de controlar a la ECA.

### Objetivos

1. Conseguir aislados proteicos de distintos genotipos de frijol de Sinaloa.
2. Obtener hidrolizados bajo condiciones controladas.
3. Caracterizar genotipos de frijol cultivados en Sinaloa con actividad antihipertensiva.
4. Caracterizar genotipos de frijol cultivados en Sinaloa con actividad antioxidante.

### Materiales y métodos

**Materiales.** Los genotipos de frijol empleados en esta investigación fueron Azufrado Higuera, Azufrado Regional y Azufrado Noroeste, proporcionados por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

**Métodos.** El trabajo se realizó bajo el siguiente esquema de trabajo:

1. Obtención de harina (quebrado de grano y pulverización).
2. Obtención de aislados de proteína.
3. Hidrólisis bajo condiciones controladas, empleando en experimentos independientes tres enzimas: alcalasa, termolisina y pancreatina.
4. Caracterización antihipertensiva de los distintos hidrolizados.
5. Caracterización antioxidante de los distintos hidrolizados.

#### 1. Obtención de harinas

• Para la elaboración de las distintas harinas, primero se quebró el grano en un molino, impulsado por un motor de medio caballo de fuerza. Posteriormente, el grano se pasó por un molino de martillos, marca Perten. Este proceso se realizó en la Facultad de Ciencias Químico-Biológicas de la Universidad Autónoma de Sinaloa.

<sup>12</sup> Esta enzima está involucrada directamente en la elevación de la presión arterial.

### 2. Obtención de aislados de proteína

- En una primera etapa se extrajo la proteína bajo condiciones alcalinas, solubilizando las harinas al 10% en agua (100 gramos de harina en mililitros de agua) en condiciones alcalinas.
  - Después de una hora se separó la proteína soluble mediante centrifugación<sup>13</sup> y se recuperó el líquido que contenía a las proteínas.
  - En una segunda etapa se recuperó la proteína bajo condiciones ácidas.
  - Las proteínas en forma insoluble se separaron por centrifugación.
  - La proteína en forma de pastilla se recuperó en los tubos de centrifuga.



Figura 1. Granos de frijol Azufrado empleados en la investigación.



Figura 2. Molinos utilizados para la obtención de harinas.

<sup>13</sup> Método por el que se pueden separar sólidos de líquidos de diferente densidad mediante una centrifugadora, la cual imprime a la mezcla un movimiento rotatorio.

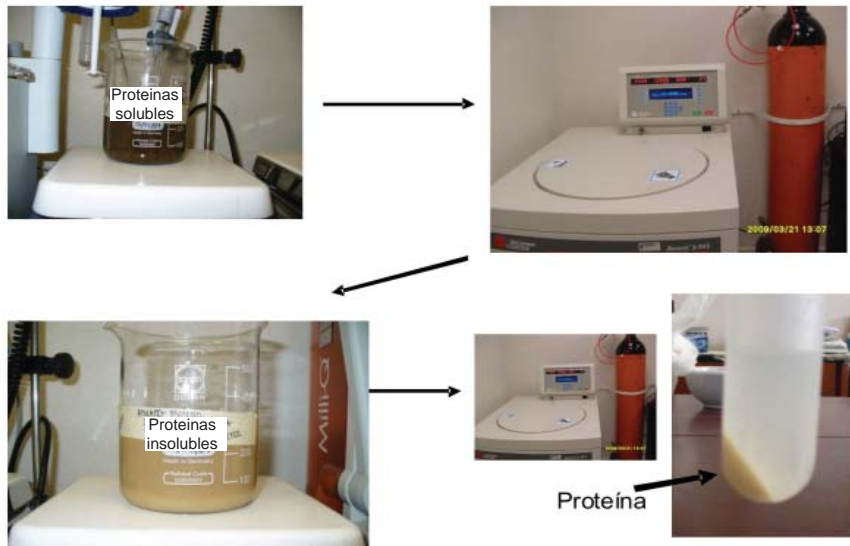


Figura 3. Etapas de obtención de aislados proteicos.

Cuadro 1. Tratamientos para la obtención de hidrolizados.

| Variación de frijol  | Alcalasa | Termolisina | Pancreatina |
|----------------------|----------|-------------|-------------|
| Azufrado Higuera     | ✓        | ✓           | ✓           |
| Azufrado Noroeste    | ✓        | ✓           | ✓           |
| Azufrado Regional 87 | ✓        | ✓           | ✓           |

**3. Hidrólisis bajo condiciones controladas, empleando en experimentos independientes tres enzimas: alcalasa, termolisina y pancreatina**

• La proteína se mezcló con una de las enzimas (alcalasa, termolisina o pancreatina), se mantuvo el pH de la solución constante empleando un titulador automático por al menos dos horas, para permitir la acción de las enzimas y degradar la proteína de frijol.

• Posterior a la etapa de hidrólisis, la proteína no digerida se separó mediante centrifugación, manteniéndose en solución sólo los productos de la hidrólisis (péptidos) a los que se les determinará la actividad nutracéutica.

**4. Caracterización antihipertensiva de los distintos hidrolizados**

• Cuando las enzimas están activas son capaces de transformar a su sustrato específico en un producto.

• En el caso de la enzima ECA, el sustrato se denomina HHL y el producto es HL, que tiene una absorbancia<sup>14</sup> específica.

• En presencia de un inhibidor, la cantidad del producto se verá dis-

<sup>14</sup> Medida de la atenuación de una radiación al atravesar una sustancia.

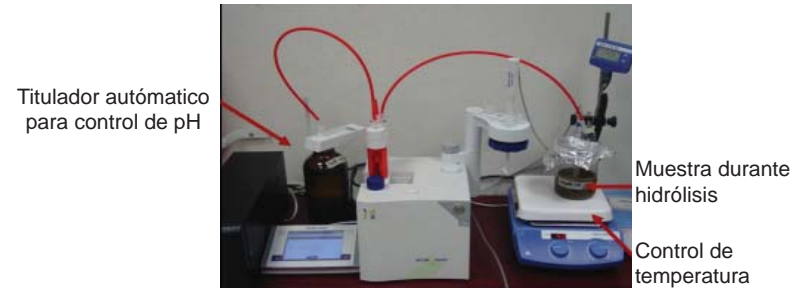


Figura 4. Sistema de hidrólisis, donde se observa el titulador automático que controla el pH de la solución y un sistema para el control de la temperatura.

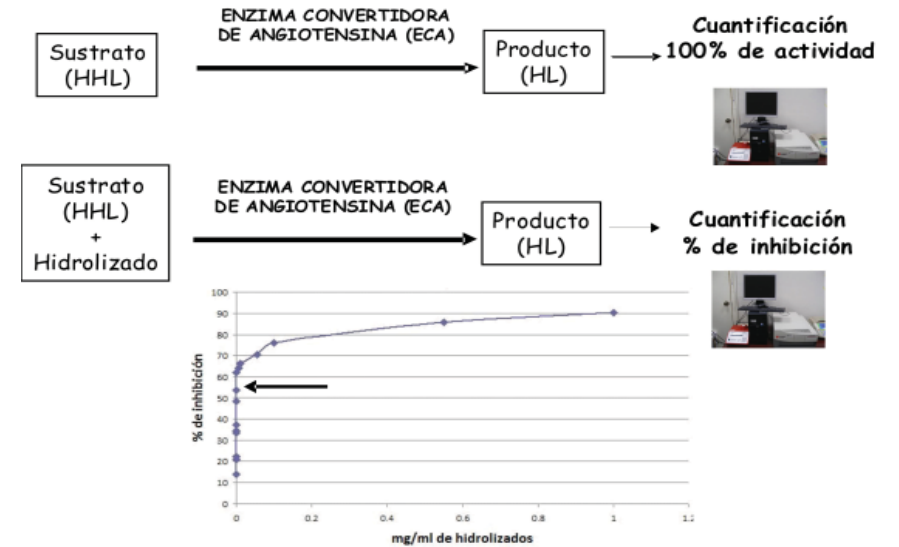


Figura 5. Representación esquemática de la determinación de la actividad antihipertensiva en frijol.

minuida o no se obtendrá.

• Se determina el porcentaje de inhibición a distintas concentraciones para cada hidrolizado.

• Se obtiene una curva donde se determina la concentración de hidrolizado para inhibir al 50% la enzima ECA (IC50)

**5. Caracterización antioxidante de los distintos hidrolizados**

• Se emplea el reactivo DPPH, que es un agente oxidante y presenta un color púrpura,

• Al mezclar DPPH con un antioxidante, en este caso con hidrolizado, el agente oxidante se degrada o elimina, cambiando su color hacia amarillo, entonces se cuantifica cuánto DPPH está aún presente.

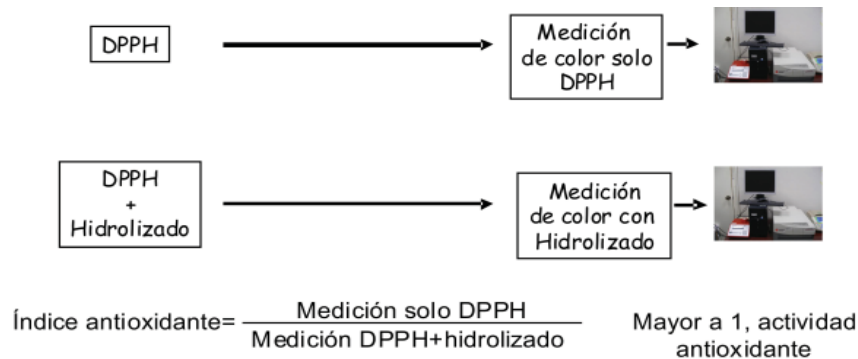


Figura 6. Representación esquemática del ensayo de actividad antioxidante.

Cuadro 2. Rendimiento de aislado proteico y contenido de proteína de distintos materiales\*.

| Variación de frijol  | Porcentaje de rendimiento** | Porcentaje de proteína en aislado*** |
|----------------------|-----------------------------|--------------------------------------|
| Azufrado Higuera     | 13                          | 61.01                                |
| Azufrado Noroeste    | 12.50                       | 58.39                                |
| Azufrado Regional 87 | 12.50                       | 66.73                                |

\*Obtenido del promedio de tres extracciones.

\*\*Expresado como porcentaje de aislado obtenido de 100 gramos de harina.

\*\*\*Contenido de proteína presente en los aislados, determinado por el método de Lowry.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**1. Obtención de aislados de proteína.** Se obtuvieron tres aislados de los materiales Azufrado Higuera, Azufrado Noroeste y Azufrado Regional 87 (ver Cuadro 2).

Los resultados de rendimiento, es decir cantidad de aislado por harina procesada, fue de mayor a menor en el siguiente orden: Azufrado Higuera (con 13%), Azufrado Noroeste (12.5%) y Azufrado Regional 87 (12.5%), este nivel se encuentra en el promedio de lo obtenido en otros granos, y bajo para lo reportado en otros estudios de frijol (de 15 a 20% de rendimiento). Esto indica que es posible optimizar la extracción en un futuro.

El contenido de proteína en los aislados fue de 66.73% para Azufrado Regional 87, 61.01% para Azufrado Higuera, y 58.39% para Azufrado Noroeste.

De lo anterior se deduce que el genotipo que más proteína provee por harina procesada es Azufrado Regional 87, del que se podrían obtener 8.34 gramos de proteína por cada 100 gramos de harina procesada. Le siguen Azufrado Higuera (7.93 gramos) y Azufrado Noroeste (7.30 gramos).

**2. Caracterización antihipertensiva de los hidrolizados de frijol.** Se obtuvieron nueve caracterizaciones de la actividad antihipertensiva, que corresponden a los hidrolizados proteicos de las tres variedades de frijol evaluadas (Azufrado Higuera, Azufrado Noroeste y Azufrado Regional 87) tratados con las enzimas alcalasa, termolisina y pancreatina.

Se determinó en qué medida los distintos tratamientos son capaces de inhibir la acción de la Enzima Convertidora de Angiotensina (ECA).

Los tres mejores tratamientos fueron Azufrado Higuera hidrolizado con la enzima alcalasa, donde 0.248 microgramos por mililitro presentan un índice de inhibición al 50% (IC50) de la enzima ECA; le siguió Azufrado Regional 87 con pancreatina (a dosis de  $0.262 \pm 0.079$  microgramos por mililitro); y en tercer lugar Azufrado Higuera con pancreatina (a dosis de  $0.300 \pm 0.010$  microgramos por mililitro).

Los resultados obtenidos en el presente proyecto son muy alentadores, se han reportado valores de IC50 para productos fermentados de soya, que van de 80 a 360 microgramos por mililitro, valores mayores inclusive a los reportados para los tratamientos menos efectivos (Azufrado Higuera con termolisina [IC50= 13.12 microgramos por mililitro]).

Cuadro 3. Concentración para la inhibición del 50% de la actividad de la enzima ECA (IC50, en microgramos por mililitro)\*.

| Variación            | Alcalasa        | Termolisina      | Pancreatina      | Promedio        |
|----------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| Azufrado Higuera     | $0.25 \pm 0.02$ | $13.12 \pm 9.26$ | $0.30 \pm 0.01$  | $3.94 \pm 2.78$ |
| Azufrado Noroeste    | $0.32 \pm 0.02$ | $12.00 \pm 8.47$ | $11.52 \pm 0.73$ | $7.95 \pm 5.74$ |
| Azufrado Regional*87 | $0.30 \pm 0.00$ | $9.30 \pm 0.20$  | $0.26 \pm 0.08$  | $3.29 \pm 4.51$ |
| Promedio             | $0.29 \pm 0.04$ | $11.47 \pm 1.71$ | $4.03 \pm 5.83$  | $5.18 \pm 0.01$ |

\*Concentración de hidrolizado para obtener el 50% de inhibición de ECA, del promedio de tres ensayos independientes.

En otro estudio sobre péptidos bioactivos aislados del pez *Euphausia superb* arrojaron que Val-Trp presentó un IC50= 2.75 microgramos por mililitro, y Leu-Lys-Tyr un IC50= 4.26 microgramos por mililitro. Estos valores están entre los encontrados en los hidrolizados de frijol, pero no son mejores que los tratamientos de los tres genotipos con la enzima alcalasa (de 0.25 a 0.30 microgramos por mililitro).

En una investigación de 2006 se reportó que la hidrólisis de proteínas del frijol Mungbean fue de 640 microgramos por mililitro, estos resultados son mayores a los reportados en el presente trabajo.

**3. Caracterización antioxidante de los hidrolizados de frijol.** Se obtuvieron nueve caracterizaciones de la actividad antioxidante, que corresponden a los hidrolizados de las tres variedades de frijol evaluadas (Azufrado Higuera, Azufrado Noroeste y Azufrado Regional 87) tratados con las enzimas alcalasa, termolisina y pancreatina (ver Cuadro 4).

Se evaluó la capacidad de inactivar el reactivo DPPH (agente oxi-

**Cuadro 4. Índice de actividad antioxidante de los distintos hidrolizados.**

| Variedades           | Alcalasa     | Termolisina  | Pancreatina   | Promedio      |
|----------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| Azufrado Higuera     | 1.052 ± 0.03 | 1.889 ± 0.54 | 1.039 ± 0.056 | 1.327 ± 0.502 |
| Azufrado Noroeste    | 1.052 ± 0.02 | 1.032 ± 0.01 | 1.024 ± 0.019 | 1.036 ± 0.019 |
| Azufrado Regional*87 | 1.087 ± 0.05 | 1.038 ± 0.05 | 1.006 ± 0.026 | 1.045 ± 0.051 |
| Promedio             | 1.071 ± 0.03 | 1.32 ± 0.51  | 1.023 ± 0.035 | 1.136 ± 0.312 |

\*Valores mayores a 1 indican actividad antioxidante, valores promedio obtenidos en tres ensayos.

dante). Este ensayo es empleado para determinar la actividad antioxidante en alimentos para consumo humano, principalmente.

En este ensayo los tratamientos con valores mayores a 1 se consideran que presentan actividad antioxidante. El mejor tratamiento fue Azufrado Higuera con la enzima termolisina (1.889), seguido de los tratamientos con alcalasa de Azufrado Regional 87 (1.087) y Azufrado Higuera y Noroeste (ambos con 1.052).

**CONCLUSIONES**

1. Del grano de Azufrado Higuera se obtuvo un mayor rendimiento de aislado proteico (13%) que de los otros materiales, mientras que el aislado proteico de Azufrado Regional 87 presentó el mayor contenido de proteína (66.7%), seguido del de Azufrado Higuera (61%).

Por lo anterior, el material idóneo para su procesamiento sería Azufrado Higuera, pues la combinación de rendimiento y contenido de proteína en los aislados generaría más hidrolizado con actividad nutracéutica.

2. La variedad Azufrado Noroeste fue la que presentó el porcentaje de recuperación más alto con la enzima pancreatina (26.53±1.35%), seguido de Azufrado Regional 87 con termolisina (26.53±1.35%) y Azufrado Higuera con termolisina (26.17±0.12%).

Los valores anteriores sólo indican cuánto hidrolizado se obtuvo durante la hidrólisis, las proteínas que no son hidrolizadas se eliminan, obteniéndose principalmente péptidos y proteínas parcialmente hidrolizadas o pequeñas.

La enzima alcalasa generó los porcentajes de péptidos más bajos, pero esta enzima está reportada por ser la que tiene más actividad entre las usadas en el presente trabajo.

3. Respecto a la actividad antihipertensiva, los mejores valores de inhibición de la Enzima Convertidora de Angiotensina se obtuvieron al tratar los distintos aislados de frijol con la enzima alcalasa (0.291 microgramos por mililitro), seguida de pancreatina (4.025 microgramos por mililitro) y por último termolisina (11.473 microgramos por mililitro), es importante mencionar que de estos tratamientos la enzima pancreatina simula la acción del sistema digestivo, por lo que esta actividad

(antihipertensiva) podría presentarse al momento de consumir frijol como alimento.

Estos valores, entre menores sean más eficaces se consideran, dado que será necesario consumir una menor cantidad para tener un efecto positivo en el control de la presión arterial elevada.

4. La mejor combinación frijol-enzima para la actividad antihipertensiva fue Azufrado Higuera hidrolizado con alcalasa, donde se obtuvo un IC50 de 0.248 microgramos por mililitro. Por lo que en la segunda etapa del proyecto ésta será la empleada para determinar el compuesto activo.

5. La enzima pancreatina corresponde a una mezcla de enzimas digestivas, por lo que su acción simula la digestión. Es interesante mostrar que los materiales Azufrado Regional 87 e Higuera presentaron muy buenos valores del IC50 (0.262 y 0.300 microgramos por mililitro). Estos resultados deberán de corroborarse en ensayos en vivo para establecer que el consumo directo de estos promueve un control de la presión arterial.

6. Respecto a la actividad antioxidante, el mejor tratamiento fue Azufrado Higuera con la enzima termolisina (1.889). Todos los tratamientos presentaron actividad antioxidante.

7. Al considerar el rendimiento y contenido de proteína de aislado proteico del grano Azufrado Higuera y los valores de actividad antihipertensiva y antioxidante que presentó, esta variedad es el material con mejor propuesta nutracéutica de los tres evaluados, por lo que Azufrado Higuera será usado en la segunda etapa del proyecto.

**BIBLIOGRAFÍA**

Carpenter, K J. 1981. The nutritional contribution of dry beans (*Phaseolus vulgaris*) in perspective. Food Technology. 35(3):77.

Cervera, C. P. y B. J. Ortiz. 2004. Tratamiento de la hipertensión arterial en un área de salud: auditoría a partir de los datos de la consulta de enfermería. Farmacéutico de Atención Primaria. 2:3-11 pp.

Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (ENSN). 2006. Resultados por entidad federativa, Sinaloa. Primera edición. <www.insp.mx/ensanut/ensanut2006.pdf>.

Gerster, H. 1995. Beta-caroteno, vitamin E and vitamin C in different stages of experimental carcinogenesis. Eur J Clin Nutr. 49:155-168.

Gupta, Y. P. 1981. Toxic substance in raw pulses. Indian Farming. 31:9.

Hatanaka, A.; H. Miyahara; K. I. Suzuki and S. Sato. 2009. Isolation and identification of antihypertensive peptides from antarctic krill tail meat hydrolysate. J Food Sci. 74(4):H116-20.

Li, G. H.; J. Z. Wan ; G. W. Le and Y. H. Shi. 2006. Novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides isolated from Alcalase hydrolysate of mung bean protein. J Pept Sci. 12(8):509-14.

Molina, D. R.; M. L. García; R. E. Martín y S. E. Mayoral. 2006. Manual de hipertensión arterial en la práctica clínica de atención primaria. Grupo de Hipertensión Arterial. Sociedad Andaluza de Medicina de Familia. <[http://www.femeba.org.ar/fundacion/quienessomos/Novedades/manual\\_hipertension\\_arterial\\_junio\\_2006.pdf](http://www.femeba.org.ar/fundacion/quienessomos/Novedades/manual_hipertension_arterial_junio_2006.pdf)>.

Palencia, M. y Yanett. 2002. Qué son los alimentos funcionales. Curso de Medicina Naturista. <[http://www.unizar.es/med\\_naturista/Alimentos%20funcionales.pdf](http://www.unizar.es/med_naturista/Alimentos%20funcionales.pdf)>.

Sathe, S. K.; S. S. Deshpande and D. K. Salunkhe. 1984. Dry beans of *Phaseolus*. A review. Part 1. Chemical composition: Proteins, CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 20:1.

Sathe, S. K.; S. S. Deshpande and D. K. Salunkhe. 1985. Dry beans of *Phaseolus*. A review. Part 1. Chemical composition: Carbohydrates, fiber, minerals, vitamins and lipids, CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 21:41.

Sgarbieri, V. C. and M. A. Martins-Galeazzi. 1990. Quantification of some chemical and biochemical characterization of nitrogenous substances from varieties of common beans (*Phaseolus vulgaris* L). Journal of Food Biochemistry. 14:233.

Tannenbaum, A. and H. Silverstone. 1953. Nutrition in relation to cancer. Adv Cancer Res.1:451-501.

Thomson, C.; A. Bloch and C. M. Hasler. 1999. Position of The American Dietetic Association: Functional foods. Journal of American Dietetic Association. 10:1280-1281.

Vioque, J. y F. Millán. 2006. Los péptidos bioactivos en alimentación: nuevos agentes promotores de salud. Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación. 26:103-107.

Vioque, J.; J. Pedroche; M. M. Yust; H. Lqari; C. Megías; J. Girón-Calle; M. Alaiz and F. Millán. 2006. Bioactive peptides in storage plant proteins. Brazilian Journal of Food Technology. 3:99-102

World Health Organization Expert Committee. 1996. Hypertension Control. WHO Technical Report Series, number 862, Geneva. <<http://www.who.ch/pll/dsa/trs/trs862/en/trs862e.html>>.

World Health Organization. 2002. Quantifying selected major risks to health. The World Health Report. World Health Organization. <[www.who.int/pub/en](http://www.who.int/pub/en)>.

## Generación de nuevas variedades mejoradas de frijol para el noroeste de México

**Rafael A. Salinas Pérez<sup>1</sup>**  
**Franklin G. Rodríguez Cota<sup>1</sup>**  
**Isidoro Padilla Valenzuela<sup>1</sup>**  
**Tomás Moreno Gallegos<sup>1</sup>**  
**Pedro Ortega Murrieta<sup>1</sup>**

### INTRODUCCIÓN

El cultivo de frijol es una de las principales alternativas de producción en el noroeste de México, sobre todo durante el ciclo otoño-invierno en los estados de Sinaloa, Sonora y Nayarit.

Durante el desarrollo de esta leguminosa se manifiestan diversos factores que limitan su producción.

Uno de estos factores son las enfermedades, entre las que destacan las virosis (complejo de virus conformado por mosaico dorado, común, cálico y clorótico). Estos virus son fácilmente transmisibles por plagas, como mosca blanca, áfidos y diabrotica (principales vectores de estos virus).

Adicionalmente a estos virus se presenta la incidencia del hongo del moho blanco, que afecta en forma cíclica en el norte y centro de la entidad en tiempos húmedos.

Otros insectos como la chicharrita y chinches ocasionan daños directos en la planta y grano, con lo que aumenta el número de aplicaciones de químicos, así como los costos y riesgos de la producción.

Por otro lado, el establecimiento del cultivo en suelos no aptos para su explotación, el manejo agronómico inadecuado, el excesivo laboreo y manejo de la cosecha semimecanizada por etapas provocan mermas considerables en el rendimiento unitario y la calidad del producto, lo

<sup>1</sup> Investigación del programa de Mejoramiento Genético de Frijol del Centro de Investigación Regional del Noroeste (CIRNO) del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

que también incide en los costos de la producción.

Por las razones anteriores se considera imprescindible continuar con la generación de variedades mejoradas que aumenten el nivel de certidumbre en la producción a través de la incorporación de altos niveles de tolerancia a virosis y moho blanco, con plantas de hábito de crecimiento determinado o mata, o de hábito indeterminado de semiguía; es decir, características de porte erecto, aptas para cosecha mecánica directa o que faciliten la cosecha, con amplio rango de adaptación a condiciones adversas y con alta capacidad de rendimiento y de calidad culinaria y comercial de grano.

### Justificación

La situación descrita anteriormente indica los principales elementos que deterioran el sistema de producción del cultivo del frijol; es evidente que la principal solución a los problemas de amplio espectro (como la resistencia a plagas y enfermedades, capacidad de rendimiento y calidad del producto) es a través del mejoramiento genético de la especie.

Las evidencias existentes indican que los avances en estos aspectos son bastante consistentes en Sinaloa, ya que se ha corroborado que la amplia aceptación de variedades, como Azufrado Regional 87, Azufrado Peruano 87, Azufrado Higuera y Azufrado Noroeste, está intimadamente relacionada con su grado de resistencia a roya y su alta tolerancia a virosis.

Estas variedades, establecidas dentro de la fecha de siembra óptima, han llegado a reducir, a una sola, el número de aplicaciones químicas.

Para moho blanco también se han detectado logros significativos entre líneas y variedades, como A-55, Negro 8025, Azufrado Regional 87 y Azufrado Higuera.

A través del desarrollo del presente proyecto de mejoramiento genético se pretende continuar generando alternativas rentables que tengan aceptación e impacto en los diferentes eslabones de la cadena frijol, desde el nivel del productor hasta el público consumidor, mejorándose los principales aspectos agronómicos de la planta y sus características físico-químicas en cuanto a calidad de grano (de presentación y culinarias), con el objeto de mantener el ritmo de crecimiento anual de 3% en la producción, lo que representa 60 kilogramos por hectárea al año.

Lo anterior significan 4 mil 800 toneladas adicionales por ciclo, considerando una superficie promedio de 80 mil hectáreas en el estado.

Este mejoramiento tiene una repercusión directa en el entorno, al reducir el número de aplicaciones de agroquímicos, así como en la economía, al aumentar la producción media, y en la sociedad en general, al presentar productos de alto valor alimenticio y calidad.

### METODOLOGÍA

El Programa de Mejoramiento del frijol en el Campo Experimental Valle del Fuerte (CEVAF) del Centro de Investigación Regional del Noroeste (CIRNO), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) colabora de forma intensa con otros programas a nivel nacional, a través de la caracterización y evaluación de germoplasma<sup>2</sup> de otros centros de investigación.

Las instituciones con las que colabora el CEVAF en México son el Centro de Investigación Regional del Centro (Campo Experimental Bajío), Centro de Investigación Regional Norte Centro (Valle del Guadiana, Durango), Centro de Investigación Regional Golfo Centro (Campo Experimental Cotaxtla, Veracruz) y con la unidad de recursos genéticos del INIFAP.

A nivel internacional, el CEVAF continúa con el intercambio de germoplasma con el Centro Internacional de Agricultura Tropical y los programas nacionales de Centroamérica y El Caribe, buscando aumentar en lo posible el acervo de materiales genéticos entre las diferentes razas de frijol.

Al momento en que se efectúa la introducción, evaluación e hibridación y selección de germoplasma con el método de pedigree y pedigree modificado, el germoplasma es caracterizado por su grado de tolerancia y/o resistencia a enfermedades, capacidad de rendimiento y grado de adaptación a las condiciones del norte de Sinaloa.

El proceso de hibridación empleado es el método de estigma cubierto, bajo condiciones de campo y de forma manual, efectuando un mínimo de 20 combinaciones diferentes por ciclo y al menos 50 polinizaciones por combinación; durante el desarrollo del cultivo se realiza un meticuloso registro de datos en relación con la fenología de la planta, como número de días a floración, días a madurez, número de vainas por planta, número de granos por vaina, peso de 100 semillas, reacción a plagas y enfermedades, rendimiento y calidad de grano; se pone especial énfasis en caracterizar las progenies tolerantes y/o resistentes a enfermedades en los periodos de floración, llenado de vaina y madurez fisiológica.

En el proceso se tiene considerada la selección dirigida a partir de las poblaciones de segunda generación, practicándose selección individual, es decir por planta, siguiendo la metodología de *screening*, donde las poblaciones son sometidas a un alto grado de presión de selección, bajo condiciones de campo, sin ningún tratamiento de protección contra plagas ni enfermedades, propiciando la manifestación de dichos factores limitantes o bien sembrándolos en la época de mayor incidencia de los vectores.

Todas las progenies resultantes son seleccionadas hasta que pre-

<sup>2</sup> Cualquier parte de una planta que pueda ser usada para hacer crecer una nueva.

sentan un alto grado de uniformidad entre la sexta y séptima generaciones; las más sobresalientes a partir de la quinta generación se integran en viveros de adaptación, por tipo de grano de interés, y posteriormente las mejores forman parte de los ensayos preliminares, regionales y uniformes de rendimiento por tipo de grano.

En el Campo Experimental Valle del Fuerte, como campo sede del Programa de Mejoramiento, se analiza en forma conjunta la información de los otros campos, y con los investigadores interesados se realiza una cuantificación longitudinal a través de las localidades y ciclos de evaluación para la selección del o los genotipos sobresalientes, que de acuerdo a atributos serán propuestos como candidatos a nuevas variedades mejoradas.

Para definir el comportamiento de cada nuevo candidato a variedad, éste es comparado con la variedad mejorada de mayor uso comercial y se le determina su paquete tecnológico a través de fechas de siembra comprendidas del 20 de septiembre al 5 de diciembre, con intervalos de 15 días, teniendo especial interés en la reacción a enfermedades e incidencia de plagas, ya que normalmente las siembras tempranas (del 20 de septiembre al 10 de octubre) son altamente afectadas por virosis y por insectos chupadores, como mosquita blanca y chicharrita, mientras que en las tardías (del 5 de noviembre al 5 de diciembre) predomina una alta incidencia de moho blanco (salivazo), además de insectos plaga.

Mediante esta metodología se pretende generar nuevas alternativas que solucionen en gran parte los principales factores limitantes de la producción de frijol, como son susceptibilidad a enfermedades como virosis, moho blanco y roya, así como mejorar los componentes de rendimiento de la planta y su rango de adaptación a condiciones adversas de manejo agronómico (desde la siembra a la cosecha) que provocan una baja rentabilidad del cultivo.

### **Desarrollo de variedades mejoradas de frijol y su impacto en la producción en Sinaloa**

Los cambios en la producción de frijol en Sinaloa están íntimamente ligados con la adopción de las variedades mejoradas generadas por la investigación agrícola, esto es notorio al comparar la producción media y el grado de adopción de variedades mejoradas en los últimos 25 años (ver Cuadro 1).

Al revisar los cambios en la producción de frijol en Sinaloa se observa que durante el periodo de 1981 a 1986 únicamente el 46% de la superficie fue cultivada con variedades mejoradas (Azufrado Pimono 78 y Peruano P 80); con un rendimiento promedio de mil 322 kilogramos por hectárea, rebasando por primera ocasión el nivel de rendimiento unitario de 1.1 toneladas por hectárea, en riego.

De 1986 a 1991 el nivel de rendimiento decreció a mil 295 kilogra-

mos por hectárea; sin embargo hay que considerar que la producción en este periodo fue afectada por el fenómeno de La Niña, durante el ciclo 1990-1991.

En 1991-1996 el rendimiento se incrementó a mil 715 kilogramos por hectárea. En este periodo el porcentaje de adopción de nuevas variedades fue de 83%, contándose además con Azufrado Peruano 87 y Azufrado Regional 87.

En el siguiente periodo (1996-2001), además de las variedades mencionadas participaron en la producción (a partir del ciclo otoño-invierno 1996-1997) Azufrado Noroeste y Azufrado Higuera; el grado de adopción fue de 95%. Los rendimientos medios en riego variaron entre 1.8 y 2 toneladas por hectárea, sólo durante el ciclo otoño-invierno 1997-1998 las condiciones atípicas de temperatura y humedad contrajeron el rendimiento a mil 285 kilogramos por hectárea.

Durante el ciclo 2001-2002, de acuerdo con la Delegación Estatal de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), en 2002 las variedades mejoradas y su porcentaje empleado fueron Azufrado Peruano 87 (37%), Azufrado Higuera (26%), Azufrado Regional 87 (18%), Azufrado Pimono 78 (12%) y Azufrado Noroeste (6%), lo que totalizó en 99% de adopción en la entidad.

En 2001-2006 el rendimiento medio aparentemente sufrió una baja, ésta se debió a que durante el ciclo 2005-2006 las condiciones de producción fueron completamente atípicas, manifestándose altas temperaturas y por lo tanto altas infestaciones de mosca blanca, y con ello alta incidencia de enfermedades virales.

Adicionalmente, al final del ciclo se presentaron lluvias que desarrollaron moho blanco, todo esto ocasionó un rendimiento medio de 1.36 toneladas por hectárea, en contraste con el resto de los ciclos de este periodo, que variaron de 1.70 a 1.95 toneladas por hectárea.

### **AVANCES DE RESULTADOS**

Gracias al apoyo recibido por Fundación Produce Sinaloa, A. C., para el desarrollo del presente proyecto de mejoramiento genético en frijol se puede plasmar que de acuerdo a los objetivos y metas trazadas se ha mantenido la generación paulatina de líneas experimentales y la continuidad del programa de mejoramiento genético de la especie.

A través de este programa se han liberado variedades mejoradas, como Azufrado Higuera y Azufrado Noroeste, durante otoño-invierno 1996-1997, de amplia aceptación a nivel estatal; así como la variedad Negro Pacifico durante otoño-invierno 2001-2002, para las áreas de humedad residual y riego del sur de Sinaloa y la costa de Nayarit.

Además de la continuidad del programa, ciclo a ciclo se han generado nuevos cruzamientos en donde se incorporan fuentes de resistencia y/o tolerancia a enfermedades, plantas de porte erecto y semierecto

y de mayor capacidad de rendimiento, con el propósito de cubrir las demandas de los productores.

Recientemente se obtuvo la liberación y registro de la nueva variedad de grano blanco (alubia) Aluyori, con número de registro 2206-fri-070-090209, producto preferencial para el mercado de exportación (Europa). Las principales características agronómicas de esta variedad se mencionan en el Cuadro 2.

Esta nueva variedad representa la oportunidad de ampliar los cana-

**Cuadro 1. Desarrollo de la producción de frijol en relación al uso de variedades mejoradas en riego, de 1981 a 2007, en Sinaloa.**

| Ciclo otoño-invierno | Rendimiento (en toneladas por hectárea) | Porcentaje de adopción | Variedades mejoradas usadas  |
|----------------------|---|------------------------|--|
| 1981-1986            | 1.322                                   | 46                     | Azufrado Pimono 78 y Peruano P 80.   |
| 1986-1991            | 1.295                                   | 83                     | Azufrado Pimono 78, Azufrado Peruano 87 y Azufrado Regional 87.                                      |
| 1991-1996            | 1.715                                   | 93                     | Azufrado Peruano 87, Azufrado Regional 87 y Azufrado Pimono 78.                                      |
| 1996-2001            | 1.561                                   | 95                     | Azufrado Peruano 87, Azufrado Higuera, Azufrado Regional 87, Azufrado Pimono 78 y Azufrado Noroeste. |
| 2001-2006            | 1.653                                   | 99                     | Azufrado Higuera, Azufrado Peruano 87, Azufrado Regional 87, Azufrado Pimono-78 y Azufrado Noroeste  |
| 2006-2007            | 1.967                                   | 100                    | Azufrado Higuera, Azufrado Peruano-87, Azufrado Regional 87 y Azufrado Noroeste                      |



**Figura 1. Variedades de frijol Azufrado Higuera y Aluyori.**

les de comercialización y complementar la producción de frijol con otra clase de grano comercial diferente al del tipo Azufrado.

Al finalizar el ciclo otoño-invierno 2008-2009 se obtuvo el tercer ciclo de caracterización de la línea Mo 94-95-1039, nuevo genotipo Azufrado Peruano que será propuesto con el nombre de Azufrado Janasa; conjuntamente con esta línea se ha identificado el genotipo Mo 94-95-1041, que se encuentra en las etapas finales de su caracterización y propuesta.

Las principales características agronómicas de los genotipos anteriores se mencionan en Cuadro 2, de las que es necesario recalcar que la reacción a los virus es semejante a Azufrado Higuera, mientras que su reacción a moho blanco es superior a ésta y a Azufrado Noroeste.

Adicionalmente, estos dos nuevos materiales vienen a aumentar el mosaico varietal y contribuyen a la diversificación de la producción en el noroeste de México, ya que al depender de uno o dos genotipos en una región se corre el riesgo de aumentar las posibilidades de que ocurra una epidemia, al mutar o cambiar cualquier raza de una enfermedad



**Figura 2. Nuevas líneas de frijol.**

**Cuadro 2. Principales características agronómicas de los nuevos genotipos de frijol para Sinaloa.**

| Variedades y líneas de frijol | Días a flor | Hábito de crecimiento | Días a maduración | Reacción a enfermedades |             |
|-------------------------------|-------------|-----------------------|-------------------|-------------------------|-------------|
|                               |             |                       |                   | Virus                   | Moho blanco |
| Azufrado Higuera              | 38          | Mata                  | 105               | T                       | MS          |
| Mo 94-95-1039                 | 40          | Mata                  | 105               | T                       | T           |
| Aluyori                       | 38          | Mata                  | 103               | T                       | MT          |
| Mo 94-95-1041                 | 39          | Mata                  | 105               | MT                      | T           |
| Azufrado Noroeste             | 39          | Mata                  | 108               | MS                      | MS          |

Donde MT significa moderadamente tolerante; MS, moderadamente susceptible; y T, tolerante.

o patógeno, tal y como ocurrió con la roya en trigo, en la variedad Jupateco-76.

En cuanto a su capacidad de rendimiento (ver Cuadro 3), los tres nuevos materiales (Mo 94-95-1039, Mo 94-95-1041 y Aluyori) han sido evaluados bajo condiciones de riego en los últimos seis ciclos agrícolas de otoño-invierno, manifestando una alta estabilidad, en comparación con las variedades Azufrado Higuera y Azufrado Noroeste, que son las variedades de mayor empleo en el noroeste de México (ver Figura 3). Adicionalmente, estas líneas no presentan daño físico de la testa, como sucede con Azufrado Higuera, por lo que se consideran apropiadas para su adopción.

En cuanto a su calidad culinaria, estos nuevos materiales no presentan hollejos<sup>3</sup> durante su cocimiento, su caldo es apropiado y espeso y su tiempo de cocción es igual a las variedades en el mercado.

Los datos mostrados indican que existe un diferencial de rendimiento al menos de 5% en relación a la variedad mejorada de mayor rendimiento (Azufrado Noroeste), para cualquiera de los nuevos genotipos;

### Cuadro 3. Capacidad de rendimiento de cinco genotipos de frijol en seis ciclos de prueba.

| Ciclo otoño-invierno | Rendimiento (en kilogramos por hectárea) |                  |         |               |                   |
|----------------------|--|------------------|---------|---------------|-------------------|
|                      | Mo 94-95-1039                            | Azufrado Higuera | Aluyori | Mo 94-95-1041 | Azufrado Noroeste |
| 2001-2002            | 2,050                                    | 2,078            | 2,767   | 2,056         | 2,306             |
| 2002-2003            | 2,100                                    | 2,289            | 2,594   | 2,417         | 2,039             |
| 2003-2004            | 2,334                                    | 1,572            | 2,330   | 2,350         | 1,725             |
| 2004-2005            | 2,531                                    | 2,163            | 2,365   | 2,648         | 2,371             |
| 2006-2007            | 2,647                                    | 2,303            | 2,459   | 2,406         | 2,530             |
| 2007-2008            | 2,113                                    | 1,933            | 1,981   | 1,987         | 1,830             |
| Promedio             | 2,296                                    | 2,056            | 2,416   | 2,311         | 2,134             |

<sup>3</sup>Piel delgada que cubre al grano de frijol.

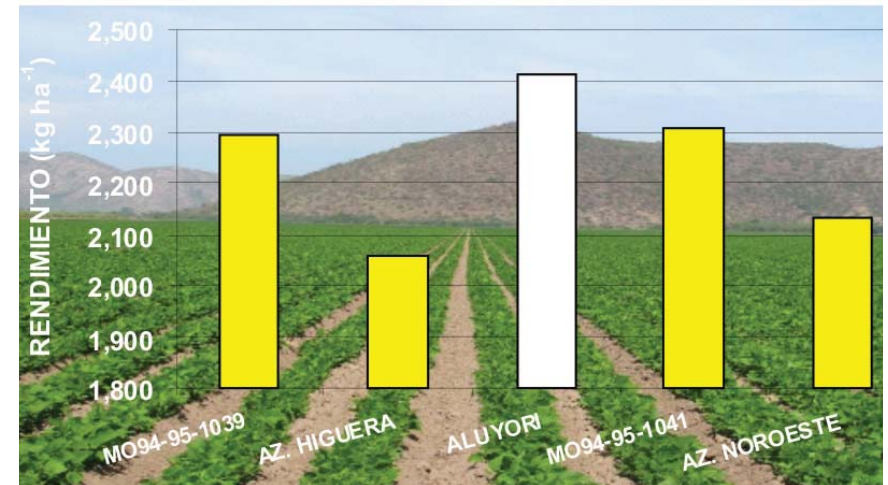


Figura 3. Rendimiento promedio de tres nuevos genotipos y dos variedades mejoradas (testigos) de frijol.

y si se compara con Azufrado Higuera, el diferencial es mayor del 10% (ver Cuadro 3).

Conjuntamente con la liberación de estas nuevas líneas se ha determinado su tecnología de producción en cuanto a fecha y densidad de siembra, con el objeto de contar con esta información para su paquete tecnológico.

En la generación de variedades mejoradas que aumenten el nivel de certidumbre de la producción, a través de la incorporación de altos niveles de tolerancia a virosis y moho blanco, se está considerando incorporar el hábito indeterminado de semiguía; es decir, características de porte erecto aptas para cosecha mecánica directa o que faciliten la



Figura 4. Planta de hábito indeterminado semierecto.



Figura 5. Planta de hábito indeterminado erecto.

cosecha por etapas, y con alta capacidad de rendimiento (ver Figuras 4 y 5).

Para la calidad culinaria del grano se determinan sus principales propiedades en cuanto a tiempo de cocción, sin hollejos, capacidad de absorción de agua y densidad de caldo.

En cuanto a la calidad comercial de grano se determinan sus calibres por tipo de grano, color uniforme y su grado de tolerancia a oxidación<sup>4</sup>, para obtener una mayor vida de anaquel.



**Figura 6. Vista detallada de la capacidad de absorción de agua de las nuevas variedades de frijol.**



**Figuras 7 y 8. Cuantificación y determinación de la densidad de caldo en las nuevas variedades de frijol.**

<sup>4</sup>Proceso en el que una sustancia se combina con el oxígeno.

## CONCLUSIONES

La realización del presente proyecto de mejoramiento genético ha llevado a las siguientes conclusiones.

1. La adopción de las variedades mejoradas generadas por este proyecto ha beneficiado a los productores de frijol del noroeste de México, beneficio que se ha reflejado en un incremento de la tasa de rendimiento unitario por el orden del 3% anual bajo condiciones de riego, en el estado de Sinaloa, proporcionándole una mayor certidumbre en la producción y en la productividad y disminuyendo los costos y riesgos de producción.

2. De acuerdo a los objetivos y metas trazadas en este proyecto se ha mantenido la continuidad requerida para el mejoramiento genético del frijol, fomentando el desarrollo paulatino de líneas experimentales con mayores ventajas competitivas para su explotación comercial.

3. La continuidad del mejoramiento genético del frijol ha permitido la liberación de cuatro variedades mejoradas, dos de grano azufrado (Azufrado Higuera y Azufrado Noroeste, durante el otoño-invierno 1996-1997), una de grano negro (Negro Pacífico, durante otoño-invierno 2000-2001) y una variedad de grano blanco (denominada Aluyori, durante el ciclo otoño-invierno 2008-2009, con número de registro 2206-fri-070-090209).

4. En el ciclo otoño-invierno 2008-2009 se obtuvo el tercer ciclo de caracterización de la línea Mo 94-95-1039, información con la que podrá ser propuesta como nueva alternativa de producción de tipo Azufrado Peruano, que vendrá a aumentar el mosaico varietal disponible, contribuyendo en la diversificación de la producción de frijol en la entidad.

5. La continuidad de este proyecto ha generado, ciclo a ciclo, nuevos cruzamientos donde se incorporan fuentes de resistencia y/o tolerancia a enfermedades, plantas de porte erecto y semierecto y de mayor capacidad de rendimiento, con el objeto de cubrir las demandas y proporcionar nuevas alternativas de solución a la problemática de los productores del noroeste de México.

Conjuntamente con la propuesta de (y/o) liberación de los nuevos materiales de frijol se ha determinado su tecnología de producción y sus principales propiedades culinarias.

