



Solicitud de liberación experimental de maíz con la tecnología GA21 (MON-ØØØ21-9) en la Región Agrícola de Tamaulipas durante el ciclo PV – 2011

Presentada ante el:

SENASICA – SAGARPA

por

Syngenta Agro S.A. de C.V.

Consulta Pública en cumplimiento con el Artículo 33 de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados y su Reglamento vigente

REQUISITOS DE INFORMACIÓN

(de acuerdo al Artículo 71 de la Ley de Bioseguridad de los Organismos Genéticamente Modificados)

Identificación del interesado o responsable de la actividad (Art. 71 fracción II):**I. Nombre, denominación o razón social del promovente y, en su caso, nombre del representante legal**

Syngenta Agro S.A de C.V.

San Lorenzo 1009 1er Piso

Col. Del Valle

C.P. 03100 México, D.F.

II. Domicilio para oír y recibir notificaciones, así como el nombre de la persona o personas autorizadas para recibirlas

Dr. Alvaro E. Munera Saldarriaga, Director de Cultivos de Campo

Q.A. Rocío Madrid Ayala, Gerente de Asuntos Regulatorios de Biotecnología

M. en C. Lydia González Trinidad, Coordinador Regulatorio de Biotecnología

San Lorenzo No. 1009, Col. Del Valle, C.P. 03100

México, D.F. Tel. 9183-9100

Finalidad y el lugar o lugares de la actividad (Art. 71 fracción III):**III. Modalidad de la liberación solicitada y las razones que dan motivo a la petición**

La presente solicitud de permiso de liberación se plantea en **fase experimental de acuerdo a los artículos 3 fracción XVII, 32 fracción I, 42 y 43 de la LBOGM**, y a los artículos **5, 6, 7, 16 del Reglamento de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados** cuyo único fin será recopilar información derivada del experimento.

Solicitamos la liberación experimental al ambiente de la tecnología GA21 (MON-ØØØ21-9) en híbridos de maíz, en campo bajo la responsabilidad jurídica de Syngenta Agro S.A. de C.V. en la

Región Agrícola de Tamaulipas, durante el ciclo agrícola Primavera - Verano (PV) 2011, para sembrar entre el 15 de Julio y 15 de Agosto, 2011.

Esta solicitud se presenta a la autoridad competente con el propósito de analizar los efectos de la tecnología MON-ØØØ21-9 en el manejo integrado de malezas asociadas al cultivo de maíz en la Región Agrícola del Norte de Tamaulipas, a través de parcelas experimentales en condiciones que permitan obtener datos específicos para México.

Los objetivos que se desean alcanzar con la liberación experimental solicitada son:

- Aquellos que pretenden responder sobre los posibles riesgos a la diversidad biológica y al medio ambiente de acuerdo a la Ley y el Reglamento en esta liberación son:

a) Establecer las bases para un programa de Manejo Integral de malezas para la tecnología MON-ØØØ21-9 en maíz.

b) De acuerdo los análisis de riesgo y a los resultados de la liberación en fase experimental, verificar que las medidas de bioseguridad establecidas son pertinentes para posteriores liberaciones en fase experimental, e identificar las medidas que pudiesen ser aplicables en fase piloto.

- Aquellos que tienen que ver con:

a) Efectividad de la tecnología:

El objetivo principal del estudio es evaluar la efectividad biológica de la tecnología GA21 que incorpora la característica de tolerancia al herbicida glifosato, bajo las condiciones de campo en la Región Agrícola del Norte de Tamaulipas ciclo PV 2011.

Los objetivos secundarios son: a) evaluar el costo beneficio y rentabilidad del uso de la tecnología en el manejo agronómico del cultivo del maíz en la Región Agrícola del Norte de Tamaulipas y b) monitorear el efecto del herbicida glifosato sobre la tecnología y las malezas presentes en la parcela experimental.

b) Evaluación agronómica:

El objetivo principal del estudio es evaluar la adaptabilidad del germoplasma con tecnología a los ambientes de producción de maíz en la Región Agrícola del Norte de Tamaulipas.

c) Control de maíz voluntario tolerante a glifosato en monocultivo de maíz en la Región Agrícola del Norte de Tamaulipas:

El objetivo principal del estudio es identificar formas de control del maíz voluntario tolerante a glifosato (GT) en el cultivo de maíz como monocultivo:

- Controlar maíz voluntario GT en cultivo de maíz convencional.
- Controlar maíz voluntario GT en cultivo de maíz GT.

Para cumplir con los objetivos planteados en la presente solicitud, es necesario importar **7.3 kg de semilla** de maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 de acuerdo a los cálculos establecidos con base a los protocolos experimentales planteados.

IV. Señalar el órgano de la Secretaría competente, al que se dirige la solicitud

De acuerdo al artículo 12 fracción I de la LBOGM la autoridad competente responsable de la emisión del permiso solicitado es la SAGARPA, quién ante el Registro Federal de Trámites de la Comisión Federal de la Mejora Regulatoria¹ registró como responsable del trámite a:

Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera del

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria

Guillermo Pérez Valenzuela 127, Edificio Principal, Planta Baja

Colonia Del Carmen Coyoacán. CP 04100, México, D.F.

V. Lugar y fecha

México, D.F. a 10 de Diciembre de 2010.

VI. Firma del interesado o del representante legal, o en su caso, huella digital

El apoderado para representar a Syngenta Agro ante la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación es Rocío Madrid Ayala; dicho poder legal se encuentra documentado en la Escritura número 67,909 registrada ante el Notario Público 110 del Distrito Federal y Lydia González Trinidad; dicho poder legal se encuentra documentado en la Escritura número 75,782 registrada ante el Notario Público 110 del Distrito Federal.

¹ <http://www.cofemer.gob.mx/BuscadorTramites/DatosGenerales.asp?homoclave=SENASICA-04-030&modalidad=0&identificador=1418220&SIGLAS=SENASICA>

Artículo 16 del RLBOGM

I. CARACTERIZACIÓN DEL OGM

- **Descripción general del maíz como cultivo:**

El maíz es un pasto anual de porte alto (entre 2.5-4 m en promedio), es una planta monoica, ya que las inflorescencias masculinas y femeninas se encuentran en el mismo individuo. Posee un tallo erguido, rígido y sólido, está compuesto a su vez por tres capas: una epidermis exterior, impermeable y transparente, una pared por donde circulan las sustancias alimenticias y una médula de tejido esponjoso y blanco donde almacena reservas alimenticias, en especial azúcares. El tallo puede tener hasta 30-40 hojas dependiendo de la zona en la que se cultive y la variedad de que se trate, generalmente las variedades tropicales desarrollan más hojas comparado con las templadas. Algunas veces se desarrollan una o dos yemas laterales en la axila de las hojas en la mitad superior de la planta; estas terminan en una inflorescencia femenina la cual se desarrolla en una mazorca cubierta por hojas que la envuelven (totomoxtle); esta es la parte de la planta que almacena reservas. Cada mazorca puede medir dependiendo de la variedad entre 10-40 cm, consiste en un tronco u olote que está cubierta por filas de granos, entre ocho y treinta hileras (o carreras) (OCDE, 2003). La parte superior de la planta termina en una inflorescencia masculina o panícula; esta tiene una espiga central prominente y varias ramificaciones laterales con flores masculinas, todas las que producen abundantes granos de polen (Paliwal R.L. *et al.*, 2001). El número de ramificaciones laterales varía considerablemente y una espiga puede llegar a tener hasta 30 o 40 espiguillas.

- **Descripción general de la tecnología MON-00021-9 (GA21) en maíz**

La línea de maíz con la tecnología GA21 (*Zea mays* L.) se desarrolló por medio de transformación genética con el procedimiento de aceleración de partículas (biobalística, bajo la patente internacional PCT/US98/06640, Spencer et al., 1998), donde el ADN se precipita en partículas microscópicas de oro que son luego puestas sobre un macroportador y aceleradas a alta velocidad hacia las células vegetales objetivo en donde el ADN es depositado e incorporado al cromosoma.

Un único plásmido designado pDPG434, derivado de un vector pSK, que se usa habitualmente en biología molecular y deriva del plásmido pUC (Short et al. 1998), fue el utilizado en el evento de transformación. Este plásmido pDPG434 contiene el gen endógeno aislado de la línea donante de maíz AT-824 (suspensión de células) de la enzima 5-enol-piruvilshikimato-3-fosfato sintasa (proteína denominada mEPSPS), modificado por mutagénesis, denominado mepsps, e insertado dentro de la línea mejorada de maíz NL054B. Antes de la transformación, el plásmido vector fue tratado con la endonucleasa de restricción NotI para remover del fragmento los genes *bla*, *lac* y el origen de replicación ColE1. La expresión constitutiva del gen mepsps fue controlada por el promotor del gen actinal del arroz, modulado por el primer intrón y exón del gen actinal del arroz, el péptido de transición optimizado (PTO) derivado de maíz y girasol y la señal de poliadenilación del gen de la nopalina sintasa de *Agrobacterium tumefaciens*.

El plásmido pDPG434 también contenía el gen de la beta-lactamasa (*bla*), utilizado como un marcador para selección de células bacterianas transformadas. El gen *bla* codifica para la enzima beta-lactamasa, que confiere resistencia a algunos antibióticos beta-lactámicos, incluida la penicilina de espectro moderado y ampicilina. Este gen sin un promotor vegetal no se expresa en células vegetales. Otros

© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

componentes genéticos incorporados incluyeron un gen no funcional lacZ, que codifica parte de la enzima beta-galactocidasa; y el origen de repetición derivado del plásmido de *E. coli*.



Figure 904. 1–3. *Zea mays* Linnaeus, 玉蜀黍 *yu shu shu*. —1. Habit, showing terminal male inflorescence and lateral female inflorescence. —2. Raceme from male inflorescence. —3. Fruiting female inflorescence, enclosed in sheathing bracts. (FOC 650; FRPS 10(2): 287, 1997. —D. Erasmus; reproduced from N. L. Bor in C. C. Townsend, E. Guest & A. Al-Rawi (eds.), *Fl. Iraq* 9: pl. 215, 1968).

Figura 1: Esquema de la planta de maíz: 1) Hábito de la planta, planta de tallo erecto, mostrando la inflorescencia terminal masculina y la lateral femenina. 2) Racimo de la espiguilla de la inflorescencia masculina (panícula). 3) Fructificación de la inflorescencia femenina (mazorca) cubierta por las brácteas (totomoxtle). Figura tomada de: <http://www.tropicos.org/Image/85235>

a) Identificador único del evento de transformación, de organismos internacionales de los que México sea parte, cuando exista

Siguiendo la metodología aprobada por el grupo de armonización de la regulación de la biotecnología de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD)², cuya nomenclatura estándar ha sido avalada por la Primera Reunión de las Partes que actúa como Conferencia de las Partes (COP-MOP1) en el Protocolo de Cartagena en Kuala Lumpur en 2004³; el identificador único registrado para el maíz con la tecnología GA21 es: MON-ØØØ21-9, mismo que puede ser consultado y revisado en las siguientes bases de datos: BioTrack Product Database y en el Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología.⁴

b) Especies relacionadas con el OGM y distribución de éstas en México

El maíz pertenece al género *Zea* y se reconocen las siguientes especies del mismo género (Trópicos, 2009).

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida* Scop.

Subclase: *Commelinidae* Takht.

Orden: *Poales* Small

Familia: *Poaceae* Barnhart

Género *Zea*

Sección *ZEA*

***Poaceae Zea mays* L. Sp. Pl. 2: 971-972 1753**

***Poaceae Zea mays* subsp. *mays* L.** (maíz) Se han descrito de acuerdo a varios autores entre 42 y 59 variedades nativas de maíz (también denominadas razas) en México.

² Documento consenso sobre los lineamientos para la designación de identificadores únicos para plantas transgénicas. Visitar: [http://appli1.oecd.org/olis/2002doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/fd7dd780ba22d433c125721f00598ce1/\\$file/jt03217233.pdf](http://appli1.oecd.org/olis/2002doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/fd7dd780ba22d433c125721f00598ce1/$file/jt03217233.pdf). Ver páginas 10-14.

³ Visitar: <http://www.cbd.int/doc/?mtg=MOP-01>

⁴ Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología: <http://bch.cbd.int/database/record-v4.shtml?documentid=14794>
y BioTrack Product Database: <http://www2.oecd.org/biotech/Product.aspx?id=MON-ØØØ21-9>

A continuación se enlistan las razas enlistadas por CONABIO (2006) y Turrent A., *et al.*, (2004): Ancho, Apachito, Arrocillo, Arrocillo Amarillo, Arrocillo, Azul, Blandito, Blando de Sonora, Bofo, Bolita, Cacahuacintle, Carmen, Celaya, Chalqueño, Chapalote, Chiquito, Clavillo, Comiteco, Complejo Chihuahua Blanco, Complejo Serrano Jalisco, Conejo, Cónico, Cónico Norteño, Coscomatepec, Cristalino Chihuahua, Cubano Amarillo, Dulce de Jalisco, Dulcillo Noroeste, Dzit-Bacal, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Fasciado, Gordo, Harinoso, Harinoso de Ocho, Jala, Lady Finger, Maíz Dulce, Maizón, Mixteco, Motozinteco, Mushito, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Negro Mixteco, Negro de Tierra Fría, Olotillo, Olotón, Olotón Imbricado, Onaveño, Palomero de Chihuahua, Palomero Toluqueño, Pepitilla, Ratón, Reventador, San Juan, Serrano Mixe, Serrano de Oaxaca, Tablilla, Tablilla de Ocho, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tehua, Tepecintle, Tunicata, Tuxpeño Norteño, Tuxpeño, Vandeño, Xmejenal, Zamorano Amarillo, Zapalote Chico, Zapalote Grande

Poaceae *Zea mays subsp. mexicana* (Schrad.) H.H. Iltis Phytologia 23(2): 249 1972 (Teocintes anuales)

Raza Nobogame

Raza Mesa Central

Raza Durango

Raza Chalco

Poaceae *Zea mays subsp. parviglumis* H.H. Iltis & Doebley Amer. J. Bot. 67: 1001 1980 (Teocinte raza Balsas)

Poaceae *Zea mays subsp. huehuetenangensis* (H.H. Iltis & Doebley) Doebley Maydica 35: 148 1990 (Teocinte raza Huehuetenango)

Sección *LUXURIANTES* (Doebley & H.H. Iltis Amer. J. Bot. 67(10): 986 1980):

Poaceae *Zea diploperennis* H.H. Iltis, Doebley & R. Guzmán Science 203: 186 1979 (Teocinte perene)

Poaceae *Zea luxurians* (Durieu & Asch.) R.M. Bird Taxon 27(4): 363 1978 (antes denominado teocinte raza Guatemala)

Poaceae *Zea nicaraguensis* H.H. Iltis & B.F. Benz Novon 10(4): 382-389, f. 1-2 2000

Poaceae *Zea perennis* (Hitchc.) Reeves & Mangelsd. Amer. J. Bot. 29(10): 817 1942 (Teocinte perene)

Tabla 1. Nombres Comunes para el teocinte (Sánchez G. *et al.*, 1998)

Nombre Común	Región
Acece	Chalco, Amecameca, Texcoco (Méx.)
Acecintle	Amatlán (Mor.)
Acecentli	Paso Morelos (Gro.)
Acintle	Mazatlán-El Salado (Gro.)
Atzitzintle	Estado de Guerrero
Cocoxle	San Cristóbal Honduras (Oax.)
Cundaz	Copándaro, Patambicho (Mich.)
Chapule (<i>Zea diploperennis</i>)	Cuzalapa (Jal.)
Maicillo	Nabogame (Chih.), Durango
Maíz silvestre	Nabogame (Chih.)
Maíz chapulín	El Chino (Jal.)
Maíz tuscato	Colorines-Zuluapan (Méx.)
Maíz de pájaro	Guerrero, Michoacán, Naranjos de En medio (Jal.)
Maíz de huiscatote	Guerrero
Maíz de cuitzcatuto	Palmar Chico, Méx.
Maíz camalote	Tzitzio (Mich.)
Maíz de guajolote	Zacatongo El Tablillo (Jal.)
Maíz pata de mula	La Estancia (Jal.)
Maíz de coyote	El Bajío (Jalisco, Michoacán, Guanajuato)
Maíz de cuervo	Quexpan-Las Raíces (Jal.)
Maíz cimarrón	Sureste de Puebla
Maíz forrajero	Valle de Toluca
Maíz del Indio	Naranjos de Enmedio (Jal.)
Milpilla (para perennes y anuales)	Villa Purificación (Jal.), Amatlán de Cañas(Nay.)
Milpa de zorra	Malinalco (Méx.)
Milpa de rata	El Saucito (Jal.)
Milpa de tapacaminos	Villa Purificación (Jal.)

Los parientes silvestres más cercanos del género *Zea*, son las especies del género *Tripsacum*, comprendido por dos secciones: *FASCICULATA* y *TRIPSACUM* (OCDE, 2003). A continuación se enlistan las especies del género (Trópicos, 2009):

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida* Scop.

Subclase: *Commelinidae* Takht.

Orden: *Poales* Small

Familia: *Poaceae* Barnhart

Género: *Tripsacum* L.

Poaceae Tripsacum andersonii J.R. Gray Phytologia 33(3): 204, f. 1 1976

Poaceae Tripsacum australe H.C. Cutler & E.S. Anderson Ann. Missouri Bot. Gard. 28(4): 259, f. 2 1941

Poaceae Tripsacum bravum J.R. Gray Phytologia 33(3): 206, f. 3 1976

Poaceae Tripsacum cundinamarcae de Wet & Timothy Amer. J. Bot. 68(2): 274, f. 6 1981

Poaceae Tripsacum dactyloides (L.) L. Syst. Nat. (ed. 10) 1261 1759

Poaceae Tripsacum floridanum Porter ex Vasey Contr. U.S. Natl. Herb. 3(1): 6 1892

Poaceae Tripsacum intermedium de Wet & J.R. Harlan Amer. J. Bot. 69(8): 1255 1982

Poaceae Tripsacum jalapense de Wet & Brink Amer. J. Bot. 70(8): 1141, f. 3 1983

Poaceae Tripsacum lanceolatum Rupr. ex E. Fourn. Mexic. Pl. 2: 68 1886

Poaceae Tripsacum latifolium Hitchc. Bot. Gaz. 41(4): 294-295 1906

Poaceae Tripsacum laxum Nash N. Amer. Fl. 17: 81 1909

Poaceae Tripsacum maizar Hern.-Xol. & Randolph Folleto Técn. Of. Estud. Espec. México 4: 7 1950

Poaceae Tripsacum manisuroides de Wet & J.R. Harlan Amer. J. Bot. 69(8): 1255 1982

Poaceae Tripsacum peruvianum de Wet & Timothy Amer. J. Bot. 68(2): 275, f. 7, 8 1981

Poaceae Tripsacum pilosum Scribn. & Merr. Bull. Div. Agrostol., U.S.D.A. 24: 6, f. 1 1901

Poaceae Tripsacum zopilotense Hern.-Xol. & Randolph Folleto Técn. Of. Estud. Espec. México 4: 22 1950

- **Distribución de maíz:**

La distribución del maíz en México a nivel general, se presenta de acuerdo a la recopilación de reportes de colecta de maíces nativos (Turrent A., *et al.*, 2004).

- **Aguascalientes:** Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Elotes Cónicos
- **Baja California Sur:** Tabloncillo Perla, Tuxpeño
- **Campeche:** Clavillo, Dzit-Bacal, Nal-Tel
- **Chihuahua:** Apachito, Azul, Blandito, Bolita, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Cristalino de Chihuahua, Chalqueño, Dulcillo del Noroeste, Gordo, Harinoso de Ocho, Lady Finger, Maíz Dulce, Maizón, Palomero, Palomero de Chihuahua, Reventador, San Juan, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tehua, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño.
- **Chiapas:** Celaya, Clavillo, Comiteco, Cónico, Dzit-Bacal, Elotes Occidentales, Motozinteco, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Olotillo, Olotón, Tabloncillo Perla, Tehua, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño, Zapalote Chico, Zapalote Grande.
- **Coahuila:** Celaya, Cónico Norteño, Elotes Occidentales, Ratón, Tehua, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño.
- **Colima:** Jala, Reventador, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tuxpeño, Vandeño.
- **Durango:** Blandito, Blandito de Sonora, Bofo, Bolita, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Cristalino de Chihuahua, Chalqueño, Dulcillo del Noroeste, Elotes Occidentales, Gordo, Pepitilla, Reventador, San Juan, Tablilla, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tunicata, Tuxpeño,
- **Guerrero:** Ancho, Conejo, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Mushito, Nal-Tel, Olotillo, Pepitilla, Reventador, Tabloncillo, Tepecintle, Tuxpeño, Vandeño.
- **Guanajuato:** Tuxpeño, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Reventador, Maíz Dulce, Mushito, Fasciado
- **Hidalgo:** Arrocillo, Arrocillo Amarillo, Bolita, Cacahuacintle, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Dzit-Bacal, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Mushito, Olotillo, Olotón, Tuxpeño.
- **Jalisco:** Azul, Bolita, Bofo, Celaya, Complejo Serrano de Jalisco, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Dulce de Jalisco, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Harinoso de Ocho, Jala, Maíz Dulce, Pepitilla, Reventador, San Juan, Tablilla de Ocho, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tuxpeño, Vandeño, Zamora, Zamorano Amarillo.

- **México:** Ancho, Arrocillo Amarillo, Azul, Bolita, Cacahuacintle, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Elotes Cónicos, Palomero, Palomero Toluqueño, Pepitilla, Tuxpeño.
- **Michoacán:** Cacahuacintle, Celaya, Conejo, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Dzit-Bacal, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Maíz Dulce, Mushito, Olotillo, Palomero, Pepitilla, Reventador, Tabloncillo, Tuxpeño, Vandeño, Zamora, Zamorano Amarillo.
- **Morelos:** Ancho, Chalqueño, Olotillo, Pepitilla, Tabloncillo, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño, Vandeño.
- **Nayarit:** Bofo, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Elotes Occidentales, Harinoso de Ocho, Jala, Maíz Dulce, Olotillo, Reventador, Tablilla de Ocho, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tuxpeño, Vandeño.
- **Nuevo León:** Cónico Norteño, Tablilla de Ocho, Tabloncillo, Tuxpeño.
- **Oaxaca:** Bolita, Tuxpeño, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Elotes Cónicos, Olotillo, Vandeño, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Mushito, Tepecintle, Olotón, Conejo, Zapalote Chico, Zapalote Grande
- **Puebla:** Arrocillo, Arrocillo Amarillo, Bolita, Cacahuacintle, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Mushito, Olotillo, Palomero, Pepitilla, Tuxpeño.
- **Quintana Roo:** Dzit-Bacal, Nal-Tel, Olotillo, Tepecintle, Tuxpeño
- **Querétaro:** Bofo, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Elotes Cónicos, Fasciado, Onaveño, Tuxpeño
- **Sinaloa:** Blandito de Sonora, Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Harinoso, Harinoso de Ocho, Lady Finger, Maíz Dulce, Onaveño, Reventador, San Juan, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tuxpeño.
- **San Luis Potosí:** Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Dzit-Bacal, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Harinoso de Ocho, Olotillo, Tabloncillo, Tuxpeño.
- **Sonora:** Blandito de Sonora, Chapalote, Dulcillo del Noroeste, Harinoso de Ocho, Lady Finger, Nal-Tel, Onaveño, Reventador, San Juan, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tuxpeño.
- **Tabasco:** Nal-Tel, Olotillo, Tuxpeño, Vandeño, Zapalote Grande
- **Tamaulipas:** Dzit-Bacal, Carmen, Ratón, Tuxpeño, Tuxpeño Norteño
- **Tlaxcala:** Arrocillo, Arrocillo Amarillo, Cacahuacintle, Cónico, Chalqueño, Elotes Cónicos, Palomero, Palomero Toluqueño.
- **Veracruz:** Arrocillo Amarillo, Bolita, Cacahuacintle, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Coscomatepec, Chalqueño, Dzit-Bacal, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Mushito, Nal-Tel, Olotillo, Olotón, Palomero, Pepitilla, Tepecintle, Tuxpeño.

- **Yucatán:** Dzit-Bacal, Nal-Tel, Olotillo, Tepecintle, Tuxpeño, Xmejenal, Zapalote Chico.
- **Zacatecas:** Bofo, Bolita, Celaya, Cónico, Cónico Norteño, Chalqueño, Dulce de Jalisco, Dulcillo del Noroeste, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Maíz Dulce, San Juan, Tablilla, Tablilla de Ocho, Tabloncillo

- **Distribución de teocintes:**

De acuerdo a Sánchez González *et al.*, 1998, se ha documentado la existencia de cincuenta poblaciones de teocintes en México, tomando en consideración los datos existentes a la fecha de la publicación. A continuación se enlistan las zonas de distribución conocidas:

- **Valle de Nobogame, Chihuahua.** Valle situado en la Sierra Madre Occidental al noroeste de Guadalupe y Calvo, al sur del estado de Chihuahua. El teocinte de la raza Nobogame se encuentra creciendo entre el maíz, así como a las laderas de los arroyos Nobogame, Tarahumara y Tejamanil. Adicionalmente existe evidencia de dos poblaciones en otras zonas del estado de Chihuahua, en la Barranca de Urique y en las cercanías del río Papigochic. Situación de las poblaciones a 1998: Estable

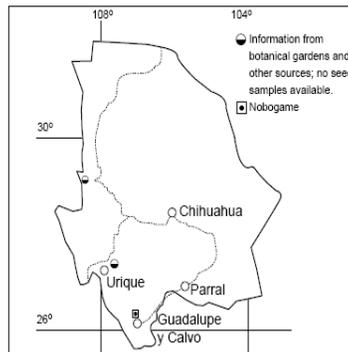


Figura 2: Distribución de teocinte raza Nobogame en Chihuahua. Tomada de: Sánchez- González J.J *et al.*, 1997

- **Valle de Guadiana, Durango.** Valle del Altiplano Mexicano, en los alrededores de la Ciudad de Durango. Las poblaciones de la raza Mesa Central se encuentran en las localidades conocidas como “Hacienda de Dolores-Puente Dalila” y “Puente Gavilanes”. Situación de las poblaciones a 1998: En riesgo probable.

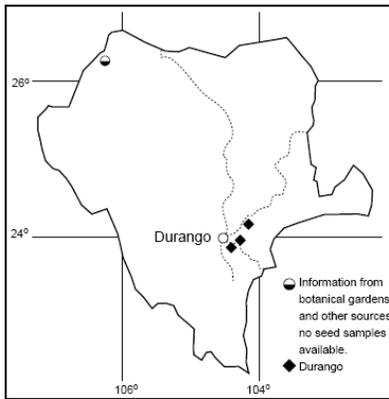


Figura 3: Distribución de teocinte en Durango. Tomada de: Sánchez- González J.J *et al.*, 1997

- **Occidente de México.** En esta región se encuentran poblaciones de los teocintes perenes, *Z. perennis*, en el Nevado de Colima y *Z. diploperennis*, que se encuentra en la Sierra de Manantlán. También se distribuye el teocinte anual raza Balsas; en la Costa Sur, en el este del Lago de Chapala, en la Cuenca de los ríos Ameca y Atenguillo y en la zona de Lagos de Moreno.

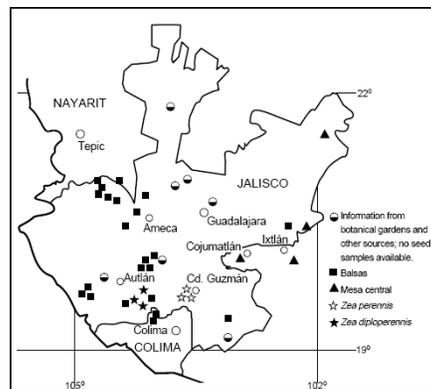
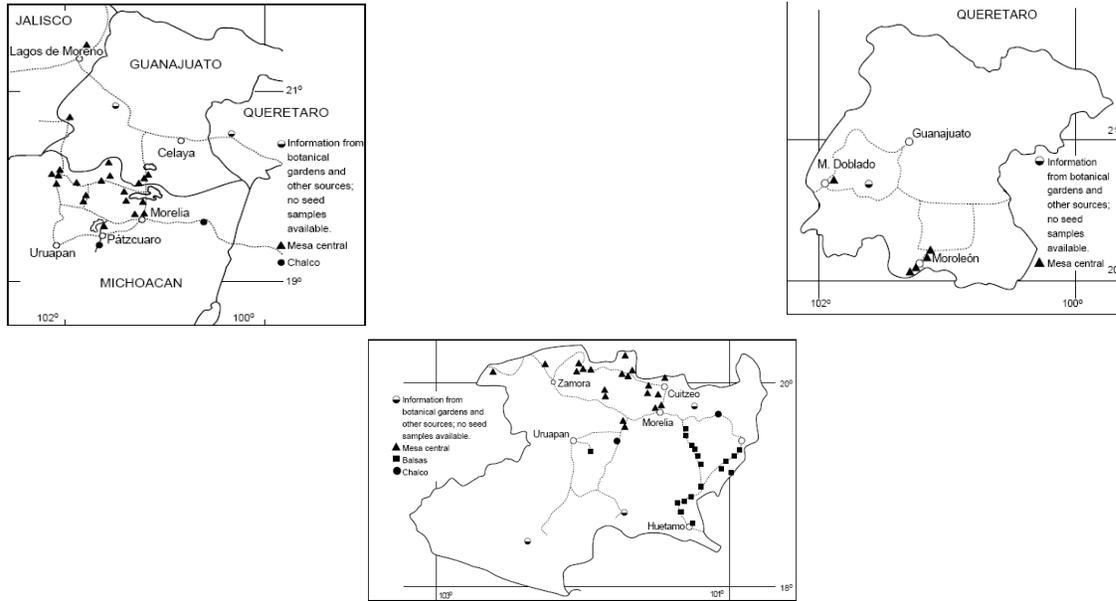
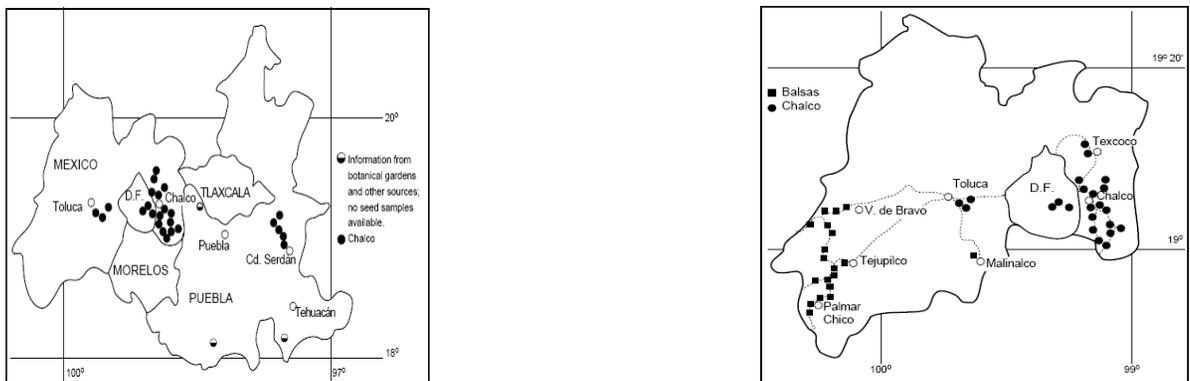


Figura 4: Distribución de teocinte en el occidente de México. Tomada de: Sánchez- González J.J *et al.*, 1997

- **El Bajío.** Región del Altiplano Mexicano que comprende zonas de los estados de Guanajuato y Michoacán se distribuyen teocintes de las razas Balsas y Mesa Central. En Guanajuato se han identificado claramente dos poblaciones al noroeste del estado en Manuel Doblado y al sur en Yuriria, Moreleón-Uriangato y Pinícuaro. Existen reportes sin precisar localización exacta en Querétaro. En Michoacán se distribuyen en cinco zonas bien definidas. Situación de las poblaciones a 1998: Indeterminado, vulnerable.



- Valle de México y sureste de Puebla.** Esta región forma parte de la porción sur del Altiplano Mexicano. En esta zona se distribuyen las razas Chalco y Balsas. Se encuentran distribuidos en el estado de México en los municipios de Los Reyes, Chalco, Amecameca, Texcoco, Teptlixpa, Ocoyoacac, Chapultepec y Toluca. En el Distrito Federal se encuentran en San Mateo, San Antonio Tecomil y Xochimilco. En Puebla se distribuyen en Cd. Serdán, San Salvador el Seco y en los Llanos de San Andrés y los Llanos de San Juan. Es importante destacar que en esta región *Zea mays* subsp. *mexicana* crece casi exclusivamente como maleza. Situación de las poblaciones a 1998: Estable, sin embargo las de Los Reyes y Chalco, en alto riesgo por la urbanización.



- **Cuenca del Balsas.** Zona comprendida entre la Sierra Madre del Sur y la Cordillera Neovolcánica. Se comprenden los estados de Morelos, parte de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Puebla y Oaxaca. En esta Cuenca se encuentran las poblaciones más grandes de teocinte en México. Situación de las poblaciones a 1998: En riesgo

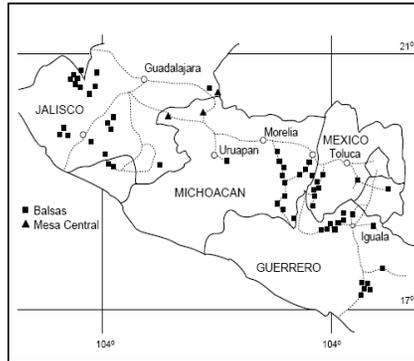


Figura 7: Distribución de teocinte en la Cuenca del Río Balsas. Tomada de: Sánchez- González J.J *et al.*, 1997

- **Guerrero:** sur de Chilpancingo y Tierra Colorada; norte de Iguala; ruta Teloloapan-Arcelia; Paso Morelos y en las cercanías de Ayutla.

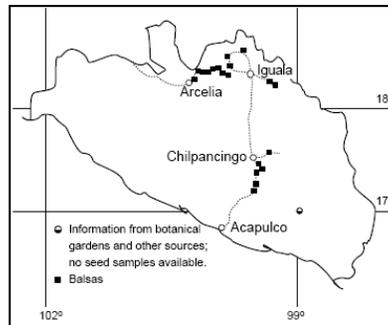


Figura 8: Distribución de teocinte en el estado de Guerrero. Tomada de: Sánchez- González J.J *et al.*, 1997

- **Michoacán:** cuenca del Río Cutzamala y suroeste de Zitácuaro.
- **Estado de México:** Valle Bravo en los Colorines; El Sitio, el Aguacate, Palmar Chico y Las Anonas; en Malinalco se encuentra una población aislada.
- **Morelos:** Tepoztlán, en los poblados de Amatlán y Huilotepec.

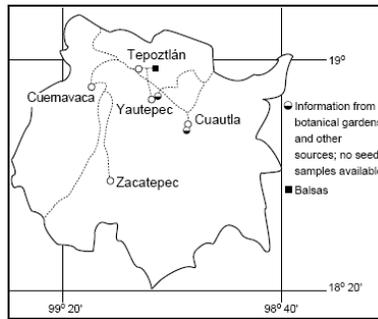


Figura 9: Distribución de teocinte en el estado de Morelos. Tomada de: Sánchez- González J.J *et al.*, 1997

- **Oaxaca.** Hasta el momento se conocen tres poblaciones; San Agustín Loxicha, San Pedro Juchatengo, y reportes pero no necesariamente colectas para la zona Mixe.

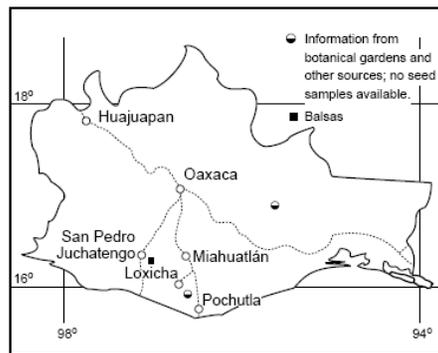


Figura 10: Distribución de teocinte en el estado de Oaxaca. Tomada de: Sánchez- González J.J *et al.*, 1997.

- **Distribución de *Tripsacum*:**

De acuerdo a los reportes en la base de datos de Trópicos (2009), las especies del género *Tripsacum* se distribuyen en:

- ***Tripsacum andersonii*:** Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Guayana Francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, Nicaragua, Panamá, Perú, Surinam, Venezuela, **México: Chiapas, Campeche y Veracruz**
- ***Tripsacum australe*:** Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guayana Francesa, Guyana, Paraguay, Perú, Surinam, Venezuela. **No se distribuye en México**
- ***Tripsacum bravum*:** **México: Guerrero, Jalisco, Estado de México y Nayarit.**
- ***Tripsacum cundinamarcae*:** Colombia. **No se distribuye en México**
- ***Tripsacum dactyloides*:** Belice, Bolivia, Brasil, Colombia, Cuba, Costa Rica, Ecuador, Estados Unidos de Norteamérica, Guayana Francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, India, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Sudáfrica, Surinam, Venezuela, **México: Aguascalientes, Chiapas, Coahuila, Distrito Federal, Durango,**

Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas y Yucatán.

- *Tripsacum floridanum*: Cuba, Estados Unidos y **México: Tamaulipas**
- *Tripsacum intermedium*: Guatemala, Honduras y **México: Chiapas y Guerrero**
- *Tripsacum jalapense*: El Salvador, Guatemala y **México: Chiapas**
- *Tripsacum lanceolatum*: Estados Unidos, Guatemala, Honduras, Panamá y **México: Aguascalientes, Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Durango, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora y Zacatecas.**
- *Tripsacum latifolium*: Belice, Bolivia, Cuba, Costa Rica, El Salvador, Estados Unidos de Norteamérica, Guatemala, Haití, Honduras, Islas Leeward, Nicaragua, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana, Surinam, Trinidad, **México: Chiapas, Michoacán, Oaxaca, Puebla, y Yucatán.**
- *Tripsacum laxum*: Belice, Brasil, Colombia, Cuba, Costa Rica, El Salvador, Estados Unidos de Norteamérica, Filipinas, Guayana Francesa, Guatemala, Islas Vírgenes, Jamaica, Panamá, Puerto Rico, República Dominicana, Sri Lanka, **México: Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, y Veracruz.**
- *Tripsacum maizar*: Costa Rica, Guatemala, **México: Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Nayarit, Oaxaca y San Luis Potosí.**
- *Tripsacum manisuroides*: **México: Chiapas**
- *Tripsacum peruvianum*: Ecuador y Perú. **No se distribuye en México**
- *Tripsacum pilosum*: Guatemala, Honduras, **México: Chiapas, Chihuahua, Colima, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca y San Luis Potosí.**
- *Tripsacum zopilotense*: Guatemala, **México: Chiapas, Chihuahua, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Puebla, San Luis Potosí, Sinaloa, Tlaxcala y Zacatecas.**

c) Especificación de la existencia de especies sexualmente compatibles en México

Con el fin de poder identificar de forma más adecuada a las especies sexualmente compatibles del maíz, es importante tomar en consideración algunos elementos básicos de la biología reproductiva del cultivo, los niveles de ploidía de los parientes silvestres, así como sus aspectos biológico-morfológicos y la compatibilidad sexual entre ellos. A continuación se hace un resumen de toda esta información.

Biología Reproductiva del maíz

- **Morfología del maíz y reproducción sexual:**

La morfología y el desarrollo del maíz se han descrito en seis fases (tomado de Paliwal R.L. *et al.*, 2001):

- **Plántula:** *La semilla se siembra en suelo húmedo, absorbe agua y comienza a hincharse, la semilla empieza a germinar en dos o tres días. En el invierno o en condiciones de bajas temperaturas del suelo como en las tierras altas, el proceso se demora y la emergencia de la radícula puede ocurrir a los seis u ocho días, dependiendo de la temperatura del suelo. Cuando se inicia la germinación, la coleorriza se elonga y sale a través del pericarpio; después aparece la radícula a través de la coleorriza. Inmediatamente después de la emergencia de la radícula también emergen tres o cuatro raíces seminales. Al mismo tiempo o muy pronto después, la plúmula cubierta por el coleoptilo emerge en el otro extremo de la semilla; el coleoptilo es empujado hacia arriba por la rápida elongación del mesocotilo, el cual empuja al naciente coleoptilo hacia la superficie de la tierra. Cuando el extremo del coleoptilo surge a través de la superficie de la tierra, cesa la elongación del mesocotilo, emerge la plúmula a través del coleoptilo y esta aparece sobre la tierra. El maíz se siembra normalmente a una profundidad de 5 a 8 cm si las condiciones de humedad son adecuadas. Esto da lugar a una emergencia de las plántulas rápida y uniforme, en cuatro o cinco días después de la siembra.*
- **Sistema radicular:** *Las raíces seminales se desarrollan a partir de la radícula de la semilla a la profundidad a la que ha sido sembrada. El crecimiento de esas raíces disminuye después que la plúmula emerge por encima de la superficie del suelo y virtualmente detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula. Las primeras raíces adventicias inician su desarrollo a partir del primer nudo en el extremo del mesocotilo. Un grupo de raíces adventicias se desarrolla a partir de cada nudo sucesivo hasta llegar a entre siete y diez nudos, todos debajo de la superficie del suelo. Estas raíces adventicias se desarrollan en una red espesa de raíces fibrosas. El sistema de raíces adventicias es el principal sistema de fijación de la planta y además absorbe agua y nutrimentos. El sistema de raíces adventicias seminales constituye cerca del 52% y el sistema de nudos de las raíces es el 48% de la masa total de raíces de la planta de maíz. Algunas raíces adventicias o raíces de anclaje emergen a dos o tres nudos por encima de la superficie del suelo; en algunos cultivares de maíz también se pueden desarrollar en un número mayor de nudos. La principal función de estas raíces es mantener la planta erecta y evitar su acame en condiciones normales.*

- **Sistema caulinar-vegetativo:** Las plántulas de maíz son visibles sobre la superficie cuando tienen tres hojas si bien sus puntos de crecimiento están aún bajo tierra. En esta etapa la planta muestra un crecimiento vigoroso el cual se origina en un solo punto de crecimiento que es el meristemo apical; todas las partes del tallo del maíz, tanto vegetativas como reproductivas, se producen a partir de este meristemo. El tallo consiste de cuatro estructuras básicas: los internudos, las hojas, el perfilo y la yema o meristemo apical, que colectivamente son conocidas como el fitómero.

Cuando la planta tiene seis hojas abiertas, el punto de crecimiento y el primordio de la espiga ya han sobrepasado la superficie del suelo. Los internudos comienzan a elongarse rápidamente y la planta pasa a través de un período de rápido crecimiento y elongación.

- **Sistema caulinar-reproductivo:** El maíz es una planta monoica; desarrolla inflorescencias con flores de un solo sexo las que crecen siempre en lugares separados de la planta. La inflorescencia femenina o mazorca crece a partir de las yemas apicales en las axilas de las hojas y la inflorescencia masculina o panícula se desarrolla en el punto de crecimiento apical en el extremo superior de la planta. Inicialmente, ambas inflorescencias tienen primordios de flores bisexuales; durante el proceso de desarrollo los primordios de los estambres en la inflorescencia axilar abortan y quedan así solo las inflorescencias femeninas. Del mismo modo, los primordios de gineceos en la inflorescencia apical abortan y quedan entonces solo inflorescencias masculinas.

El desarrollo de la panícula precede al de la mazorca y después que todos los primordios foliares se han iniciado, el meristemo apical se elonga y se transforma en un meristemo reproductivo masculino que se transformará a su vez en la panícula. Los internudos inician una fase de rápida elongación empujando el punto de crecimiento hacia arriba; si en este momento se disecta longitudinalmente una planta, se notarán los primordios de las yemas laterales en la axila de cada hoja. Muchas de estas no se desarrollarán y normalmente una o dos yemas laterales en la mitad superior de la planta llegarán a ser inflorescencias femeninas funcionales, o sean las mazorcas. El número de granos por fila en cada mazorca se determina en esta etapa temprana del desarrollo, pero el número de óvulos funcionales que se desarrollarán como granos se determina más tarde, aproximadamente una semana después de la emergencia de los estigmas. La mazorca superior muestra dominancia apical y sobrepasa a todas las mazorcas ubicadas inferiormente. En ese momento, el extremo de la mazorca aparece en la axila de la hoja que sostiene esa mazorca.

El extremo de la panícula aparece después por encima del verticilo de hojas. El pedúnculo de la panícula crece vigorosamente en esta etapa, llevando la panícula al extremo, por encima de toda la planta. La panícula es una estructura ramificada que está formada por una espiga central. El número de ramificaciones laterales varía considerablemente y una espiga puede llegar a tener hasta 30 o 40 espiguillas.

La formación de la yema axilar que genera la mazorca está cubierta con 12 a 14 hojas modificadas (totomoxtle). La formación que sostiene la mazorca se llama comúnmente caña y tiene nudos e internudos cortos aunque varía en longitud según las diversas razas o variedades de maíz.

- **Granos de polen y estigmas:** *El polen de maíz es una estructura trinuclear; tiene una célula vegetativa, dos gametas masculinas y numerosos granos de almidón; su gruesa pared tiene dos capas, la exina y la intina y es bastante resistente. A causa de las diferencias de desarrollo entre las florecillas superiores e inferiores en las espiguillas masculinas y la maduración asincrónica de las espigas, el polen cae continuamente de cada espiga por un período de una semana o más.*

Los estigmas son la prolongación del canal del estilo de los óvulos maduros en la mazorca. Dependiendo de la longitud de la mazorca y de las hojas que las cubren, los estilos pueden crecer hasta 30 centímetros o más para llegar al extremo de las hojas de cobertura o totomoxtle. El desarrollo de las flores femeninas y de los óvulos en la mazorca es acropétalo, desde la base hacia arriba. Sin embargo, y debido probablemente a la fertilización más temprana, el desarrollo del grano comienza a cinco centímetros por encima de la base de la mazorca. El desarrollo de los estilos continúa por varios días y los estigmas aparecen en tres a cuatro días; permanecen receptivos y continúan creciendo por varios días más después de su emergencia por encima de las hojas de cobertura hasta que son polinizados, una vez que han sido polinizados se separan del óvulo y se secan.

Los estilos son húmedos y pegajosos y el grano de polen germina inmediatamente después de alojarse. El largo tubo polínico necesita 24 horas para recorrer todo el estigma y alcanzar el óvulo para fertilizarlo. El proceso de polinización y fertilización en el maíz tropical ocurre durante los días más cálidos del período de crecimiento. A causa de la variabilidad del tiempo en la temporada lluviosa en los trópicos, la duración del período de polinización es mayor que bajo condiciones de irrigación pero el tiempo cálido y húmedo no afecta negativamente ni la polinización ni la fertilización. Sin embargo, el tiempo cálido y seco afecta adversamente a los estambres los cuales se secan fácilmente dañando el crecimiento del tubo polínico y la fertilización.

La planta de maíz no presenta verdadera protandria -anteras que alcanzan la madurez antes que el gineceo- ya que el gineceo madura y los estilos son receptivos antes de aparecer fuera de las hojas de cobertura. Las anteras de las espiguillas de la parte superior de la espiga central salen fuera de las florecillas y comienzan a dejar caer polen antes que los estigmas emerjan por encima de las hojas de cobertura. Bajo condiciones óptimas para el crecimiento de la planta, el intervalo entre la antesis y la salida de los estigmas es de uno o dos días.

- **Frutos y Semillas:** *El grano o fruto del maíz es una cariósida. La pared del ovario o pericarpio está fundida con la cubierta de la semilla o testa y ambas están combinadas conjuntamente para conformar la pared del fruto. El fruto maduro consiste de tres partes principales: la pared, el embrión diploide y el endospermo triploide. La parte más externa del endospermo en contacto con la pared del fruto es la capa de aleurona. La estructura del endospermo del maíz es muy variable y le da al grano distintas apariencias.*

- **Polinización y dispersión del polen**

El polen del maíz es relativamente grande de 90-100 μm de diámetro y de forma esférica (Luna S.V. et al., 2001), se dispersa principalmente por viento (OCDE, 2003). El grano de polen al estar rodeado

por una doble película compuesta de exina e intina, se encuentra relativamente bien protegido, sin embargo a temperaturas por arriba de 35°C al momento de la liberación del polen, puede provocar que los granos colapsen y se presente una baja producción de granos. Una planta de maíz puede producir más de 2 millones de granos de polen/día, resultando en un total de 6-25 millones de granos de polen/planta dependiendo de la variedad de que se trate (OGTR, 2008).

Los reportes de Luna y colaboradores en el 2001, llevados a cabo en Nayarit sobre la viabilidad del polen, indicaron que la producción de semilla puede disminuir hasta cero por ciento después de que el polen ha sido expuesto a condiciones atmosféricas debido a la deshidratación, ya que el 80 % del polen pierde viabilidad dentro de la primera hora de exposición, también observaron que con una alta humedad relativa se puede prevenir la pérdida de viabilidad ya que con altos índices de humedad relativa, la viabilidad del polen después de una hora de exposición ambiental, únicamente decrece en 58%, mientras que en condiciones de baja humedad relativa, la viabilidad decrece hasta un 96% en la primera hora. En el estudio que llevaron a cabo Baltazar B. et al., en 2005 observaron similarmente que entre el 68-84% del polen se deshidrata después de haber estado en contacto con la atmósfera durante una hora. El polen viable es blanco y esférico, mientras que el no viable es colapsado y de coloración amarillenta.

En otros estudios se ha observado que la viabilidad del polen es relativamente insensible a la radiación solar y que decrece más conforme se pierde humedad (OGTR, 2008).

El maíz normalmente sufre polinización cruzada, con una tasa de autofecundación de 5% (OGTR, 2008). Durante la polinización cruzada en condiciones normales, el polen es liberado de las anteras principalmente por las mañanas, en la antesis el polen se encuentra parcialmente deshidratado y continua deshidratándose de acuerdo se mueve por la atmósfera hasta que es interceptado por el estigma (Luna et al., 2001). La dehiscencia es continua durante una semana o más para cada planta, comenzando aproximadamente de uno a tres días antes de la emergencia de los estigmas.

A pesar del corto período en el que el grano individual del polen se mantiene viable, la dispersión espacial tanto en la dehiscencia del polen como en la emergencia de los estigmas dentro de un campo, provoca que la polinización cruzada entre un campo donador y uno receptor puede ocurrir en una ventana de tiempo de siete días.

La velocidad de dispersión horizontal del polen de maíz, se encuentra en el rango de 21-32 cm/s, dependiendo de qué tan deshidratado se encuentre el grano. En plantas en las que las espigas están a una altura de 2.5 m y los estigmas se encuentran alrededor de un metro de altura, se requiere una distancia de dispersión de 1.5 m para que se lleve a cabo la polinización entre plantas adyacentes, pudiendo tomar cinco segundos bajo condiciones ideales. El movimiento vertical del polen en condiciones de turbulencia puede extender la distancia de dispersión únicamente en áreas en las que la topografía lo favorece y limita la dispersión horizontal (Bannert et al., 2007).

La polinización mediada por insectos no ha sido reportada, aunque hay reportes de abejas visitando la espiga, no se ha reportado que también lo hagan en las inflorescencias femeninas, por lo que la polinización del maíz mediada por abejas se ha descartado completamente (OGTR, 2008).

- **Reproducción asexual del maíz**

No existen reportes de que en condiciones naturales el maíz se pueda reproducir por vía asexual, éste proceso únicamente se presenta bajo condiciones muy especiales de cultivo de tejidos *in vitro*. (OECD, 2003 y OGTR, 2008).

- **Niveles de Ploidía de maíz y sus parientes silvestres (OECD, 2003).**

Género *Zea*

Zea mays subsp. *mays* ($2n = 20$)

Zea mays subsp. *mexicana* ($2n = 20$)

raza Nobogame

raza Mesa Central

raza Durango

raza Chalco

Zea mays subsp. *parviglumis* (raza Balsas) ($2n = 20$)

Zea mays subsp. *huehuetenangensis* (raza Huehuetenango) ($2n = 20?$)

Zea diploperennis (teocinte perenne) ($2n = 20$)

Zea luxurians ($2n = 20$)

Zea nicaraguensis ($2n = 20$)

Zea perennis ($2n = 40$)

Género *Tripsacum*

T. andersonii ($2n = 64$)

T. australe ($2n = 36$)

T. bravum ($2n = 36, 72$)

T. cundinamarcae ($2n = 36$)

T. dactyloides ($2n = 72$)

T. floridanum ($2n = 36$)

- T. intermedium ($2n = 72$)
- T. manisuroides ($2n = 72$)
- T. latifolium ($2n = 36$)
- T. peruvianum ($2n = 72, 90, 108$)
- T. zopilotense ($2n = 36, 72$)
- T. jalapense ($2n = 72$)
- T. lanceolatum ($2n = 72$)
- T. laxum ($2n = 36?$)
- T. maizar ($2n = 36, 72$)
- T. pilosum ($2n = 72$)

En la siguiente tabla se enlistan las principales características biológico-reproductivas del maíz y sus parientes silvestres.

Tabla 2. Comparación morfológica del maíz y sus parientes silvestres tomada de: Paliwal R.L. et al., 2001

Aspecto de la planta	Maíz	Teocinte	Tripsacum
Hábito	Anual	Anual y perenne con rizomas	Perenne con rizomas
Multiplicación	Por semillas	Por semillas y vegetativa	Vegetativa y por semillas
Sistema radicular	Estacional	Persistente y estacional	Persistente
Sistema caulinar	Tallo principal, pocos macollos	Con macollos y ramificado	Macollos abundantes y ramificado
Hojas	Anchas	Similar al maíz	Angostas a medio angostas
Inflorescencia lateral	Femenina	Predominantemente femeninas y algunas mezcladas	Mezclada
Inflorescencia terminal	Masculina, grande y dominante	Masculina, media	Mezclada
Espiguillas femeninas	Apareadas	Simples	Simples
Espiguillas masculinas	Apareadas	Apareadas	Apareadas
Mazorca	Muchas filas, cubierta	Dos filas, cubierta	Dos filas, descubierta
Fruto	Desnudo, no dehiscente	Con cubierta rígida, cupulado, dehiscente	Con cubierta rígida, dehiscente
Reproducción	Sexual	Sexual	Apomíctica y sexual
Semilla	Sin latencia	Latencia en algunos casos	Latencia
Hábito	Anual	Anual y perenne con rizomas	Perenne con rizomas
Multiplicación	Por semillas	Por semillas y vegetativa	Vegetativa y por semillas
Sistema radicular	Estacional	Persistente y estacional	Persistente
Sistema caulinar	Tallo principal, pocos macollos	Con macollos y ramificado	Macollos abundantes y ramificado
Hojas	Anchas	Similar al maíz	Angostas a medio angostas
Inflorescencia lateral	Femenina	Predominantemente femeninas y algunas mezcladas	Mezclada
Inflorescencia terminal	Masculina, grande y dominante	Masculina, media	Mezclada
Espiguillas femeninas	Apareadas	Simples	Simples
Espiguillas masculinas	Apareadas	Apareadas	Apareadas
Mazorca	Muchas filas, cubierta	Dos filas, cubierta	Dos filas, descubierta
Fruto	Desnudo, no dehiscente	Con cubierta rígida, cupulado, dehiscente	Con cubierta rígida, dehiscente
Reproducción	Sexual	Sexual	Apomíctica y sexual
Semilla	Sin latencia	Latencia en algunos casos	Latencia

En las siguientes figuras se puede observar esquemáticamente las diferencias en la arquitectura de la planta del maíz y el teocinte.

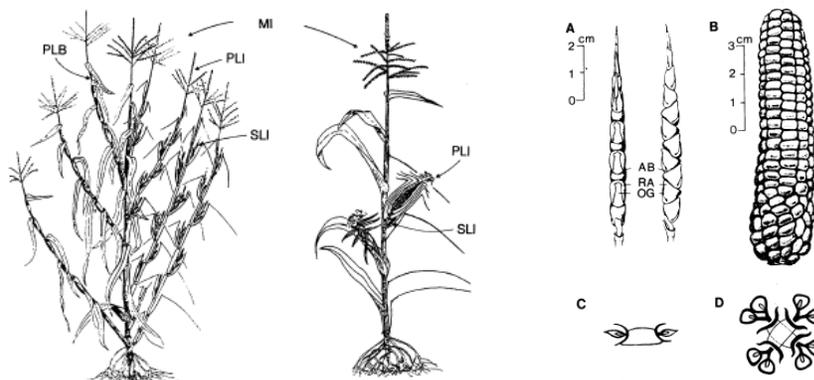


Figura 11: Esquemas de la arquitectura de la planta y de la mazorca del maíz y del teocinte. MI=Inflorescencia principal; PLI= Inflorescencia lateral primaria; PLB=Ramificación lateral primaria; SLI=Inflorescencia lateral secundaria; A=mazorca de teocinte; AB= capa de abscisión; RA= internudo del raquis; OG= gluma exterior; B=mazorca de maíz; C= corte transversal de la mazorca de teocinte, mostrando el segmento del raquis y una semilla por lado; D= corte transversal de la mazorca de maíz mostrando el raquis con cuatro pares de semillas para formar ocho líneas o carreras. Figuras tomadas de Doebley *et al.* 1990

- **Cruzas intra-específicas (OCDE, 2003)**

Como ya se mencionó anteriormente el maíz es una planta principalmente de polinización cruzada (también llamada abierta). Hasta el siglo XX el maíz había evolucionado mediante variedades de polinización abierta, derivadas de una mezcla de individuos heterocigos y heterogéneos, desarrolladas por selección de las personas de diferentes civilizaciones existentes en América.

Ya se mencionó también que el polen del maíz es altamente promiscuo, y que la germinación ocurre casi inmediatamente a la polinización, para completar la fertilización casi un día después. Por todo esto, el maíz se entrecruza muy fácilmente, excepto por algunas variedades “reventadoras” y algunos híbridos que contienen alguno de los factores de incompatibilidad denominado “factor gametofítico” *ga* o las series alélicas *Ga* en el cromosoma cuatro. (Kermicle J.L., 2006).

- **Cruzas inter-específicas⁵ (OECD, 2003; OGTR, 2008)**

Existe compatibilidad sexual entre maíz y todos los teocintes anuales, siendo conocido que pueden formar híbridos fértiles, es decir que no hay compatibilidad con *Z. perennis* y tampoco existen evidencias de introgresión natural entre *Z. diploperennis* y maíz (Kato A y Sánchez J citados por Turrent A. *et al.*, 2004).

En las áreas de México y Guatemala en las que hay cercanía geográfica, el maíz y el teocinte anual (*Zea mays* subsp. *mexicana* (2n = 20), raza Nobogame, raza Mesa Central, raza Durango y raza Chalco; *Zea mays* subsp. *parviglumis* (raza Balsas) (2n = 20)) pueden hibridizar. Se han reportado frecuencias de un híbrido F1 para la cruce (maíz x teocinte) por cada 500 plantas de maíz, en la región de Chalco en el Valle de México (Wilkes G., 1977). Se ha reportado en particular la hibridización espontánea entre *Z. mays* ssp. *mays* y los teocintes de *mexicana* y *parviglumis* (Ellstrand *et al.* 2007) siendo más común la introgresión con la subespecie *mexicana* (Fukunaga *et al.* 2005).

Los estudios de Kermicle *et al.* en 1990, mostraron que existe incompatibilidad fisiológica entre teocinte y maíz cuando el primero actúa como receptor de polen y el segundo como donador, esto es en la dirección opuesta en la que normalmente las cruces son exitosas. Sin embargo, esta incompatibilidad se presentó entre algunas poblaciones de maíz y cierto tipo de teocinte (razas Chalco y Mesa Central), resultando en baja e inconsistente aptitud (en inglés "fitness") de alguno de los híbridos, previendo así una alta tasa de introgresión (Evans M.M.S., *et al.* 2001). Determinaron también que la incompatibilidad entre teocinte y maíz esta bajo el control del gen Tcb 1 (teosinte crossing barrier 1) localizado en el brazo corto del cromosoma 4. Debido a la ausencia de polinización recíproca, Evans y su grupo sugieren que el gen Tcb1 podría jugar un rol significativo en el aislamiento reproductivo entre las poblaciones de maíz y teocinte simpátricas en México y Guatemala (ssp. *huehuetenangensis*).

- **Cruzas inter-genéricas (OGTR, 2008)**

- Aunque es extremadamente difícil de conseguir en condiciones naturales, las especies del género *Tripsacum* (*T. dactyloides*, *T. floridanum*, *T. lanceolatum*, y *T. pilosum*) pueden cruzar con el maíz, siempre y cuando el donador del polen sea *Tripsacum* y se reduzca el tamaño de los estilos del maíz. También se sabe que dependiendo de la especie de *Tripsacum* que se emplee como parental y los eventos que ocurran en las retrocruzas, se pueden obtener al menos 54 combinaciones de cromosomas. Con esto se puede lograr cierto éxito en la fertilización obteniéndose que los híbridos resultantes poseen un alto grado de esterilidad y son genéticamente inestables (Mangelsdorf, 1974).
- Los estudios de Galinat en 1988 (Citado por OECD, 2003) identificaban que, dado que los géneros *Tripsacum* y *Zea* poseen números cromosómicos diferentes (ver sección de Niveles de Ploidía de maíz y sus parientes silvestres), la adición de un cromosoma extra del *Tripsacum* en el genoma del maíz podría ocurrir en una baja frecuencia y consecuentemente la tasa de cruzamiento podría reducirse drásticamente. Sin embargo, a pesar de estos argumentos Eubanks 1995, 1998 (Citado por OECD, 2003) desarrolló un método asistido bajo condiciones muy controladas (es decir no espontáneo ni en

⁵ Debido a que varias publicaciones tienden a discutir las cruces entre maíz y teocinte de forma general, en ocasiones es difícil de distinguir entre las intraespecíficas e interespecíficas dentro del género, por lo que es probable que se consideren juntas.

condiciones naturales en campo) para introducir genes de *Tripsacum* en maíz. El método se basa en cruzar *Tripsacum dactyloides* con *Zea diploperennis* a fin de obtener un híbrido denominado tripsacorn, que se usa como puente para posteriormente generar híbridos de maíz tripsacorn. El uso de éste híbrido puente es con fines de mejoramiento agronómico de maíz a fin de conferir resistencia a plagas, enfermedades, tolerancia a sequía, apomixis, totipotencialidad, perenialismo, adaptaciones a condiciones de suelo adversas o de atmósferas enriquecidas en dióxido de carbono así como y uniformidad agronómica al maíz.

Otras cruzas entre el género *Tripsacum* y teocintes de las subespecies de *Z. mays* no han sido exitosas (OGTR, 2008).

- La tribu Maydeae también incluye otros cinco géneros asiáticas (*Coix*, *Sclerachne*, *Polytoca*, *Chionachne* y *Trilobachne*) de los cuales solo existen reportes de que se hayan obtenido cruzas experimentales entre *Z. mays* con *Coix lachryma-jobi* (Harada et al. 1954, citado por OGTR, 2008). En este caso las semillas híbridas se obtuvieron únicamente en un 6% cuando *Coix* fue usado como parental femenino. No existen reportes actuales de hibridización espontánea (Búsqueda en literatura científica al 08/04/09).
- El maíz también se ha cruzado experimentalmente con otros miembros de la sub-familia Panicoideae: un único híbrido intergenérico entre *Saccharum officinarum* – tribu Andropogonae ($2n = 80$) y maíz fue obtenido con dos cromosomas B adicionales, usando maíz como el polen donador. (Janaki Ammal et al. 1972, citado por OGTR, 2008). El individuo obtenido, cuyas células contenían números cromosómicos variables entre 52 – 58, sobrevivió bajo condiciones no naturales con cuidados especiales.
- Otras cruzas intergenéricas experimentales no espontáneas, en las que se involucren al maíz se han llevado a cabo con miembros de la sub-familia Pooideae. (Kynast et al. 2001, citado por OGTR, 2008). Algunos ejemplos incluyen:
 - Maíz como donador de polen con trigo (*Triticum aestivum*) hexaploide ($2n = 42$)
 - Cruzas controladas con avena (*Avena sativa*) hexaploide ($2n = 42$). Los híbridos resultantes únicamente pueden sobrevivir después de rescate embrionario.
 - Cruzas experimentales asistidas con varios cereales, entre los que se encontraron cebada (*Hordeum vulgare*; $2n = 14$) y centeno (*Secale cereale*; $2n = 14$) como parentales femeninos, empleando maíz como donador de polen. En los tres casos no se obtuvieron híbridos fértiles.

d) Descripción de los hábitats donde el OGM puede persistir o proliferar en el ambiente de liberación

La modificación genética insertada en el OGM no cambia en nada el patrón de distribución geográfica o las necesidades agronómicas del maíz para desarrollarse, en comparación con su contraparte no modificada, por lo que las únicas áreas en las que el OGM se podrá desarrollar son aquellas áreas agrícolas en las que se maneje y se permita el desarrollo del cultivo.

A continuación se describe el ambiente propicio para el cultivo del maíz convencional no genéticamente modificado:

El maíz es una planta anual cuyo ciclo de vida depende de la variedad y el ambiente en que dicha variedad se desarrolle. El maíz no puede sobrevivir a temperaturas por debajo de los cero grados durante más de seis a ocho horas después de que se encuentra en la fase de 5 a 7 hojas, el daño por heladas dependen del rango de la temperatura por debajo de los cero grados, las condiciones del suelo, los residuos, la duración de las bajas temperaturas, el viento, la humedad relativa y el estado de desarrollo de la planta. Heladas ligeras durante la primavera tardía puede provocar que se “quemem” las hojas, sin embargo la extensión del daño usualmente no es tan grande como para lograr daño permanente, sin embargo el cultivo del maíz posee en estas condiciones una apariencia irregular debido a que el daño foliar por heladas permanece hasta la madurez.

El maíz típicamente crece en regiones templadas debido al nivel de humedad y a los días libres de heladas necesarios para alcanzar la madurez. El número de días libres de heladas indican la latitud a la que las variedades de maíz podrán desarrollarse. El maíz que posee madurez relativa de 100 a 115 días, es el que normalmente se siembra en la franja maicera de los Estados Unidos.

En las regiones tropicales la madurez relativa del maíz se modifica debido a los efectos de la altitud. Las variedades nativas de maíz de los trópicos generalmente poseen características diferentes a la de los cultivares modernos en cuanto a que las primeras poseen de tres a cinco mazorcas y vástagos axilares, mientras que en los segundos se suprimen las mazorcas bajas y los vástagos (OECD, 2003).

De acuerdo a Paliwel, para el caso de los países tropicales, la clasificación de los ambientes del maíz se basa en las mayores regiones climáticas que corresponden a las latitudes en que el mismo es cultivado. Los países o regiones comprendidas entre la línea ecuatorial y los 30° N y 30° S constituyen el ambiente tropical y el maíz cultivado en esa zona se conoce como maíz tropical. Las regiones que están entre los 30° y 34° Norte y Sur son clasificadas como ambientes subtropicales. En estas regiones se cultiva un gran rango de genotipos, tropicales o subtropicales, los últimos derivados de la introgresión de germoplasma tropical y templado.

El ambiente tropical se divide en tres categorías basadas en la altitud:

- tierras tropicales bajas, entre el nivel del mar y los 1,000 msnm,
- tierras tropicales medias, entre 1,000 y 1,600 msnm,
- tierras tropicales altas, a más de 1,600 msnm.

La mayor parte del germoplasma subtropical es cultivado en ambientes de altitud media y de ese modo ligado al ambiente subtropical. En consecuencia, los genotipos de maíz se clasifican en:

- a) tropicales de tierras bajas;
- b) sub-tropicales de tierras bajas y de media altitud, y
- c) tropicales de tierras altas

Algunas características adicionales que influyen sobre la adaptación y la aceptación de los genotipos de maíz en un ambiente específico son:

- a) la clase de madurez - tardía, intermedia, temprana y extra temprana, dependiendo del período de crecimiento y de la disponibilidad de humedad;
- b) el tipo de grano preferido por los agricultores y los consumidores - duro, dentado o harinoso; y
- c) el color del grano - blanco o amarillo.

Esta clasificación se encuentra en la siguiente tabla, la cual indica las distintas clases de madurez de germoplasma en los ambientes más importantes de las tierras bajas tropicales y sus tipos de granos. Una clasificación similar del maíz que crece en los ambientes subtropicales y de altitud media se presenta en la Tabla 4.

Tabla 3. Maíces de tierras bajas tropicales y su madurez. Adaptada de Paliwal R.L. et al., 2001

Clases de madurez	Días a la madurez	Tipo de grano
Extra-temprana	80 - 90	Blanco duro o blanco dentado
		Amarillo duro
Temprana	90 - 100	Blanco duro
		Blanco dentado
		Amarillo duro
		Amarillo dentado
Intermedia	100 - 110	Blanco duro
		Blanco dentado
		Amarillo duro
		Amarillo dentado
Tardía	110 - 130	Blanco duro
		Blanco dentado
		Amarillo duro
		Amarillo dentado

Tabla 4. Ambientes subtropicales y de altitud media con las áreas correspondientes a clases de madurez para varios tipos de grano. Adaptada de Paliwal R.L. et al., 2001

Clases de madurez	Tipos de grano
Extra-temprana	No se siembra
Temprana	Blanco o amarillo, duro o dentado
Intermedia	Blanco duro, blanco dentado o amarillo duro o amarillo dentado
Tardía	Blanco duro, blanco dentado o amarillo duro o amarillo dentado

El CIMMYT publicó los estudios de Hartkamp, A.D., *et al* del 2000 en los que se refinaron la clasificación de los mega-ambientes del cultivo del maíz aplicando técnicas estadísticas de multivariación a datos agroclimáticos, datos espaciales agroclimáticos y tecnología del Sistema de Información Geográfica (GIS) para clasificar los mega-ambientes del maíz en doce grandes mega-ambientes identificando también las subdivisiones basadas en precipitación.

Tabla 5. Mega ambientes y sus subdivisiones de acuerdo a la precipitación. Adaptada de Hartkamp, A.D., *et al*, 2000.

Nombre	Duración del día (h)	Temperatura media (°C)	Precipitación (mm)
Trópico bajo muy seco	11-12.5	≥24	<200
Trópico bajo húmedo	11-12.5	≥24	≥200 y <600
Trópico bajo lluvioso	11-12.5	≥24	≥600 y <2,000
Trópico bajo con exceso de lluvia	11-12.5	≥24	≥2,000
Trópico de media altitud muy seco	11-12.5	>18 y <24	<200
Trópico de media altitud húmedo	11-12.5	>18 y <24	≥200 y <600
Trópico de media altitud lluvioso	11-12.5	>18 y <24	≥600 y <2,000
Trópico de media altitud con exceso de lluvia	11-12.5	>18 y <24	≥2,000
Trópico alto muy seco	11-12.5	≤18	<200
Trópico alto húmedo	11-12.5	≤18	≥200 y <600
Trópico alto lluvioso	11-12.5	≤18	≥600 y <2,000
Trópico alto con exceso de lluvia	11-12.5	≤18	≥2,000
Trópico no ecuatorial/subtrópico bajo muy seco	12.5-13.4	≥24	<200
Trópico no ecuatorial/subtrópico bajo húmedo	12.5-13.4	≥24	≥200 y <600
Trópico no ecuatorial/subtrópico bajo lluvioso	12.5-13.4	≥24	≥600 y <2,000
Trópico no ecuatorial/subtrópico bajo con exceso de lluvia	12.5-13.4	≥24	≥2,000
Trópico no ecuatorial/subtrópico de media altitud muy seco	12.5-13.4	>18 y <24	<200

Trópico no ecuatorial/subtrópico de media altitud húmedo	12.5-13.4	>18 y <24	≥200 y <600
Trópico no ecuatorial/subtrópico de media altitud lluvioso	12.5-13.4	>18 y <24	≥600 y <2,000
Trópico no ecuatorial/subtrópico de media altitud con exceso de lluvia	12.5-13.4	>18 y <24	≥2,000
Trópico no ecuatorial/subtrópico alto muy seco	12.5-13.4	≤18	<200
Trópico no ecuatorial/subtrópico alto húmedo	12.5-13.4	≤18	≥200 y <600
Trópico no ecuatorial/subtrópico alto lluvioso	12.5-13.4	≤18	≥600 y <2,000
Trópico no ecuatorial/subtrópico alto con exceso de lluvia	12.5-13.4	≤18	≥2,000
Subtrópico de invierno caliente seco	≤11	≥24	<200
Subtrópico de invierno caliente húmedo	≤11	≥24	≥200 y <600
Subtrópico de invierno caliente lluvioso	≤11	≥24	≥600 y <2,000
Subtrópico de invierno caliente con exceso de lluvia	≤11	≥24	≥2,000
Subtrópico de invierno templado seco	≤11	>18 y <24	<200
Subtrópico de invierno templado húmedo	≤11	>18 y <24	≥200 y <600
Subtrópico de invierno templado lluvioso	≤11	>18 y <24	≥600 y <2,000
Subtrópico de invierno templado con exceso de lluvia	≤11	>18 y <24	≥2,000
Subtrópico de invierno frío seco	≤11	≤18	<200
Subtrópico de invierno frío húmedo	≤11	≤18	≥200 y <600
Subtrópico de invierno frío lluvioso	≤11	≤18	≥600 y <2,000
Subtrópico de invierno frío con exceso de lluvia	≤11	≤18	≥2,000
Templado muy seco/subtrópico seco bajo	≥13.4	≥24	<200
Templado/subtrópico caliente húmedo	≥13.4	≥24	≥200 y <600
Templado/subtrópico caliente lluvioso	≥13.4	≥24	≥600 y <2,000
Templado/subtrópico caliente con exceso de lluvia	≥13.4	≥24	≥2,000

Templado muy seco/subtrópico templado seco	≥13.4	>18 y <24	<200
Templado/subtrópico templado húmedo	≥13.4	>18 y <24	≥200 y <600
Templado/subtrópico templado lluvioso	≥13.4	>18 y <24	≥600 y <2,000
Templado/subtrópico templado con exceso de lluvia	≥13.4	>18 y <24	≥2,000
Templado muy seco/subtrópico frío seco	≥13.4	≤18	<200
Templado/subtrópico frío húmedo	≥13.4	≤18	≥200 y <600
Templado/subtrópico frío lluvioso	≥13.4	≤18	≥600 y <2,000
Templado/subtrópico frío con exceso de lluvia	≥13.4	≤18	≥2,000

En los trópicos los suelos de Oxisoles, Ultisoles, Alfisoles e Inceptisoles son los mejores para la producción de maíz, sin embargo el cultivo se adapta muy bien a una amplia variedad de suelos en los trópicos, desde arenas hasta arcillas pesadas (OECD, 2003).

- **Efectos de la sequía**

A nivel mundial, la disminución en rendimiento promedio debido a sequía es alto, particularmente en los trópicos. La lluvia es un factor limitante en la producción comercial de maíz y en muchos casos la irrigación es necesaria. El maíz es particularmente susceptible al estrés hídrico al momento de la floración, momento en el que se establece el rendimiento final, especialmente en aquellos casos en los que la floración coincide con niveles de evotranspiración elevados (verano y canícula). El estrés hídrico en estos momentos puede llegar a reducir el rendimiento en grano entre un 6-8% por cada día bajo estrés (OGTR, 2008).

- **Efectos de inundaciones (anegación)**

En zonas importantes de siembra en Asia y América, se presentan pérdidas significativas debido a la inundación de los sembradíos. Las plantas que se desarrollan por períodos prolongados en suelos anegados, presentan cierre de los estomas, reducción de crecimiento foliar, clorosis, reducción de crecimiento radicular, mortalidad radicular y finalmente la muerte de la planta. El daño a las raíces se debe principalmente a la intoxicación debida a la acumulación de compuestos como el ácido láctico, productos de la respiración anaeróbica. Los cultivares tropicales y sub-tropicales son más susceptibles al anegamiento cuando se encuentran en etapas vegetativas tempranas previas al desarrollo de la espiga (OGTR, 2008).

e) Descripción taxonómica del organismo receptor y donador de la construcción genética

- **Descripción taxonómica del organismo receptor:**

Esta información ya se describió anteriormente (ver sección *b) Especies relacionadas con el OGM y distribución de éstas en México*), sin embargo para beneficio del lector, se presenta de nuevo:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida* Scop.

Subclase: *Commelinidae* Takht.

Orden: *Poales* Small

Familia: *Poaceae* Barnhart

Género *Zea*

Sección *ZEA*

***Poaceae Zea mays* L. Sp. Pl. 2: 971-972 1753**

***Poaceae Zea mays subsp. mays* L.** (maíz) Se han descrito de acuerdo a varios autores entre 42 y 59 variedades nativas de maíz (también denominadas razas) en México.

A continuación se enlistan las razas enlistadas por CONABIO (2006) y Turrent A., *et al.*, (2004): Ancho, Apachito, Arrocillo, Arrocillo Amarillo, Arrocillo, Azul, Blandito, Blando de Sonora, Bofo, Bolita, Cacahuacintle, Carmen, Celaya, Chalqueño, Chapalote, Chiquito, Clavillo, Comiteco, Complejo Chihuahua Blanco, Complejo Serrano Jalisco, Conejo, Cónico, Cónico Norteño, Coscomatepec, Cristalino Chihuahua, Cubano Amarillo, Dulce de Jalisco, Dulcillo Noroeste, Dzit-Bacal, Elotes Cónicos, Elotes Occidentales, Elotero de Sinaloa, Fasciado, Gordo, Harinoso, Harinoso de Ocho, Jala, Lady Finger, Maíz Dulce, Maízón, Mixteco, Motozinteco, Mushito, Nal-Tel, Nal-Tel de Altura, Negro Mixteco, Negro de Tierra Fría, Olotillo, Olotón, Olotón Imbricado, Onaveño, Palomero de Chihuahua, Palomero Toluqueño, Pepitilla, Ratón, Reventador, San Juan, Serrano Mixe, Serrano de Oaxaca, Tablilla, Tablilla de Ocho, Tabloncillo, Tabloncillo Perla, Tehua, Tepecintle, Tunicata, Tuxpeño Norteño, Tuxpeño, Vandeño, Xmejenal, Zamorano Amarillo, Zapalote Chico, Zapalote Grande.

Poaceae *Zea mays subsp. mexicana* (Schrad.) H.H. Iltis Phytologia 23(2): 249 1972 (Teocintes anuales)

raza Nobogame

raza Mesa Central

raza Durango

Raza Chalco

Poaceae *Zea mays subsp. parviglumis* H.H. Iltis & Doebley Amer. J. Bot. 67: 1001 1980 (Teocinte raza Balsas)

Poaceae *Zea mays subsp. huehuetenangensis* (H.H. Iltis & Doebley) Doebley Maydica 35: 148 1990 (Teocinte raza Huehuetenango)

Sección *LUXURIANTES* (Doebley & H.H. Iltis Amer. J. Bot. 67(10): 986 1980):

Poaceae *Zea diploperennis* H.H. Iltis, Doebley & R. Guzmán Science 203: 186 1979 (Teocinte perene)

Poaceae *Zea luxurians* (Durieu & Asch.) R.M. Bird Taxon 27(4): 363 1978 (antes denominado teocinte raza Guatemala)

Poaceae *Zea nicaraguensis* H.H. Iltis & B.F. Benz Novon 10(4): 382-389, f. 1-2 2000

Poaceae *Zea perennis* (Hitcch.) Reeves & Mangelsd. Amer. J. Bot. 29(10): 817 1942 (Teocinte perene).

Los parientes silvestres más cercanos del género *Zea*, son las especies del género *Tripsacum*, comprendido por dos secciones: *FASCICULATA* y *TRIPSACUM* (OCDE, 2003). A continuación se enlistan las especies del género (Trópicos, 2009):

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida* Scop.

Subclase: *Commelinidae* Takht.

Orden: *Poales* Small

Familia: *Poaceae* Barnhart

Género: *Tripsacum* L.

- Poaceae Tripsacum andersonii* J.R. Gray Phytologia 33(3): 204, f. 1 1976
- Poaceae Tripsacum australe* H.C. Cutler & E.S. Anderson Ann. Missouri Bot. Gard. 28(4): 259, f. 2 1941
- Poaceae Tripsacum bravum* J.R. Gray Phytologia 33(3): 206, f. 3 1976
- Poaceae Tripsacum cundinamarcae* de Wet & Timothy Amer. J. Bot. 68(2): 274, f. 6 1981
- Poaceae Tripsacum dactyloides* (L.) L. Syst. Nat. (ed. 10) 1261 1759
- Poaceae Tripsacum floridanum* Porter ex Vasey Contr. U.S. Natl. Herb. 3(1): 6 1892
- Poaceae Tripsacum intermedium* de Wet & J.R. Harlan Amer. J. Bot. 69(8): 1255 1982
- Poaceae Tripsacum jalapense* de Wet & Brink Amer. J. Bot. 70(8): 1141, f. 3 1983
- Poaceae Tripsacum lanceolatum* Rupr. ex E. Fourn. Mexic. Pl. 2: 68 1886
- Poaceae Tripsacum latifolium* Hitchc. Bot. Gaz. 41(4): 294-295 1906
- Poaceae Tripsacum laxum* Nash N. Amer. Fl. 17: 81 1909
- Poaceae Tripsacum maizar* Hern.-Xol. & Randolph Folleto Técn. Of. Estud. Espec. México 4: 7 1950
- Poaceae Tripsacum manisuroides* de Wet & J.R. Harlan Amer. J. Bot. 69(8): 1255 1982
- Poaceae Tripsacum peruvianum* de Wet & Timothy Amer. J. Bot. 68(2): 275, f. 7, 8 1981
- Poaceae Tripsacum pilosum* Scribn. & Merr. Bull. Div. Agrostol., U.S.D.A. 24: 6, f. 1 1901
- Poaceae Tripsacum zopilotense* Hern.-Xol. & Randolph Folleto Técn. Of. Estud. Espec. México 4: 22

A continuación se presenta el árbol filogenético del maíz y sus parientes silvestres:

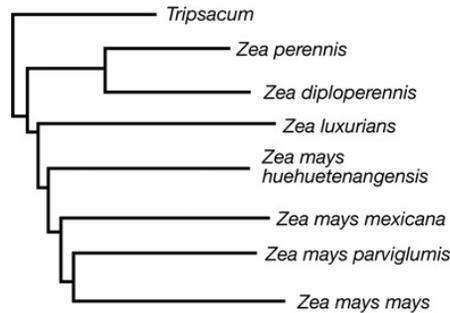


Figura 12: Filogenia del género Zea, mostrando a todas las especies de Tripsacum en un solo grupo.

Figura tomada de Vollbrecht E., *et al*, 2005.

- **Descripción taxonómica del organismo donador**

Para el desarrollo del maíz con tecnología MON-00021-9 , se emplearon genes de diversas especies, se enlistan a continuación de acuerdo a la importancia de elemento genético a fin de obtener el fenotipo esperado.

- ❖ **Organismo donador del gen *m-epsps*:**

El organismo donante y el organismo receptor son la misma especie vegetal: *Zea mays* subsp. *mays* L. No se conoce ninguna patogenicidad. Puede decirse que el maíz tiene milenios de consumo humano en la prehistoria y más de 500 años de historia documentada de consumo, sin riesgos para la salud, en el mundo.

- ❖ **Usos de Organismo donador del gen:**

Literalmente, miles de productos alimentarios, para pienso e industriales dependen de ingredientes basados en el maíz. El maíz y los productos procesados del maíz no plantean un riesgo para la salud humana, para los animales domésticos o para las especies salvajes. El maíz es uno de los más importantes cereales alimenticios producidos en el mundo. Los seis más importantes países productores de maíz son: Estados Unidos (37,5% de la producción mundial), China Continental (21,6%), Brasil (6,4%), México (3,3%), Francia (2,5%) y Argentina (2,2%).

Históricamente, el grano de maíz se utilizó por los pueblos indígenas del Hemisferio Occidental. Los alimentos tradicionales incluyen el atole, las tortillas y la masa (una gran diversidad de platillos derivados) de América Latina, la arepa de Colombia y la sémola de maíz del Sudeste de Estados Unidos. En el siglo XIX, la harina de maíz molido completa fue proporcionada por pequeños molinos dispersos a través de todo el país. La urbanización llevó al desarrollo de sistemas de molienda que proporcionaban una harina de bajo contenido en grasas con una vida prolongada en almacén. Hoy en día, la mayor

parte de los productos de harina de maíz se obtienen por el sector de la molienda en seco, que genera también productos alimentarios e industriales.

La alta productividad del maíz, su excelente sabor, su alto contenido en energía y su alto contenido nutricional le hacen ser el grano preferido para los animales. La alta concentración de almidón en el maíz también le hace la fuente preferida de energía.

El maíz se utiliza tanto ensilado como en grano.

En la UE, un 72% del grano de maíz se utiliza como pienso y un 8% para productos alimentarios. Asimismo, un 20% de la cosecha se emplea para producción de almidón. El almidón se utiliza en un 53% para productos alimentarios y en un 47% para productos no alimentarios, tales como papel, plásticos, cosméticos, entre otros.

Muchos de los procesos implicados en la producción de estos piensos y subproductos del maíz reducen significativamente el contenido total en proteínas por debajo del nivel del 10% encontrado en el grano o en gran medida elimina, degradan o desnaturalizan las proteínas constituyentes debido a extremos de temperatura y presión.

Productos alimentarios del maíz

El maíz se utiliza como elemento de alimentación básico por personas de todo el mundo, sobre todo en áreas de agricultura de subsistencia. En muchas áreas se realiza la molienda a mano tradicional o la molienda de piedras a pequeña escala. La harina de maíz obtenida se suele utilizar por las poblaciones locales y se emplea para preparar tortillas, panes, bocadillos y productos fermentados. Estos alimentos tradicionales se preparan mezclando el maíz con sorgo o mijo, así como con leguminosas diversas, dependiendo de su disponibilidad.

El maíz ha sido el cereal tradicional para la preparación de tortillas en México y América Central. Básicamente, una mezcla de maíz para alimentos amarillo y blanco se cocina en agua de cal durante un pequeño período de tiempo, se lava varias veces y se muele en un molino de piedra hasta obtener un producto denominado masa. La masa puede moldearse en tortillas, que se cocinan sobre una plancha caliente. Posteriormente, la masa puede enrollarse de varias formas y freírse a fondo o extruírse bajo condiciones de alta presión y calor en trozos de maíz o de tortilla de varias formas, tamaños y sabores.

Muchos productos alimentarios de maíz se obtienen a partir de variedades especiales de maíz para alimentos, tales como el maíz amarillo y blanco con sus endospermos duros y redondos; el maíz dulce con altos niveles de azúcares solubles y niveles reducidos de almidón en sus endospermos y el maíz palomero con endospermo pequeño, redondo y duro. El maíz semiblando destinado preferiblemente para piensos de animales y la molienda húmeda del maíz no suelen utilizarse para preparación de alimentos. El almidón es un producto primario del maíz. El almidón del maíz producido mediante la molienda húmeda está esencialmente libre de proteínas. Literalmente, miles de alimentos se obtienen utilizando almidones de maíz nativo y modificado y edulcorantes de maíz

❖ Organismo donador del promotor de la actina⁶

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida* Scop.

Subclase: *Commelinidae* Takht.

Orden: *Poales* Small

Familia: *Poaceae* Barnhart

Subfamilia: *Ehrhartoideae* Link

Tribu: *Oryzeae* Dumort.

Subtribu: *Oryzinae* Griseb.

Género: *Oryza* L.

Especie: *Oryza sativa* L. 1753

Nombre común: arroz

❖ Usos de Organismo donador del promotor de la actina:

El arroz es un cultivo cuyo uso como alimento data de muchos siglos atrás, su origen se encuentra en Asia cuando los pobladores de los deltas de los ríos asiáticos domesticaron al arroz silvestre. La productividad de los cultivos de arroz de las tierras húmedas permitió el crecimiento de la población, lo que conllevó el desarrollo de la sociedad y de la civilización.

Durante siglos, el arroz ha marcado la cultura y los hábitos alimenticios. Gracias a su diversidad de variedades, el arroz ofrece una amplia gama de sabores, aunque sea simplemente hervido o al vapor. El arroz se combina tradicionalmente con pescado, carne o legumbres tales como alubias y lentejas, según la zona. Por ejemplo, la combinación de arroz y pescado en los países asiáticos ha generado el término asociaciones “arroz-pescado”, mientras que el plato típico de Colombia es el “arroz con frijoles”. El arroz y las legumbres (por ejemplo, alubias, lentejas y garbanzos) caracterizan las cocinas del mundo desde Cajun a México, de Oriente Medio al sur de Europa. Este plato básico sigue siendo el sustento principal en muchos países.

De procedencia asiática, el arroz (*Oryza sativa* L.) se cultiva actualmente en 113 países y

⁶ Visitar: <http://www.tropicos.org/name/25509797>

en todos los continentes, salvo en la Antártida. Casi todas las culturas tienen su propio estilo de comer arroz y que estas diferentes recetas, de hecho, forman parte del patrimonio cultural mundial (FAO 2003).

❖ **Organismo donador del terminador nos:**

Dominio: *Bacteria*

Phylum: *Proteobacteria*

Clase: *Alpha Proteobacteria*

Orden: *Rhizobiales*

Familia: *Rhizobiaceae*

Género: *Agrobacterium*

Especie: *A. tumefaciens* (*Agrobacterium tumefaciens* Smith & Townsend, 1907)

La bacteria *Agrobacterium tumefaciens* es el agente causal natural de la enfermedad de la agalla de la corona (formación de tumores) en aproximadamente 140 plantas dicotiledóneas. Es un bacilo Gram negativo que se encuentra presente de forma cotidiana en el suelo. Los síntomas que produce en la plantas son causados por la inserción de una pequeña porción de ADN (t-DNA o ADN de transferencia) en las células de la planta, que es incorporada por ésta en el genoma en forma semi-aleatoria.

A. tumefaciens pertenece a la familia *Rhizobiaceae*, en la que se incluyen bacterias fijadoras de nitrógeno simbioses de algunas leguminosas.

f) País y localidad donde el OGM fue colectado, desarrollado o producido

El maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 fue desarrollado en Estados Unidos de Norteamérica por Monsanto Company y Dekalb Genetis Corporation.

Actualmente Syngenta Seeds, Inc. – Field Crops – NAFTA adquirió y posee los derechos sobre el maíz MON-ØØØ21-9.

g) Referencia documental sobre origen y diversificación del organismo receptor

- **Origen del maíz:**

Los estudios de Vavilov sobre los centros de origen de los cultivos indican que la región de Mesoamérica (Centro Primario VII) es uno de los centros más importantes en los que se originaron diversos cultivos, entre ellos el maíz.

Por su parte Harlan en 1971, redefine a los centros y no centros de domesticación de cultivos, sin embargo a la zona de Mesoamérica la mantiene como un centro de origen de la agricultura.

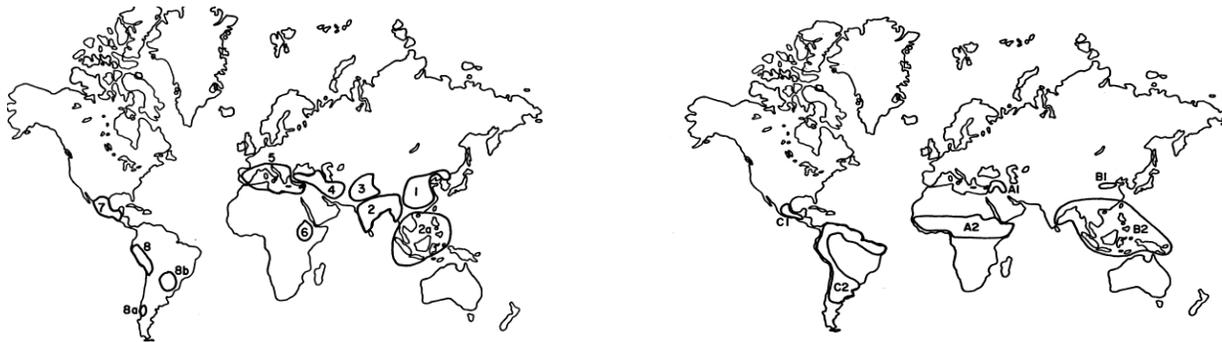


Figura 13: Mapa de los Centros de Origen de Vavilov y de los Centros de domesticación de cultivos (origen de la agricultura) de Harlan. Mesoamérica es identificada en ambos. Figuras tomadas de Harlan J.R. 1971.

Se ha especulado sobre el origen del maíz y a lo largo de la historia, se pueden reconocer cuatro teorías que han tratado de explicar el origen del cultivo (OECD, 2003).

- **Hipótesis de la descendencia a partir del Teocinte:** Esta teoría es la más antigua y propone que el maíz fue domesticado a partir del teocinte por selección humana. Esta teoría cuenta con mucha evidencia genética, molecular, arqueológica, antropológica y filogenética de soporte, por lo que actualmente es la que se mantiene vigente (Doebley J. 2004). Los estudios con marcadores microsatelitales e isoenzimas indican que el teocinte Balsas (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) es el antecesor del maíz (Piperno *et al.*, 2001) y que las poblaciones de los estados de Guerrero, Michoacán y México son las que filogenéticamente muestran más evidencia de haber sido las originarias del maíz (Matsuoka Y., *et al.*, 2002), concordando esto con las evidencias arqueológicas más recientes (Piperno DR. *et al.*, 2009)
 - **Hipótesis tripartita.** La principal afirmación de esta hipótesis es que en el pasado existió un “maíz silvestre”, extinto en el presente. Este maíz en teoría debió haber dado origen al maíz debido a cruzas con *Tripsacum*, y cruzas posteriores del teocinte con el “maíz silvestre”. Dado que al momento no existe mayor evidencia, esta hipótesis ha perdido credibilidad con el tiempo.
 - **Hipótesis del ancestro común.** Esta hipótesis propone que el maíz, el teocinte y *Tripsacum* fueron originados de un ancestro común vía evolución divergente, en consecuencia para que esta teoría funcione se debería encontrar al igual que en la hipótesis anterior un “maíz silvestre”, con lo que esta postulación es inaceptable.
 - **Hipótesis de la transmutación sexual catastrófica.** En esta hipótesis se propone que la mazorca del maíz evolucionó de la inflorescencia lateral masculina terminal del teocinte debido a una transmutación sexual epigenética en la que se involucró una condensación primaria de las ramas del teocinte. Sin embargo evidencias genéticas sobre los caracteres que mantienen separados al maíz del teocinte, hacen que esta teoría sea insostenible.
- **Diversificación del maíz:**

Como ya se mencionó en el apartado anterior el maíz fue domesticado alrededor de 9000 años atrás en el México mesoamericano a partir del teocinte (*Zea mays* ssp. *parviglumis*) (Doebley J, 2004). La evidencia molecular ha sugerido un evento único de domesticación que redujo la diversidad presente en maíz comparada al teocinte. Seguido de la domesticación, las mutaciones generaron nuevos alelos, mientras que, mediante recombinación se crearon nuevas combinaciones de alelos. Además gracias al flujo génico post-domesticación con teocinte, se incrementó, la base genética existente del maíz. La variación de las poblaciones de maíz domesticadas pudo haber sido reducida o reestructurada por deriva génica y selección, ambas natural y artificial llevadas a cabo por agricultores primitivos. Todos estos eventos resultaron en una gran cantidad de variedades nativas adaptadas a condiciones ambientales específicas así como usos deseados por el hombre (Vollbrecht E., *et al* 2005)

Durante la dispersión del cultivo de maíz, las diferentes variedades fueron adquiriendo características genéticas y morfológicas diferentes. Grupos de plantas que comparten características fueron clasificadas bajo el término de “razas”, los miembros de una raza poseen similitudes no solo morfológicas, sino

también fenotípicas, de distribución geográfica, genética, fisiológica citológica y agronómica (Vigouroux Y. *et al.*, 2008).

Uno de los estudios clásicos de la diversidad del maíz en México fue el realizado por Wellhausen y colaboradores entre (1951 y 1957) (citados por Aragón F. *et al*, 2006) en los que reportaron el origen, las características y la distribución de las razas de maíz tomando en cuenta las siguientes características:

1. Distribución geográfica,
2. Caracteres vegetativos de la planta,
3. Caracteres de la espiga,
4. Caracteres de la mazorca y
5. Caracteres fisiológicos, genéticos y citológicos.

Propusieron cinco grupos raciales para las colectas de maíz de México, determinados en función de la evaluación y caracterización morfológica, y cultural:

- **Razas Indígenas Antiguas**

Se cree que estas razas se originaron del ancestro del maíz, y difieren entre ellas por su desarrollo independiente en diferentes localidades y medios ecológicos.

Las razas de este grupo: Arrocillo Amarillo, Chapalote, Palomero Toluqueño y Nal-Tel, tienen en común las siguientes características: Endospermo tipo maíz palomero, mazorcas pequeñas y son reventadoras.

- **Razas Exóticas-Precolombinas.**

Estas razas fueron introducidas a México en épocas precolombinas de Centro y Sudamérica. Las razas de este grupo son: Cacahuacintle, Harinoso de Ocho, Olotón y Maíz Dulce. Se caracterizan por tener granos largos, grano harinoso de color blanco y suave, excepto para algunos genotipos de maíz dulce.

- **Razas Mestizas-Prehistóricas**

Se cree que estas razas son producto del cruzamiento de las razas Indígenas- Antiguas y las Exóticas Precolombinas con la introgresión de teocinte. Son Prehistóricas porque no se tiene evidencia histórica de su origen. Componen este grupo trece razas: Cónico, Reventador, Tabloncillo, Tehua, Tepecintle, Comiteco, Jala, Zapalote Chico, Zapalote Grande, Pepitilla, Olotillo, Tuxpeño y Vandeño.

- **Razas Modernas Incipientes**

Estas razas se han desarrollado desde la época de la conquista y aun no han alcanzado condiciones de uniformidad racial. Este grupo está conformado por cinco razas: Bolita, Chalqueño, Celaya, Cónico Norteño y Tablita.

- **Razas No Bien Definidas**

Estas razas son de reciente colecta y no se ha realizado una caracterización adecuada para clasificarlas. Componen este grupo 11 razas: Conejo, Mushito, Complejo Serrano de Jalisco, Zamorano Amarillo, Maíz Blando de Sonora, Onaveño, Dulcillo del Noroeste, Cristalino de Chihuahua, Blando de Sonora, Elotero de Sinaloa y Azul. Otros investigadores, han descrito y caracterizado nuevas razas de maíz: Azul, Apachito, Tuxpeño Norteño, Bofo, Onaveño, Coscomatepec, San Juan y Carmen.

h) Secuencia génica detallada del evento de transformación, incluyendo tamaño del fragmento insertado, sitio de inserción de la construcción genética, incluyendo las secuencias de los oligonucleótidos que permitan la amplificación del sitio de inserción

El inserto completo se encuentra en el genoma nuclear del maíz, las zonas flanqueantes hacia 5' y 3' del material insertado se **secuenciaron**, la organización del mismo se describe en la siguiente sección.

i) Descripción de las secuencias flanqueantes, número de copias insertadas, y los resultados de los experimentos que comprueben los datos anteriores, así como la expresión de mensajeros del evento de transformación genética, incluyendo la demostración de los resultados

El maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9, considerando el material genético insertado y las regiones flanqueantes se secuenciaron. El estudio demostró que el inserto comprende seis regiones contiguas derivadas del fragmento de restricción Not I de 3.49 kb, derivado del plásmido pDPG434, empleado para la transformación del maíz con la tecnología GA21 (copias 1-6).

- Copia 1: Contiene el promotor de la actina de arroz con una supresión de 696 pb hacia 5', también contiene el primer exón e intrón de la actina, el péptido de tránsito optimizado, el gen *mepsps* y el terminador Nos.
- Copias 2, 3 y 4: Son copias intactas del fragmento de restricción Not I de 3.49 kb derivado del plásmido pDPG434.
- Copia 5: Contiene el promotor de la actina de arroz intacto, el primer exón e intrón de la actina, el péptido de tránsito optimizado y las primeras 288 pb del gen *mepsps* que termina en un codón de paro y no posee el terminador NOS.
- Copia 6: Contiene el promotor y el primer exón truncado de la actina. No posee ningún elemento adicional del plásmido pDPG434.

Adicionalmente se llevaron a cabo ensayos de análisis de hibridación de Southern con el fin de demostrar la ausencia de copias adicionales del inserto o del esqueleto del plásmido en el genoma.

- **Estudios de los RNA mensajeros**

El análisis detallado del extremo 3' del inserto de la tecnología GA21 (copia 5 antes mencionada), estableció la presencia del promotor completo de la actina de arroz, el péptido de tránsito y un fragmento trunco del gen *mepsps*, pero no la secuencia del terminador nos. La versión trunca del gen *mepsps* termina en un codón de término de la traducción (ANZFA, 2000).

Con el fin de caracterizar mejor esta zona del inserto, se llevaron a cabo análisis de hibridación de Northern a partir de una muestra compuesta de hojas de plantas de maíz con la tecnología GA21 y de su línea isogénica. Se empleó una sonda específica del gen *epsps* cuyo transcrito esperado era de 1.8 kb, mismo que fue detectado, demostrando que se encuentra el transcrito estable para la versión completa del gen *mepsps*. El transcrito hipotético de tamaño esperado de 0.7 kb que debería observarse en el caso de que la copia 5 fuera funcional, no fue detectada, esto indica que la versión truncada no produce un transcrito estable funcional (EFSA, 2007). Adicionalmente mediante

Western blot se demostró que existe una banda única de la proteína mEPSPS de tamaño completo y esperado.

Por otro lado, tomando como base los estudios de secuenciación, se llevaron a cabo estudios bioinformáticos con el fin de identificar los posibles marcos de lectura (ORF por sus siglas en inglés, Open Reading Frames) que se pudieran haber creado dentro del inserto de GA21.

Un posible marco de lectura abierto se definió bajo las posibles siguientes combinaciones:

1. Que comience con un ATG y termine con alguno de los tres codones de término y
2. Que codifique para una proteína de un tamaño mínimo de 50 aminoácidos
3. Fragmentos del casete en el maíz con la tecnología GA21 o entre el fragmento insertado y el ADN vegetal o
4. Que comience con un ATG creado de una mutación con relación a la transformación

De estos, dos se encontraron dentro de la secuencia de ADN hacia el extremo 3'. Debido a la proximidad de estos posibles ORFs con el primer exón de la actina de arroz, se examinaron para conocer su homología con alérgenos o toxinas. No se encontró homología alguna. Los otros dos posibles ORFs se identificaron hacia el extremo 5' del inserto, dentro de la zona flanqueante, fueron analizados al igual que los anteriores y no se encontró homología alguna en la base de datos empleada.

El análisis bioinformático se llevó a cabo para evaluar los posibles ORFs que se pudiesen haber creado en el inserto del maíz con la tecnología GA21.

Usando un criterio de búsqueda conservador se puede concluir que los cinco posibles ORFs encontrados en el empalme del inserto con el ADN vegetal no muestran homologías significativas a algunas proteínas y alérgenos conocidos.

Además, se respondió a la búsqueda de posibles ORFs creados en el inserto, entre y dentro de los fragmentos insertados. Esto reveló un posible ORF creado en el empalme entre los fragmentos 5 y 6. Del análisis de los datos se concluye que los ORF carecen de componentes necesarios para transcribir y que los ORFs no muestran homología a proteínas y alérgenos conocidos o proteínas tóxicas (EFSA, 2007).

j) Mapa de la construcción genética, tipo de herencia de los caracteres producto de los genes insertados, expresión de las proteínas y localización de las mismas

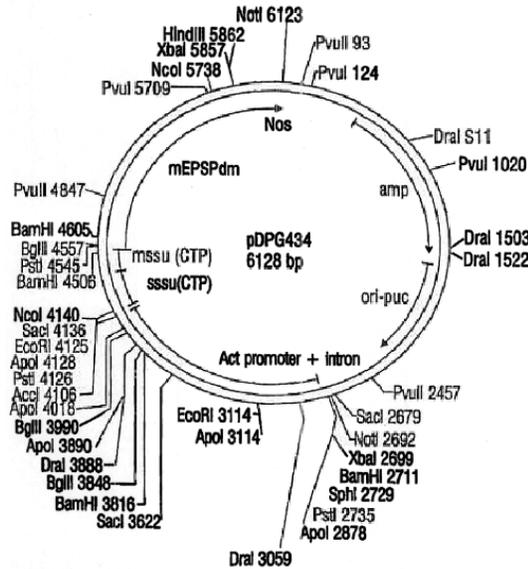


Figura 14: Mapa del plásmido pDPG434 en el que se resumen los elementos genéticos que estaban presentes previo a la restricción con NotI (Spencer et al., 1998).

• **Plásmido pDPG434**

El plásmido **pDPG434** es derivado de un vector pSK, que se usa habitualmente en biología molecular y deriva del plásmido pUC (Short et al. 1998), fue el utilizado en el evento de transformación. Este plásmido pDPG434 contiene el gen endógeno aislado de la línea donante de maíz AT-824 (suspensión de células) de la enzima 5-enol-piruvilshikimato-3-fosfato sintasa (proteína denominada *mepsps*), modificado por mutagénesis, denominado *mepsps*, e insertado dentro de la línea mejorada de maíz NL054B. Antes de la transformación, el plásmido vector fue tratado con la endonucleasa de restricción NotI para remover del fragmento los genes *bla*, *lac* y el origen de replicación *ColEI*. La expresión constitutiva del gen *mepsps* fue controlada por el promotor del gen actinal del arroz, modulado por el primer intrón y exón del gen actinal del arroz, el péptido de transición optimizado (PTO) derivado de maíz y girasol y la señal de poliadenilación del gen de la nopalina sintasa de *Agrobacterium tumefaciens*.

El plásmido pDPG434 también contenía el gen de la beta-lactamasa (*bla*), utilizado como un marcador para selección de células bacterianas transformadas. El gen *bla* codifica para la enzima beta-lactamasa, que confiere resistencia a algunos antibióticos beta-lactámicos, incluida la penicilina de espectro moderado y ampicilina. Este gen sin un promotor vegetal no se expresa en células vegetales. Otros

componentes genéticos incorporados incluyeron un gen no funcional *lacZ*, que codifica parte de la enzima beta-galactocidasa; y el origen de repetición derivado del plásmido de *E. coli*.

- **Tipo de Herencia de los caracteres insertados**

La segregación de la progenie del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 se evaluó y se llevaron a cabo análisis estadísticos que confirmaron que la proporción en que se hereda el gen *mepsps* es Mendeliana tal como se esperaba, demostrando así que la inserción tuvo lugar en el genoma nuclear del maíz.

Los análisis de ADN por hibridación de Southern de múltiples generaciones de plantas de maíz con la tecnología GA21 demostraron dos cosas: que hay un sitio único de inserción y que el material insertado se mantiene estable a lo largo de varias generaciones.

Tabla 6: Segregación del gen *epsps* en maíz MON-ØØØ21-9. Fuente de datos: Monsanto Co. *et al.*, 1997.

Generación ¹	Observada	Esperada	χ^2
BC0F1	64:52	58:58	1.04a
BC1F1	180:165	172.5:172.5	0.57a
BC2F1	55:62	58.5:58.5	0.31a
BC3F1	108:77	92.5:92.5	4.86b
BC4F1	77:76	76.5:76.5	0.00a
BC5F1	60:40	50:50	3.61a
BC5F2	731:262	744.75:248.25	0.94a

Notas: 1: Datos expresados como plantas tolerantes: plantas susceptibles al herbicida glifosato

a: no significativa a $p=0.05$ ($X^2=3.84$, 1df)

b: Significativa a $p=0.05$ ($X^2=3.84$, 1df), no significativa a $p=0.01$ ($X^2=6.63$)

- **Localización y expresión de las proteínas.**

Se llevaron a cabo estudios de cuantificación de la expresión de la proteína *mepsps* por el método de ELISA en cuatro estados de desarrollo: emergencia, anthesis, madurez de la semilla y senescencia, en Estados Unidos de Norteamérica y en la Unión Europea.

En plantas que fueron sembradas en Estados Unidos, se encontraron concentraciones cuantificables de la proteína *mepsps*, en la mayoría de los tejidos de plantas de maíz con la tecnología GA21. En general en todas las etapas de desarrollo, las concentraciones promedio cuantificadas en hojas, raíces y planta total se encontraron entre el límite de cuantificación (<0.2 $\mu\text{g}/\text{gramo}$ de tejido fresco) a aproximadamente 15 $\mu\text{g}/\text{gramo}$ de tejido fresco. La concentración promedio de la proteína *mepsps*

en granos se encontró entre 4-7 μg / gramo de tejido fresco, mientras que en polen el promedio fue de 168 μg / gramo de tejido fresco.

En la Unión Europea los promedios de cuantificación en base a gramo de tejido fresco fueron: en hojas 5.92-18.69 μg /gramo y en raíz: 2.09-5.48 μg /g. La concentración media de la proteína *mepsps* en planta completa varió entre 5.62 y 10.15 μg /g, mientras que en grano fue de 5.85-6.78 μg /g y finalmente en polen fue de 99.81-101.58 μg /g, todos en base a tejido fresco.

También se llevaron a cabo análisis de proteínas mediante western blot empleando seis anticuerpos policlonales diferentes anti-EPSPS. Se demostró que los niveles en que la proteína se expresa son en un estimado 24 veces más altos que su comparador, la EPSPS nativa, que debido a la alta homología con la modificada, los anticuerpos la reconocen.

En este estudio no se observó inmunorreacción positiva para EPSPS en el rango de los 10 kDa o menor, indicando así que el fragmento trunco de la copia 5 (antes mencionada) no produce ninguna proteína (EFSA, 2007) .

k) Descripción del método de transformación

El maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 fue desarrollado mediante transformación por aceleración de micropartículas (biobalística) donde el ADN se precipita en partículas microscópicas de oro que son luego puestas sobre un macroportador y aceleradas a alta velocidad hacia las células vegetales embriogénicas de maíz en donde el ADN es depositado e incorporado al cromosoma. Con la posterior regeneración en un medio selectivo. Para la transformación se empleó un plásmido único denominado pDPG434, que contenía una copia sintética trunca del gen *m-epsps* que codifica para la proteína EPSPS. Previo a la transformación, el plásmido fue restringido con la enzima de restricción NotI con el fin de remover el gen *bla*⁷ de la beta lactamasa que se empleó como marcador de resistencia en las etapas tempranas del desarrollo del plásmido, con el fin de que el fragmento empleado en la transformación únicamente contuviera el gen *m-epsps*.

l) Descripción, número de copias, sitios de inserción y expresión de las secuencias irrelevantes para la expresión de la modificación genética y en su caso, la identificación de los efectos no esperados

No aplica, no se insertó ninguna secuencia no esperada.

m) Secuencia de aminoácidos y de las proteínas novedosas expresadas por el OGM, tamaño del producto del gen, expresión de copias múltiples

El gen *m-epsps* presente como en el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 es una versión sintética y modificada del gen completo inicialmente aislado de maíz, por lo que la proteína expresada posee modificaciones que la hacen mínimamente diferente a la EPSPS nativa. Dichas modificaciones consisten en cambios en dos aminoácidos específicos que le confieren a la enzima la resistencia a ser inactivada por el glifosato. La proteína completa esperada es de 570 aminoácidos (Spencer TM et al., 1998), mientras que la proteína secuenciada madura es de 445 aminoácidos, teniendo un tamaño aproximado de 47.4 KDa. La proteína mEPSPS es 99.3 % idéntica a la nativa. Las modificaciones realizadas al gen *mepsps* incluyeron la fusión a un péptido de tránsito optimizado (125 aminoácidos) que permite el direccionamiento celular de la proteína mEPSPS a los cloroplastos, organelo en el que la ruta metabólica del shikimato y el glifosato actúan, dicho péptido es removido en el organelo. La secuencia del péptido de tránsito al cloroplasto es derivado de los genes de la 1,5-bifosfato carboxilasa oxigenasa (RuBisCo) del maíz y del girasol. La proteína se expresa debido a tres copias completas del gen (Para mayor información, favor de revisar el apartado i) *Descripción de las secuencias flanqueantes, número de copias insertadas, y los resultados de los experimentos que comprueben los datos anteriores, así como la expresión de mensajeros del evento de transformación genética, incluyendo la demostración de los resultados*).

⁷ El gen *bla* también es denominado *amp* por conferir resistencia a la ampicilina.
© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

n) Rutas metabólicas involucradas en la expresión del transgen y sus cambios

- **Ruta metabólica del Ácido shikímico**

La enzima 3-fosfoshikimate 1-carboxiviniltransferasa sintasa (EPSPS) (EC 2.5.1.19) cataliza el sexto paso en la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos a partir del corismato (ruta del shikimato), en bacterias, plantas y hongos (en los que es parte de pasos consecutivos en la misma ruta metabólica). La EPSPS ha sido ampliamente estudiada y es la enzima blanco del herbicida glifosato, que la inhibe.

La secuencia de la EPSPS de varios organismos ha mostrado que la estructura cuaternaria de la enzima se ha mantenido bien conservada a lo largo de la evolución. Existen dos patrones conservados importantes para su funcionamiento, la primera región corresponde al sitio activo de la enzima, mismo que es importante para la resistencia al glifosato (Padgett SR., *et al.*, 1991); mientras que el segundo patrón conservado se haya hacia la porción C-terminal de la proteína y posee una lisina conservada que es importante para la actividad de la enzima⁸.

La enzima EPSPS no está presente en los animales, y en las plantas, se localiza en los plastidios. La enzima posee una especificidad rígida hacia sus sustratos que son: ácido fosfoenolpirúvico (PEP) y ácido 3-fosfoshikímico y los condensa al ácido 5-enolpiruvil-3-fosfonoshikímico. El producto de la reacción es empleado como sustrato por otras enzimas inmediatamente para producir ácido corísmico, que desencadena en ácido antranílico (un precursor del triptófano) y por rearrreglos en ácido prefénico (precursor de la fenilalanina y tirosina).

Aún cuando el glifosato (N-fosfometil-glicina) es un inhibidor competitivo reversible de la enzima EPSPS con respecto al ácido fosfoenolpirúvico (PEP), no inhibe a otras reacciones enzimáticas PEP-dependientes. Sin embargo es no es un inhibidor de la EPSPS con respecto al ácido 3-fosfoshikímico.

Como consecuencia se produce una inhibición de la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos, se bloquea la síntesis de proteínas, resultando en la muerte de la planta. Mientras que algunos de los productos siguientes de la reacción catalizada por la EPSPS, aminoácidos y vitaminas son estrictamente esenciales para el crecimiento de los organismos vivos, algunos metabolitos secundarios derivados de la ruta del shikimato pueden tener valor específico para los organismos sobrevivientes que los produzcan (OECD, 1999).

- **Expresión de la proteína m-epsps:**

El gen *mepsps* codifica para una enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa doble mutada (*mepsps*), aislada del maíz (*Zea mays* L.). La 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS) nativa es una enzima clave en la ruta del ácido shikímico para la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano en plantas y microorganismos (Steinrucken y

⁸ Para mayor información de las características bioquímicas de la proteína favor de visitar: <http://www.expasy.org/cgi-bin/nicezyme.pl?2.5.1.19>

Amrhein, 1980). Las plantas de maíz transformadas con el gen *mepsps*, como expresión en el maíz con la tecnología GA21, presenta tolerancia al glifosato (Spencer *et al.*, 1998; Lebrun *et al.*, 2003). El glifosato se une e inactiva específicamente a la EPSPS, interrumpiendo la síntesis de aminoácidos aromáticos y causando la muerte de la planta.

La *mepsps* tiene baja afinidad con el glifosato. Las concentraciones del glifosato requeridas para llegar a un 50% de inhibición de la actividad de la EPSPS fueron determinadas en 5 mM y 300 mM para el EPSPS del maíz convencional y para el *mepsps*, respectivamente. Esto establece que la enzima *mepsps* tiene una significativa reducida afinidad por el glifosato cuando se compara con la enzima de maíz convencional. Las plantas que expresan la proteína *mepsps* no fueron afectadas por la exposición al glifosato.

El metabolismo general de la planta de maíz no se ve modificado por la expresión de la proteína mEPSPS se presentan datos de caracterización composicional que sirven como medida directa del metabolismo vegetal.

o) Productos de degradación de la proteína codificada por el transgen en subproductos

El gen *mepsps* codifica la proteína mEPSPS, la cual confiere tolerancia a los herbicidas que contienen glifosato. Las proteínas EPSPS son ubicuas en la naturaleza y por lo tanto estarán naturalmente presentes en los alimentos que deriven de fuentes vegetales y microbianas. Esta proteína es degradada rápidamente en ensayos de digestibilidad *in vitro* (Graser 2005). También es sensible al calor y al procesamiento (Kramer 2005; Hill 2005), por lo que no se esperan productos de degradación diferentes de aquellos que normalmente se encuentran en procesos proteolíticos en la naturaleza.

p) Secuencia nucleotídica de las secuencias reguladoras incluyendo promotores, terminadores y otras, y su descripción, número de copias insertadas, pertenencia de éstas secuencias a la especie receptora, inclusión de secuencias reguladoras homólogas a la especie receptora

El material genético insertado en el evento MON-ØØØ21-9, se resume brevemente en la siguiente tabla:

Tabla 7: Elementos funcionales presentes en el ácido nucleico insertado en las plantas de maíz con la tecnología GA21 con tamaño aproximado.

Elemento	Tamaño aprox. (Kb)	Origen y función
Promotor e intrón de actina del arroz	1.4	Región 5' del gen <i>actina 1</i> del arroz (<i>Oryza sativa</i>) que contiene el promotor, el primer exón y el primer intrón (McElroy <i>et al.</i> , 1990). Proporciona la expresión constitutiva del gen <i>mepsps</i> .
Péptido de tránsito optimizado (PTO)	0.4	Péptido N-terminal de tránsito al cloroplasto (CTP) basado en las secuencias de CTP de girasol (<i>Helianthus annuus</i>) y maíz (<i>Zea mays</i>). Dirige la proteína modificada 5-enolpiruvilshikimato-3-fosfato sintasa (<i>mepsps</i>) al cloroplasto (Lebrun, <i>et al.</i> , 1996)
Gen mutado del maíz <i>epsps</i>	1.3	Secuencia que codifica para la proteína <i>mepsps</i> en el maíz modificado <i>Zea mays</i> L., que confiere tolerancia al i.a. glifosato (Lebrun <i>et al.</i> , 2003).
Extremo nos 3'	0.3	Región 3' no traducible del gen nopalina sintasa del ADN-T de <i>Agrobacterium tumefaciens</i> , que termina la transcripción y dirige la poliadenilación del ARNm (Depicker <i>et al.</i> , 1982).

Esta información ya se describió anteriormente i) *Descripción de las secuencias flanqueantes, número de copias insertadas, y los resultados de los experimentos que comprueben los datos anteriores, y para mayor información.*

- **Regiones Codificadoras**

- **Gen m-epsps:**

El gen *mepsps* codifica para una enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa doble mutada (mEPSPS), aislada del maíz (*Zea mays* L.).

El fragmento tiene un tamaño de 1.34 Kb. Las modificaciones realizadas al gen *mepsps* incluyeron: mutagénesis puntual para disminuir la sensibilidad de la enzima al glifosato y la fusión a un péptido de tránsito optimizado que permite el direccionamiento celular de la proteína mEPSPS a los cloroplastos, organelo en el que la ruta metabólica del shikimato se lleva a cabo. La secuencia del péptido de tránsito al cloroplasto es derivado de los genes de la 1,5-bifosfato carboxilasa oxigenasa (RuBisCo) del maíz y del girasol.

- **Regiones No Codificadoras**

- **Promotor de la actina de arroz:**

Con el fin de dirigir la expresión del gen insertado se empleó la secuencia 5' del promotor de la actina 1 de arroz, que incluye el primer intrón. (McElroy D. *et al*, 1990). Este promotor promueve la expresión constitutiva de la proteína en todos los tejidos de la planta de maíz.

- **Terminadores:**

El terminador NOS está constituido por los pares de bases 423-678 del gen de la nopalina-sintasa de *Agrobacterium tumefaciens*, (Bevan, *et al*, 1983) con la adición de sitios de restricción. Estas regiones son necesarias para que la maquinaria de traducción reconozca el fin del gen.

q) Patogenicidad o virulencia de los organismos donadores y receptores

- ***Zea mays subsp. mays L***

Tomando en cuenta las definiciones de patogenicidad⁹ y virulencia¹⁰, y la información presentada en los incisos anteriores se puede asegurar que en el caso del maíz no existe evidencia científica alguna de que se pueda comportar como patógeno de ningún grupo biológico, es más el uso de éste cultivo por más de 9,000 años como fuente primordial de alimento entre las culturas mesoamericanas avalan esta afirmación. Aún cuando el uso seguro del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 ya ha sido probado por diversas entidades regulatorias a continuación se presenta un breve resumen sobre las características patogénicas o virulentas de los organismos donadores.

El maíz con la tecnología GA21 expresa la proteína mepsps, la cual confiere tolerancia a los herbicidas que contienen glifosato. El organismo receptor y donador, el maíz, posee una larga historia de su uso seguro en el mundo. Ninguna de las secuencias de genes introducidas en las plantas de maíz con la tecnología GA21, o sus donadores ha sido identificada por ser patogénicos al hombre. La proteína mepsps que proviene de *Zea mays* muestra más de un 99.3% de homología con la proteína EPSPS de maíz, y es expresada en niveles extremadamente bajos en la planta (Hill 2006). Las proteínas EPSPS son ubicuas en la naturaleza y por lo tanto estarán naturalmente presentes en los alimentos que deriven de fuentes vegetales y microbianas. Esta proteína no posee una homología de aminoácidos significativas respecto de proteínas conocidas como toxinas o alérgenos para mamíferos (Harper 2007 y 2008a) y es degradada rápidamente en ensayos de digestibilidad in vitro

⁹ **Patógeno:** (del griego *pathos*, enfermedad y *genein*, engendrar) es toda aquella entidad biológica capaz de producir enfermedad o daño en la biología de un huésped (humano, animal, vegetal, etc.) sensiblemente predisuesto. El mecanismo de la patogenicidad ha sido muy estudiado y tiene varios factores, algunos de los cuales son dependientes del agente patógeno y otros del huésped.

¹⁰ **Virulencia:** designa el carácter patológico, nocivo de un microorganismo, como una bacteria, hongo o virus.

(Graser 2005). También es sensible al calor y al procesamiento (Kramer 2005; Hill 2005). Se desarrollaron estudios que comparan la composición de plantas de maíz con la tecnología GA21 con plantas no GM. Todos los estudios llegan a la conclusión que el maíz GM es substancialmente equivalente al maíz convencional (Kramer y De Fontes, 2005). Además el maíz con la tecnología GA21 ya se encuentra aprobado para su uso en alimentación humana y animal en muchos países del mundo y no se ha reportado efectos adversos.

Por lo tanto para el caso del maíz con la tecnología GA21, tanto la planta como la nueva proteína tienen un historial de consumo seguro por el hombre y animales. Además de esto, se llevó a cabo un estudio de toxicidad oral aguda con la proteína mepsps. El estudio confirmó que la proteína no produce toxicidad aguda en ratones, en pruebas de altas dosis. Los resultados mostraron que no hubo efectos sobre la condición clínica, peso corporal, consumo de alimento, patologías clínicas, peso de órganos, patologías macroscópicas y microscópicas que fueran relacionadas a la administración de la proteína en ratones machos y hembras (Barnes 2005); confirmando nuevamente el perfil no tóxico de esta proteína.

Las toxinas son conocidas por actuar vía mecanismos agudos a bajas dosis (Sjoblad et al., 1992) y no acumularse, el test de toxicidad aguda fue apropiado para confirmar la seguridad de la proteína mepsps. Esta proteína es digerida rápidamente, esto demuestra la falta de toxicidad aguda y la no homología con toxinas conocidas. Por lo tanto podría ser considerada no tóxica y con muy baja probabilidad de riesgo a la salud del hombre y los animales. Por esto no se consideró necesario otros estudios toxicológicos adicionales para demostrar la seguridad de la expresión de la nueva proteína.

En resumen, las proteínas EPSPS incluyendo a mepsps expresadas en el maíz con la tecnología GA21 no presentan características que indiquen un potencial riesgo para la salud, estas tienen un historial de uso seguro y los estudios realizados a la fecha lo han corroborado; por lo tanto puede considerarse la mepsps como una proteína no riesgosa.

- ***Agrobacterium tumefaciens*** Smith & Townsend, 1907

La bacteria *Agrobacterium tumefaciens* es el agente causal natural de la enfermedad de la agalla de la corona (formación de tumores) en aproximadamente 140 plantas dicotiledóneas. Es un bacilo Gram negativo que se encuentra presente de forma cotidiana en el suelo. Los síntomas que produce en la plantas son causados por la inserción de una pequeña porción de ADN (t-DNA o ADN de transferencia) en las células de la planta, que es incorporada por ésta en el genoma en forma semi-aleatoria. No existen reportes de patogenicidad hacia otros grupos de seres vivos.

r) Genes de selección utilizados durante el desarrollo del OGM y el fenotipo que confiere estos genes de selección, incluyendo el mecanismo de acción de estos genes;

- **Ausencia del gen *bla* (*amp*) de la beta-lactamasa**

Previamente a la transformación, y con el fin de eliminar los genes *bla*, *lac* y el origen de replicación *ColE1*, el plásmido vector fue tratado con la endonucleasa de restricción NotI.

Para demostrar la ausencia del gen *bla* (*amp*) en el evento de transformación MON-ØØØ21-9, se procedió a digerir la totalidad del ADN con la enzima de restricción *EcoRV*, con posterior separación por tamaño de los fragmentos mediante electroforesis en gel de agarosa. Después de transferir el ADN a las membranas de nylon, se procedió a hibridar con un fragmento pUC19, plásmido que dio origen al pDPG434, a fin de llevar a cabo un análisis de Southern-blot y determinar la ausencia de los elementos presentes en el plásmido pDPG434, incluyendo la región *amp*.

Resultado del análisis Southern-blot, la hibridación del ADN del maíz con la tecnología GA21 (MON-ØØØ21-9) con el fragmento pUC19 no dio como resultado ninguna señal positiva, y por consiguiente demuestra la ausencia del gen *amp* en el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9.

s) Número de generaciones que mostraron estabilidad en la herencia del transgen

Los resultados obtenidos mediante análisis de hibridación de Southern demostraron que el locus transgénico en el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 se mantiene estable a lo largo de varias generaciones, para llevar a cabo los experimentos de hibridación se emplearon sondas específicas de los genes y los patrones de hibridación que se presentaron a lo largo de varias generaciones fueron idénticos.

Adicionalmente la estabilidad de la expresión de la proteína mEPSPS se evaluó. Las semillas de tres generaciones de retrocruzas fueron sembradas en condiciones de invernadero, se colectaron hojas en la etapa de antesis, con el fin de cuantificar las concentraciones de la proteína mEPSPS. La concentración media a lo largo de todas las generaciones de retrocruzas fue aproximadamente de 13—14 µg/g de tejido fresco (82—96 µg/g en base seca). En general las concentraciones de mEPSPS fueron similares a lo largo de las generaciones evaluadas, demostrando con esto que la expresión del fenotipo de interés se mantiene estable a lo largo de múltiples generaciones.

t) Referencia bibliográfica sobre los datos presentados.

Con fines de mantener un estilo científico uniforme, toda la bibliografía empleada se presenta al final en un apartado específico, se pide amablemente al lector referirse a él.

II. IDENTIFICACIÓN DE LA ZONA O ZONAS DONDE SE PRETENDA LIBERAR EL OGM**a) Superficie total del polígono o polígonos donde se realizará la liberación**

Se pretende hacer la liberación experimental dentro de 3 predios (polígonos) dentro del Estado de Tamaulipas. La superficie de liberación experimental total, dónde se desarrollarán los ensayos experimentales, es de 1.8 hectáreas; es decir, 0.6 hectáreas por predio, superficie dónde se realizarán los 3 protocolos experimentales. Para conocer la superficie de cada uno de los predios, por favor referirse al siguiente inciso.

b) Ubicación, en coordenadas UTM, del polígono o polígonos donde se realizará la liberación

Los predios o polígonos dónde se pretende realizar la liberación se encuentran en el municipio de Rio Bravo y Díaz Ordaz, dentro del Estado de Tamaulipas (Ver Figura 24).

c) Descripción de los polígonos donde se realizará la liberación y de las zonas vecinas a éstos según las características de diseminación del OGM de que se trate

1. Listado de especies sexualmente compatibles y de las especies que tengan interacción en el área de liberación y en zonas vecinas a éstos.

Tabla 8. Presencia de especies sexualmente compatibles en las cercanías al sitio. Fuente de datos: Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM), 2008.

Colección	Número de catálogo	Genero	Especie	Autor	Categoría	Raza	Estado	Localidad	Longitud	Latitud	Altitud	Año de colecta
SNIB	ND	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	En milpas de San Pablo	-99,2	23,08333	1160	1989
SNIB	7819	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	LIERA	-99,0086	23,30833	240	1985
SNIB	3477	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	INIA-ALDAMA	-98,0736	22,91944	9999	1980
SNIB	3478	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	INIA-ALDAMA	-98,0736	22,91944	9999	1980
CYMMYT	TAMAUL 37	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	PRIMERO DE MAYO	-99,4667	24,28333	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 25	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	CONRADO CASTILLO	-99,65	24,55	291	1953
CYMMYT	TAMAUL 30	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	MAGUEYES	-99,65	24,55	291	1953
CYMMYT	TAMAUL 2	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	LLERA DE CANELAS	-99,0167	23,3	213	1943
CYMMYT	TAMAUL 21	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	SAN JUANA	-99,4833	24,26667	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 8	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	RANCHO NUEVO	-99,3333	22,81667	348	1953
CYMMYT	TAMAUL 24	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	SAN JUANA	-99,4833	24,26667	285	1953
CYMMYT	TAMAUL GP1	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	CORRADO CASTILLO	-99,65	24,55	291	1961
CYMMYT	TAMAUL GP2	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	GUADALUPE	-99,6333	24,55	291	1961
CYMMYT	TAMAUL GP3	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	LLERA DE CANELAS	-99,0167	23,3	213	1961
CYMMYT	TAMAUL GP4	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	CINCO DE MAYO	-99,4833	24,26667	285	1961
CYMMYT	TAMAUL GP5	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	PASO REAL DE MORELOS	-99,3167	22,83333	348	1961
CYMMYT	TAMAUL 39	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	EL JOBO	-99,3167	22,83333	348	1953
CYMMYT	TAMAUL 41	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	PASO REAL DE MORELOS	-99,3167	22,83333	348	1953
CYMMYT	TAMAUL 28	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	GUADALUPE	-99,6333	24,55	291	1953
CYMMYT	TAMAUL 9	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	RANCHO NUEVO	-99,3333	22,81667	248	1953
CYMMYT	TAMAUL 1	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	EJIDO LAS RUSIAS	-97,55	25,86667	46	1943
CYMMYT	TAMAUL 4	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	CIUDAD VICTORIA	-99,1333	23,73333	335	1950
CYMMYT	TAMAUL 10	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	EL BARRETAL	-99,1	24,08333	336	1953
CYMMYT	TAMAUL 20	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	CINCO DE MAYO	-99,4833	24,26667	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 27	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	BOREAL CENTRAL	-99,65	24,55	291	1953
CYMMYT	TAMAUL 44	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	SANTA ANITA	-99,35	26,78333	46	1952
CYMMYT	TAMAUL 45	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	SANTA ROSA	-99,35	26,78333	46	1953
CYMMYT	TAMAUL 3	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	LLERA DE CANELAS	-99,0167	23,3	213	1943
CYMMYT	TAMAUL 26	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	CORRADO CASTILLO	-99,65	24,55	291	1953
CYMMYT	TAMAUL 29	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	GUADALUPE	-99,6333	24,55	291	1953
CYMMYT	TAMAUL 32	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	PURISIMA FLORENA	-99,4667	24,41667	374	1953
CYMMYT	TAMAUL 36	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	LA PIRAHUA	-98,4667	24,25	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 46	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	LA PAZ	-99,35	26,78333	46	1951
CYMMYT	TAMAUL 16	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	CARMEN	Tamps.	BARBOSA	-99,4833	24,25	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 34	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	MIGUEL HIDALGO	-99,4833	24,46667	374	1953
CYMMYT	TAMAUL 18	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	BARBOSA	-99,4833	24,25	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 33	<i>Zea</i>	<i>mays</i>	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	PURISIMA FLORENA	-99,4667	24,41667	374	1953

CYMMYT	TAMAUL 129	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	DZIT-BACAL ND	Tamps.	OCAMPO	-99,3167	22,83333		1974
CYMMYT	TAMAUL 66	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.		-98,95	26,21667		9999
CYMMYT	TAMAUL 125	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	TAMPICO	-97,85	22,23333	153	1974
CYMMYT	TAMAUL 2A	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	LLERA DE CANELAS TULA	-99,0167	23,3		1943
CYMMYT	TAMAUL 115	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.		-99,7167	23		9999
CYMMYT	TAMAUL 117	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	TULA	-99,7167	23		9999
CYMMYT	TAMAUL 120	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	PALMILLAS	-99,55	23,3		9999
CYMMYT	TAMAUL 118	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	PALMILLAS	-99,55	23,3		9999
CYMMYT	TAMAUL 146	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	OCAMPO	-99,3167	22,83333		1977
CYMMYT	TAMAUL 131	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	OCAMPO	-99,3167	22,83333		1974
CYMMYT	TAMAUL 11	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	EL BARRETAL	-99,1	24,08333	336	1953
CYMMYT	TAMAUL 12	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	EL BARRETAL	-99,1	24,08333	336	1953
CYMMYT	TAMAUL 15	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	BARBOSA	-99,4833	24,25	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 17	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	BARBOSA	-99,4833	24,25	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 23	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	LA SAN JUANA	-99,4833	24,26667	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 35	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	SAN MATIAS	-99,4667	24,25	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 38	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	OYAMA	-99,4667	24,25	285	1953
CYMMYT	TAMAUL 62	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	GUemez	-99	23,91667		9999
CYMMYT	TAMAUL 67	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	CIUDAD MANTE	-98,9667	22,98333		9999
CYMMYT	TAMAUL 64	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	GUemez	-99	23,91667		9999
CYMMYT	TAMAUL 65	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	TUXPEÑO	Tamps.	GONZALEZ	-98,4333	22,81667		9999
CYMMYT	TAMAUL 74	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	GUemez	-99	23,91667		1969
CYMMYT	TAMAUL 71	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	MATAMOROS	-97,5	25,88333		1969
CYMMYT	TAMAUL 73	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	OCAMPO	-99,3167	22,83333		1969
CYMMYT	TAMAUL 75	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	OCAMPO	-99,3167	22,83333		9999
CYMMYT	TAMAUL 76	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	OCAMPO	-99,3167	22,83333		9999
CYMMYT	TAMAUL 72	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	OCAMPO	-99,3167	22,83333		1969
CYMMYT	TAMAUL 63	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	SOTO LA MARINA	-98,2167	23,76667		9999
CYMMYT	TAMAUL 13	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	URSULO GALVAN	-99,1333	24,08333	336	1953
CYMMYT	TAMAUL 119	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	PALMILLAS	-99,55	23,3		9999
CYMMYT	TAMAUL 77	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	OCAMPO	-99,3167	22,83333		9999
CYMMYT	TAMAUL 90	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	SOTO LA MARINA	-98,2167	23,76667		9999
CYMMYT	TAMAUL 87	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	LLERA DE CANALES	-99,0167	23,3		9999
CYMMYT	TAMAUL 86	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	LLERA DE CANALES	-99,0167	23,3		9999
CYMMYT	TAMAUL 98	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	TAMPICO	-97,8667	23,05		9999
CYMMYT	TAMAUL 97	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	TAMPICO	-97,8667	23,05		9999
CYMMYT	TAMAUL 94	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	LLERA DE CANALES	-99,0167	23,3		9999
CYMMYT	TAMAUL 88	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	CIUDAD VICTORIA	-99,1333	23,73333		9999
CYMMYT	TAMAUL 96	Zea	mays	L., 1753	Subesp.	ND	Tamps.	GONZALEZ	-98,7167	23,36667	100	9999

2. Descripción geográfica

○ Localización geográfica

❖ Río Bravo¹¹

El municipio de Río Bravo está en la parte Noreste del estado de Tamaulipas y pertenece a la Subregión Reynosa No. 2. Forma parte del sistema regional de la cuenca del Río Bravo y posee una extensión territorial de 1,562.94 Km² que representa 2.68% del total estatal. Colinda al norte con los Estados Unidos de Norteamérica por medio del Río Bravo; al sur, con los municipios de San Fernando y Méndez; al oriente, con los municipios de Valle Hermoso y Matamoros y, al Poniente, con el municipio de Reynosa. La cabecera municipal, situada en la ciudad de Río Bravo, se localiza a los 25° 59' de latitud Norte y a los 98° 06' de longitud Oeste, a una altitud de 139 msnm. Río Bravo cuenta con una extensión ejidal de 16,216 ha, de las cuales 78 están destinadas para uso común, 15,869 son áreas parceladas y 269 corresponden al centro de población

❖ Díaz Ordaz¹²

El municipio está ubicado en la parte norte de Tamaulipas; la cabecera municipal se encuentra en la Cd. de Gustavo Díaz Ordaz, que se localiza a los 26° 14' de latitud norte y a los 98° 36' de longitud oeste, a una altura de 68 m. sobre el nivel del mar. El municipio está ubicado en la parte norte de Tamaulipas; limita al Norte con los estados de Norteamérica, a través del Río Bravo; al Sur con el Estado de Nuevo León; al Este con el Municipio de Reynosa y al Oeste con el de Camargo. Está integrado por 48 localidades, siendo las de mayor importancia: Díaz Ordaz (cabecera municipal), Congregación Valadeces, Venecia y Villarreales. Su extensión territorial es de 394.86 km², que representa el 0.33 por ciento del total estatal, limita al Norte con los Estados Unidos de Norteamérica a través del Río Bravo; al Sur con el Estado de Nuevo León; al Este con el Municipio de Reynosa y al Oeste con el de Camargo.

¹¹ Visitar: <http://www.oedrus-tamaulipas.gob.mx/>

¹² Visitar: <http://www.gustavodiazordaz.gob.mx/historia.html>

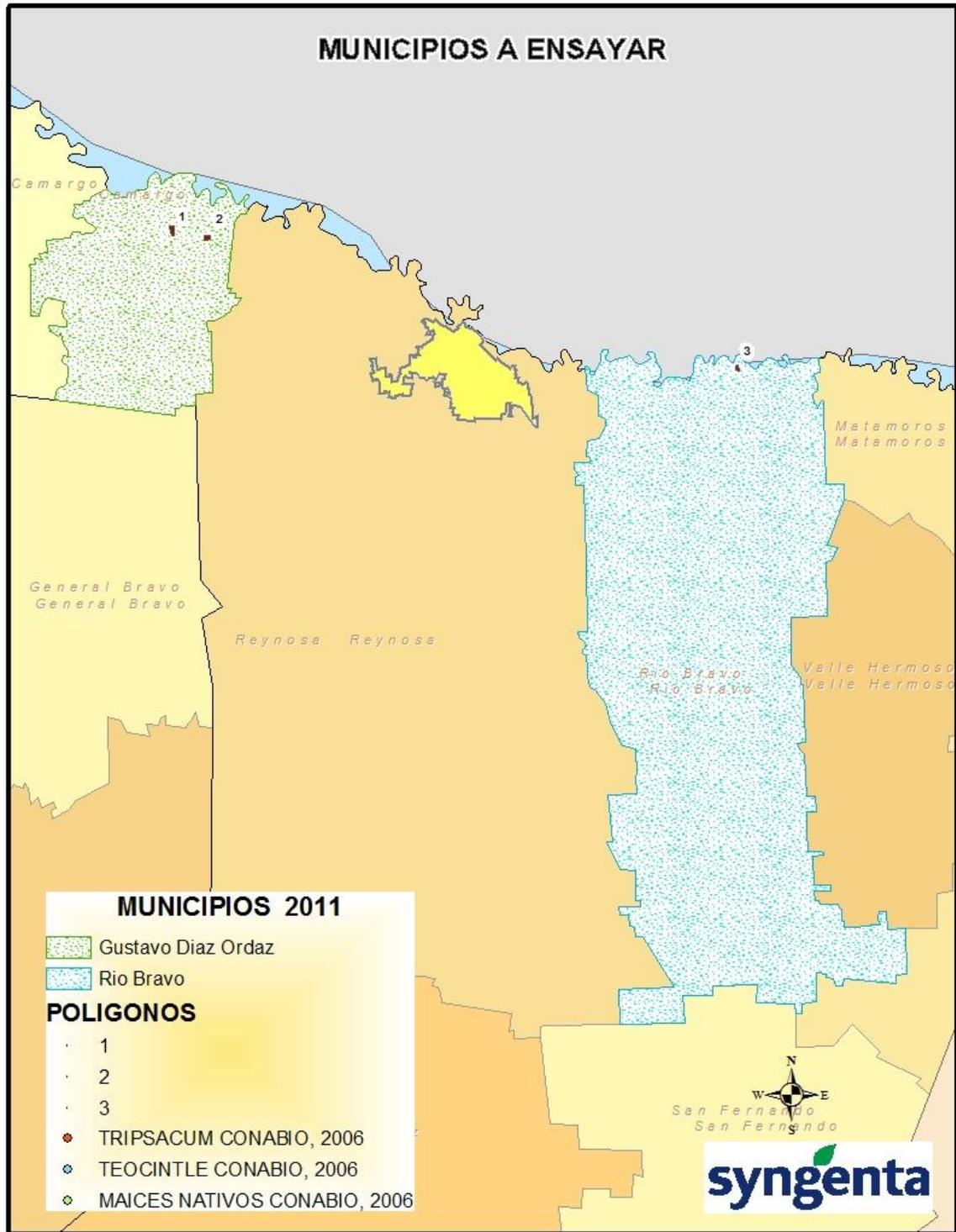


Figura 16. Mapa de ubicación de los municipios Díaz Ordaz y Río Bravo en el Estado de Tamaulipas. Cartografía empleada: “Áreas Urbanas de México”. ESRI, 2008. Representación aproximada en escala 1: 500.000.

Tipo de Suelo**❖ Río Bravo¹³**

En el municipio de Río Bravo se han caracterizado los siguientes suelos: Cambisol cálcico y calcáreo.- los cuales se encuentran al norte del municipio. Xerosol cálcico y calcárico.- estos se localizan en la parte suroeste del municipio. Xerosol pélico.- se hallan en la parte sureste del municipio. Generalmente todos estos tipos de suelo son considerados aptos para la agricultura de temporal y de riego.

❖ Díaz Ordaz¹⁴

El tipo de suelo del Municipio es el flucisol eútrico, suelo fértil para la agricultura. La tenencia de la tierra es eminentemente ejidal y su uso es básicamente agrícola y ganadero.

○ Características meteorológicas**❖ Río Bravo**

La temperatura media anual es de 22 °C, con máxima de 40 °C y en invierno mínima hasta de – 6 °C. La parte ribereña del municipio, donde se localiza la cabecera municipal, tiene un clima seco muy cálido y cálido y, el resto del municipio posee clima semiseco muy cálido y cálido.

Se tiene un régimen de lluvias de verano y una precipitación media que oscila entre los 400 y 500 mm. Se distinguen con facilidad dos estaciones: la de verano (mayo-agosto) y la de invierno.

❖ Díaz Ordaz

Cuenta con un clima seco cálido muy extremo y con presencia de canícula; la temperatura media anual es de 24° C y la más fría de 10° C. Su precipitación pluvial media es de 400 a 500 milímetros cúbicos, con régimen de lluvia en verano.

¹³ Visitar: <http://www.oedrus-tamaulipas.gob.mx/>

¹⁴ Visitar: <http://www.gustavodiazordaz.gob.mx/historia.html>

Tabla 9. Datos meteorológicos en el Estado de Tamaulipas. <http://clima.inifap.gob.mx/redclima/clima/historicos.aspx>

Nombre: Campo Experimental Río Bravo
Municipio: Río Bravo
Latitud: 25° 56' 60"
Longitud: 98° 1' 0"

Fecha ¹⁵	Prec.	T. Max.	T. Min.	T. Med.	VV max.	DVV max.	VV	DV	HR	ET	EP
enero	27.8	20.67	10.02	15.18	40.1	163(S)	13.13	270.29(O)	79.21	ND	ND
febrero	2.6	26.58	13.54	19.43	47.6	155(SE)	15.51	214.49(SO)	72.63	ND	ND
marzo	0	28.46	14.16	21.2	51.1	ND	19.41	63.94(NE)	65.61	ND	ND
abril	27.6	28.84	16.12	22.14	39.9	170(S)	14.03	258.37(O)	74.08	ND	ND
mayo	6.8	32.77	22.8	27.11	30.1	159.5(S)	12.1	149.03(SE)	77.27	ND	ND
junio	3.6	34.97	23.74	28.95	34.8	141.4(SE)	13.24	172.14(S)	70.43	106.4	74.4
julio	160.6	32.1	23.28	27.14	35.8	286.1(O)	10.24	96.78(E)	81.79	137.4	93.61
agosto	178.8	33.83	24.31	28.28	30.4	139.1(SE)	9.56	116.96(SE)	80.71	155.5	103.64
septiembre	95	31.4	21.07	25.49	38	57.8(NE)	4.96	219.44(SO)	81.79	125.4	81.82
octubre	69.8	29.58	17.1	22.8	29.8	28.8(NE)	6.96	246.75(SO)	78.71	120.7	92.84
noviembre	49.4	25.85	14.15	19.59	38	359.5(N)	9.79	55.8(NE)	78.84	91.9	89.66
diciembre	0	22.9	11.28	16.6	45.5	322(NO)	14.57	351.5(N)	74.11	79	102.03
TOTALES	622+	29*	17.63*	22.83*	--	--	11.96*	223.6(SO)*	76.26*	816.3+	638+

+Acumulado

*Promedios

Prec.: Precipitación total (mm)
T. Max.: Temperatura máxima (°C)
T. Min.: Temperatura mínima (°C)
T. Med.: Temperatura media (°C)
VV max.: Velocidad del viento máxima (km/hr)
DVV max.: Dirección de la velocidad máxima del viento (grados azimut)
VV: Velocidad promedio del viento (km/hr)
DV: Dirección promedio del viento (grados azimut)
HR: Humedad relativa (%)
ET: Evapotranspiración de referencia (mm)
EP: Evaporación potencial (mm)

¹⁵ Prec.: Precipitación total (mm); T. Max.: Temperatura máxima (°C); T. Min.: Temperatura mínima (°C); T. Med.: Temperatura media (°C); VV max.: Velocidad del viento máxima (km/hr); DVV max.: Dirección de la velocidad máxima del viento (grados azimut); VV: Velocidad promedio del viento (km/hr); DV: Dirección promedio del viento (grados azimut); HR: Humedad relativa (%); ET: Evapotranspiración de referencia (mm); EP: Evaporación potencial (mm)

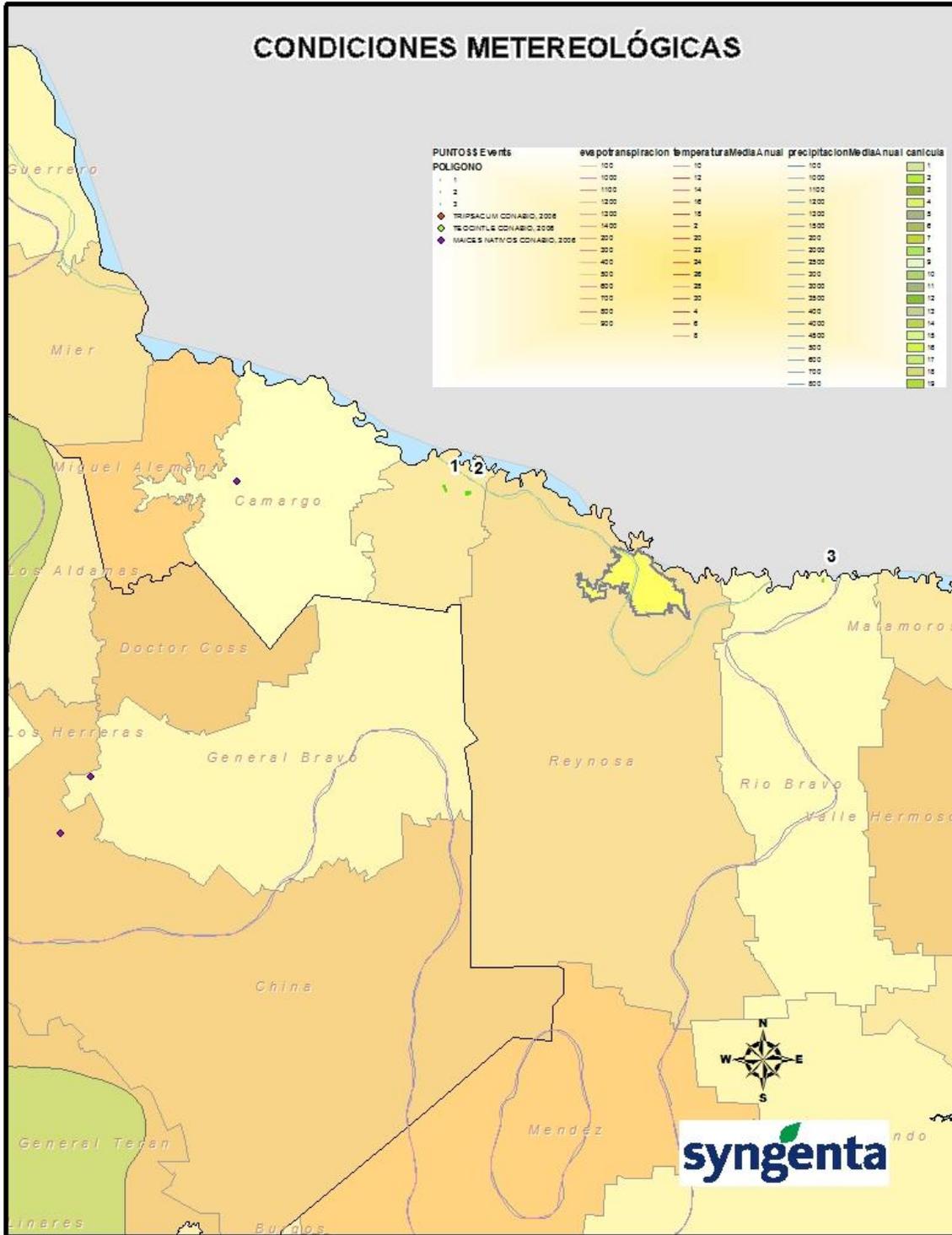


Figura 17: Mapa de representación de condiciones meteorológicas presentes en la zona. Cartografía empleada: “Datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales” escala: 1:1 000 000. INEGI (2000) y “Áreas Urbanas de México”. ESRI, 2008. Representación aproximada en escala 1: 100.000.

Clima:

Los aspectos climatológicos, de acuerdo con la clasificación de Köppen E. García, están definidos de la siguiente manera:

Al norte BS (U'), o sea el más seco de los esteparios, muy cálido con temperatura media anual de más de 22° C con lluvias a fines de verano, con presencia de canícula y muy extremo, con variaciones térmicas entre 7° C y 14° C.

El clima en la parte norte corresponde al más seco de los esteparios, y muy cálido con temperatura media anual superior a los 22° C y lluvias a fines de verano. Al sur, el clima pertenece al menos seco de los esteparios, cálido, con variaciones térmicas entre 7°C y 14°C.



Figura 18: Mapa de los climas en el Estado de Tamaulipas. Figura tomada de: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/tamps/clim.cfm>

○ **Uso de suelo y tipo de vegetación de la región.**

De acuerdo al estudio de Comisión para la Cooperación Ambiental del 2006 denominado “Regiones Ecológicas de América del Norte”, el estado de Tamaulipas se encuentra contenido de forma general en las regiones 9.0 denominadas Grandes Planicies.

De acuerdo al análisis de la cartografía de “Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO” de 1999 y representado en el siguiente mapa, los tipos de vegetación y el uso de suelo presentes en la región son los siguientes:

- Agricultura de Riego
- Agricultura de temporal
- Pastizal Cultivado
- Matorral
- Agricultura de temporal
- Mezquital

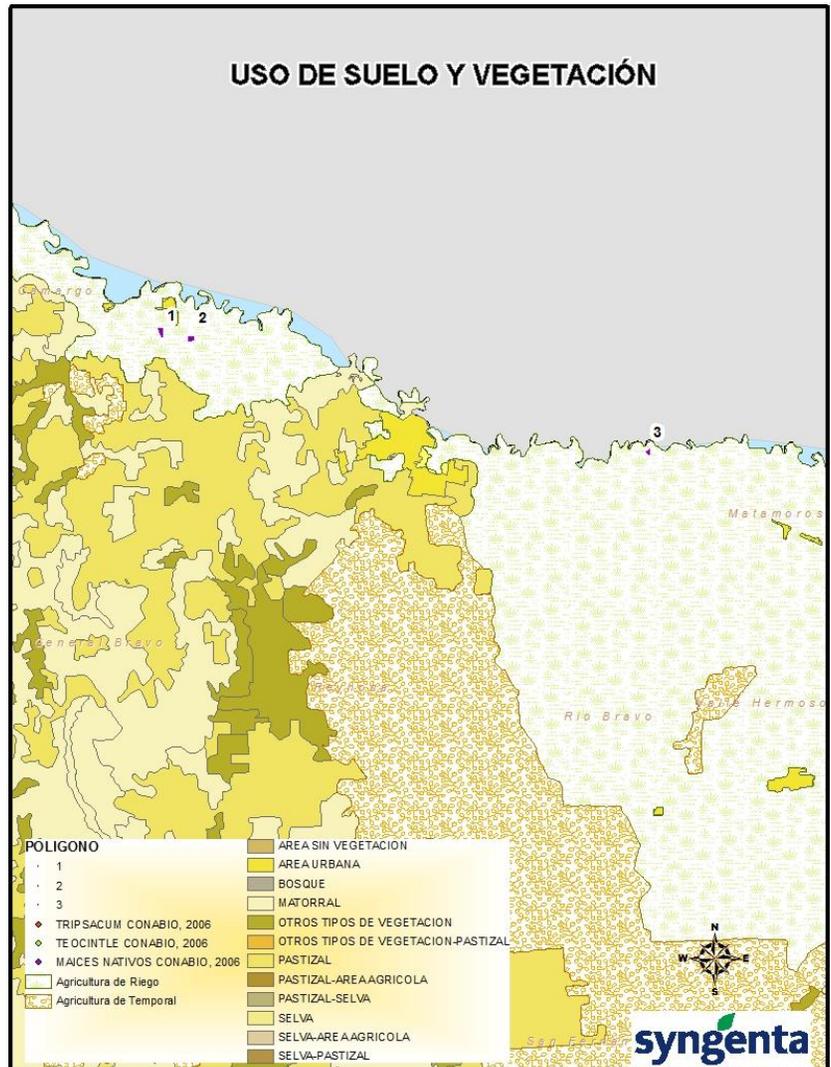


Figura 19. Mapa de los usos de suelo y vegetación presentes en la zona. Cartografía empleada: “Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO”. CONABIO, 1999 y “Áreas Urbanas de México”. ESRI, 2008. Representación aproximada en escala 1: 500.000.

Áreas Naturales Protegidas:

En el sitio en el que se llevará a cabo la liberación no se encuentran cerca ni Áreas Naturales Protegidas, ni ninguna zona determinada como prioritaria para la conservación por su riqueza en especies o endemismos.

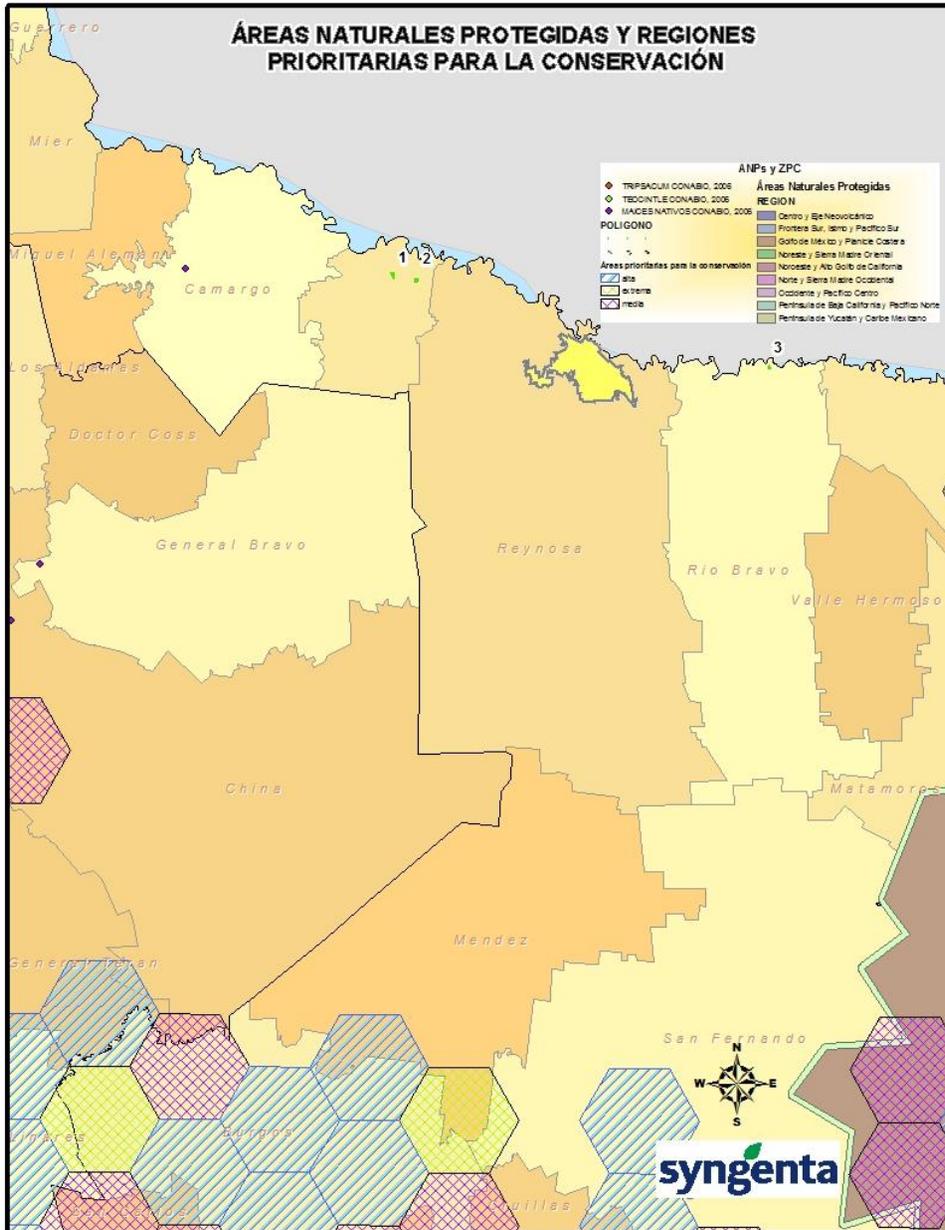


Figura 20. Mapa de las Áreas Naturales Protegidas y Regiones Prioritarias para la Conservación presentes en la zona. Cartografía empleada: “Cobertura de las 166 Áreas Naturales Protegidas Federales” CONANP, 2008; “Regiones Terrestres Prioritarias”, Conabio, 2004 a; “Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad”, CONABIO, CONANP, TNC y Pronatura, 2007 y “Áreas Urbanas de México”, ESRI, 2008. Representación aproximada en escala 1: 750.000.

Agua para riego**❖ Río Bravo**

El municipio es cubierto por los sistemas de irrigación del río San Juan y del río Bravo. La principal fuente de abastecimiento la representa el Río San Juan que proporciona agua y riego a la parte Sur del municipio. El río Bravo proporciona agua para la ciudad e irriga la parte Norte del mismo. Las corrientes y cuerpos de agua se encuentran al margen del río Bravo, y lo atraviesa el canal Anzaldúas; otras corrientes son: el canal Rhode, canal Ángeles, canal Palito Blanco, canal Norte Uno y canal Buenavista, además del cuerpo de agua V. Palito Blanco.

El municipio participa del Distrito de Riego No. 025 llamado Bajo río Bravo, el cual se surte con las aguas del Río Bravo iniciando en las presas La Amistad y Falcón y, el Distrito No. 026 o Bajo río San Juan que se irriga del Río San Juan que inicia en la Presa Marte R. Gómez.

El Municipio se ubica en la cuenca baja del Río Bravo, la cual cuenta con un volumen de captación de agua de 5,810 millones de metros cúbicos, desembocando en el Golfo de México.

❖ Díaz Ordaz

El municipio pertenece a la cuenca hidrológica del Río Bravo, localizado en la parte norte del territorio del Estado, el río por medio de una serie de canales riega, da vida a laboratorios y a toda la región.

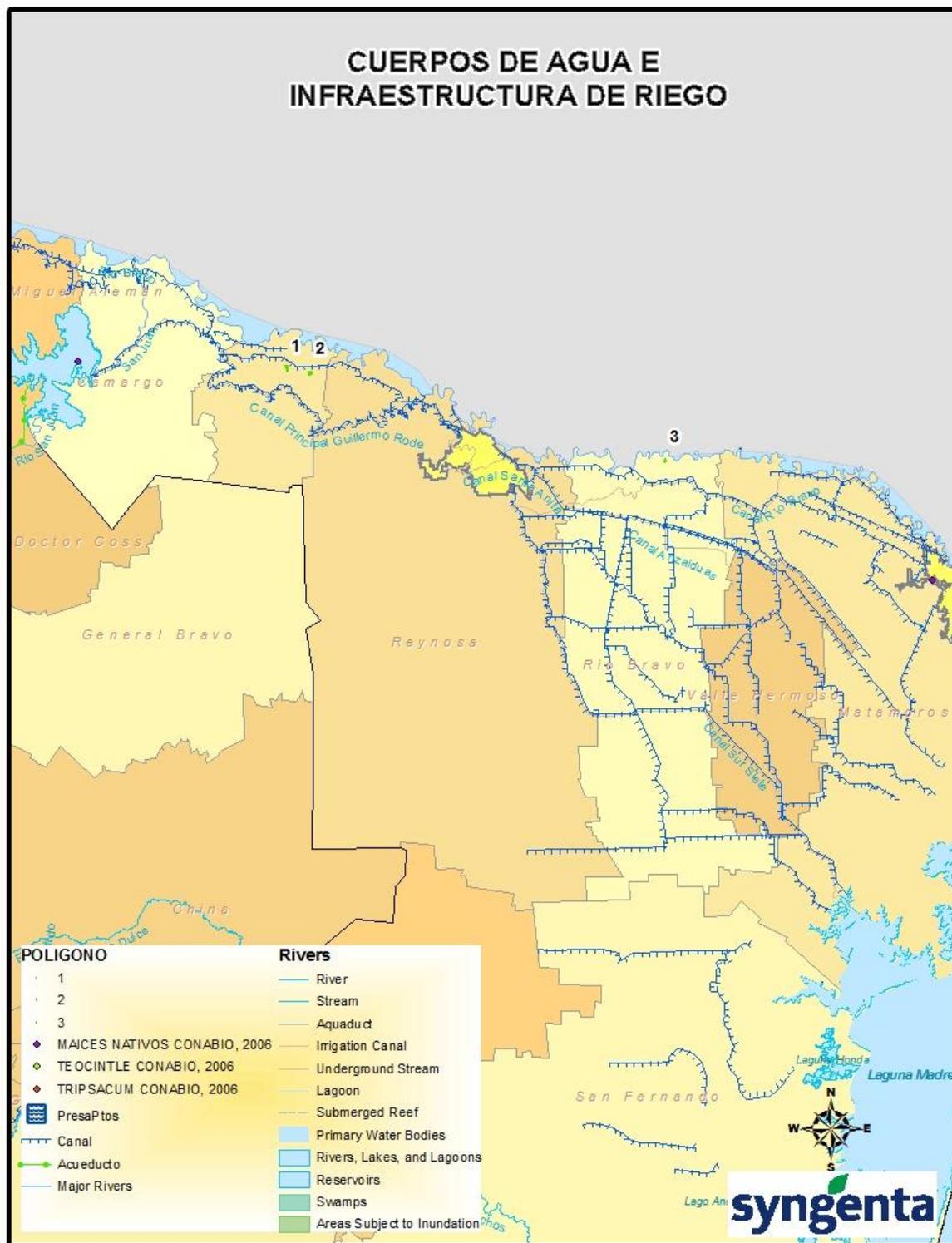


Figura 21. Mapa de cuerpos de agua e infraestructura de riego. Cartografía empleada: “Datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales” escala. 1:1 000 000. INEGI (2000) y “Áreas Urbanas de México”. ESRI, 2008. Representación aproximada en escala 1: 750.000.

Edafología

De acuerdo a la clasificación de suelos reportado La oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS) en Tamaulipas tenemos lo siguiente para cada municipio¹⁶

❖ **Rio Bravo**

	<p>Caracterización Fisiográfica</p> <p>Región fisiográfica: Llanuras del Golfo Estado: Tamaulipas Provincia fisiográfica: Llanura costera del Golfo Norte Subprovincia: Subprovincia de la llanura costera Tamaulipeca</p> <p>Distrito: 156 Cader: 4 Sistema poligonal: Control</p> <p>Caracterización Agroclimática</p> <p>Topoforma: Santa Apolonia Llanura: Castañozem Xerosol Geología: Planicie Tipo de suelo: Llanura Rocas Sedimentarias del Terciario Castañozem Xerosol (FAO-UNESCO)</p>
	<p>Caracterización Fisiográfica</p> <p>Región fisiográfica: Llanuras del Golfo Estado: Tamaulipas Provincia fisiográfica: Llanura costera del Golfo Norte Subprovincia: Subprovincia de la llanura costera Tamaulipeca</p> <p>Distrito: 156 Cader: 4 Sistema poligonal: Control</p> <p>Caracterización Agroclimática</p> <p>Topoforma: Santa Apolonia Llanura: Vetisol Geología: Planicie Tipo de suelo: Llanura Rocas Sedimentarias del Terciario Vertisol (FAO-UNESCO)</p>
	<p>Caracterización Fisiográfica</p> <p>Región fisiográfica: Llanuras del Golfo Estado: Tamaulipas Provincia fisiográfica: Llanura costera del Golfo Norte Subprovincia: Subprovincia de la llanura costera Tamaulipeca</p> <p>Distrito: 156 Cader: 4 Sistema poligonal: Control</p> <p>Caracterización Agroclimática</p> <p>Topoforma: Santa Apolonia Llanura: Xerosol Geología: Planicie Tipo de suelo: Llanura Rocas Sedimentarias del Terciario Xerosol (FAO-UNESCO)</p>

¹⁶ <http://oeidrus.tamaulipas.gob.mx/sistemas/suelos/combos.htm>

❖ **Díaz Ordaz**



Caracterización Fisiográfica

Región fisiográfica	Grandes llanuras de Norte América
Estado	Tamaulipas
Provincia fisiográfica	Provincia de grandes llanuras de Norte América
Subprovincia	Subprovincia de las llanuras de Coahuila y Nuevo México
Distrito: 155	Díaz Ordaz
Cader: 2	Díaz Ordaz
Sistema poligonal	Xerosol

Caracterización Agroclimática

Topoforma	Planicie
Llanura	Llanura
Geología	Rocas Sedimentarias del Terciario
Tipo de suelo	Xerosol (FAO-UNESCO)

○ **Producción agrícola de la región**

En el Estado de Tamaulipas existe una gran actividad agrícola y se producen principalmente los siguientes cultivos:

Tabla 10: Principales cultivos en el Estado de Tamaulipas. Información tomada de: http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/estados/tamps/agr_veget.cfm?c=1215&e=28&CFID=1880658&CFTOKEN=14354935

Concepto	Nombre científico	Nombre local	Utilidad
Agricultura			
18.06% de la superficie estatal	<i>Zea mays</i>	Maíz	Comestible
	<i>Carthamus trinatorius</i>	Cártamo	Comestible
	<i>Sorghum vulgare</i>	Sorgo	Forraje
	<i>Glycine max</i>	Soya	Comestible
	<i>Saccharum officinarum</i>	Caña de azúcar	Comestible
Pastizal			
7.80% de la superficie estatal	<i>Cynodon plectostachyus</i>	Estrella Africana	Forraje
	<i>Panicum maximum</i>	Zacate privilegio	Forraje
	<i>Digitaria decumbens</i>	Zacate pangola	Forraje
	<i>Cenchrus ciliaris</i>	Zacate buffel	Forraje
	<i>Aristida wrightii</i>	Zacate tres barbas	Forraje
Bosque			
6.42% de la superficie estatal	<i>Quercus rysophylla</i>	Encino	Madera
	<i>Quercus polymorpha</i>	Encino	Madera
	<i>Liquidambar styraciflua</i>	Copalillo	Madera
	<i>Pinus teocote</i>	Pino chino	Madera
	<i>Juglans sp.</i>	Nogal	Madera

Selva

21.31% de la superficie estatal	<i>Phoebe tampicensis</i>	Aguacatillo	Madera
	<i>Lysiloma</i> sp.	Tepeguaje	Madera
	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guácima	Madera
	<i>Bursera simaruba</i>	Palo mulato	Madera
	<i>Randia</i> sp.	Cruceto	Madera

Matorral

31.48% de la superficie estatal	<i>Acacia rigidula</i>	Gavia	Madera
	<i>Neopringlea integrifolia</i>	Corvagallina	Leña
	<i>Yucca</i> sp.	Izote	Fibras

Mezquital

9.26% de la superficie estatal	<i>Prosopis laevigata</i>	Mezquite	Madera
	<i>Pithecellobium flexicaule</i>	Ebano	Madera
	<i>Cordia greggii</i>	Nagua blanca	Forraje
	<i>Randia</i> sp.	Cruceto	Madera
	<i>Acacia rigidula</i>	Gavia	Madera

Chaparral

0.29% de la superficie estatal	<i>Quercus eduardii</i>	Encino	Forraje
	<i>Dasyllirion</i> sp.	Sotol	ornamental
	<i>Agave lechuguilla</i>	Lechuguilla	Fibras
	<i>Agave</i> sp.	Maguey	Artesanías
	<i>Bouteloua curtipendula</i>	Banderita	Forraje

Otro

5.38% de la superficie estatal	<i>Varilla texana</i>	Saladilla	Forraje
	<i>Opuntia sp.</i>	Nopal	Forraje
	<i>Celtis pallida</i>	Granjeno	Forraje
	<i>Prosopis glandulosa</i>	Mezquite	Forraje

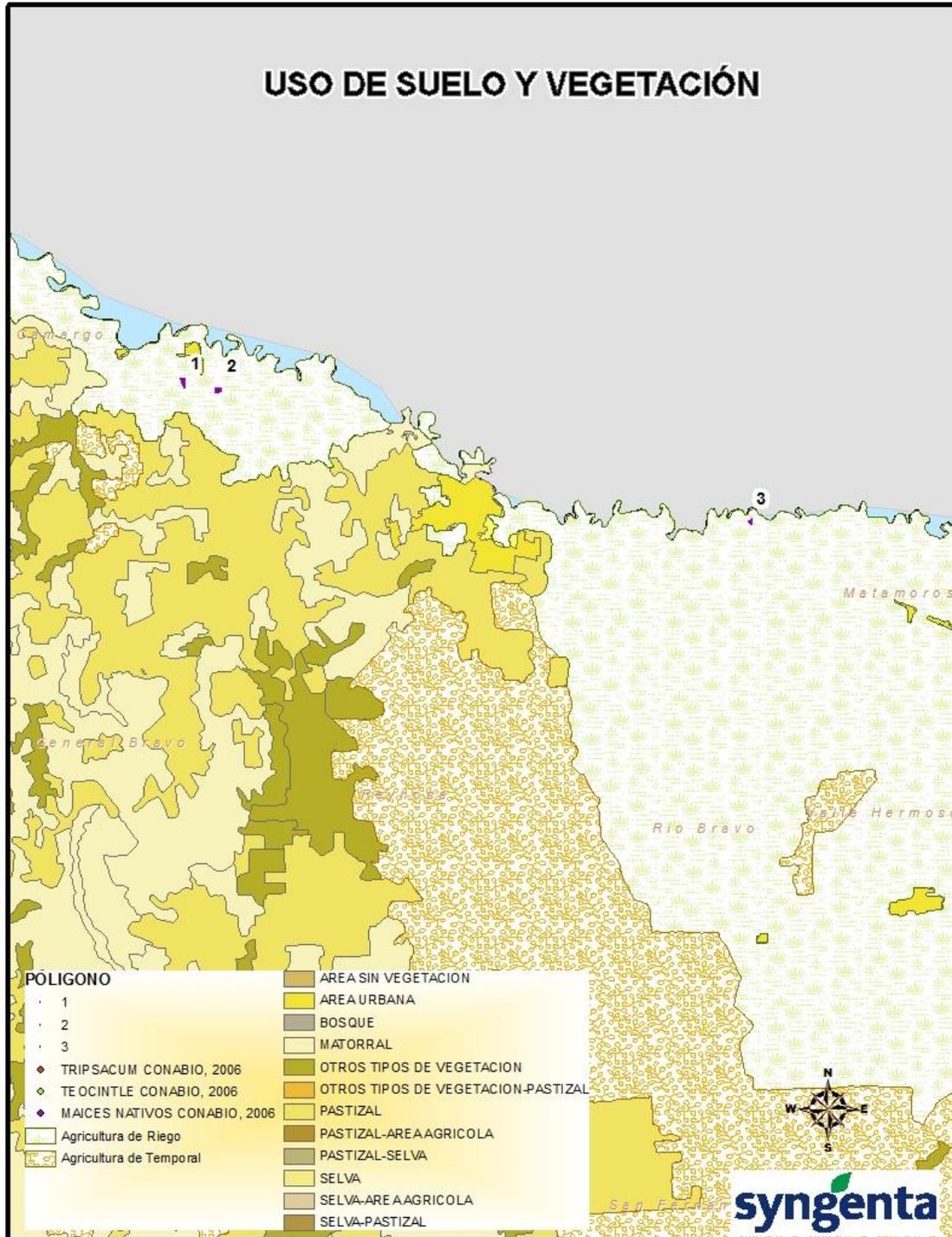


Figura 23. Uso de suelo y Vegetación presentes en la zona de liberación. Cartografía usada “Carta de Uso del Suelo y Vegetación”, 1:250 000. INEGI. “Áreas Urbanas de México”. ESRI, 2008. Representación aproximada en escala 1:500.000.

Estadísticas de producción del cultivo de maíz convencional en el municipio de Río Bravo y Díaz Ordaz

Tabla 11: Producción de maíz en zonas de riego en el Estado de Tamaulipas. <http://www.oedrus-tamaulipas.gob.mx/>

Municipio: RIO BRAVO
Ciclo: Año Agrícola OI+PV 2008
Modalidad: Riego + Temporal

Tipo / Variedad	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Sup. Siniestrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de \$)
MAIZ GRANO AMARILLO	22,874.26	22,874.26	0.00	114,543.40	5.01	3,100.00	355,084.54
MAIZ GRANO BLANCO	7,632.00	7,632.00	0.00	36,816.80	4.82	2,781.10	102,391.20

Municipio: Díaz Ordaz
Ciclo: Año Agrícola OI+PV 2008
Modalidad: Riego + Temporal

Tipo / Variedad	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Sup. Siniestrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de \$)
MAIZ GRANO	9,446.00	9,446.00	0.00	47,375.60	5.02	2,750.00	130,282.90
MAIZ PALOMERO	362.00	362.00	0.00	1,049.80	2.90	6,000.00	6,298.80

Municipio: Valle Hermoso
Ciclo: Año Agrícola OI+PV 2008
Modalidad: Riego + Temporal

Tipo / Variedad	Sup. Sembrada (Ha)	Sup. Cosechada (Ha)	Sup. Siniestrada (Ha)	Producción (Ton)	Rendimiento (Ton/Ha)	PMR (\$/Ton)	Valor Producción (Miles de \$)
MAIZ GRANO	2,927.50	2,927.50	0.00	13,374.22	4.57	3,096.14	41,408.48

3. Plano de ubicación señalando las principales vías de comunicación

El estado de Tamaulipas cuenta con suficientes vías de comunicación, tanto terrestres como aéreas, que lo conectan internamente y con el resto del país¹⁷

Carreteras

Los ejes troncales federales más importantes del estado son los siguientes: El primero parte de Nuevo Laredo en el noroeste de la entidad y corre más o menos paralelo a la línea fronteriza, pasando por las poblaciones de Nueva Ciudad Guerrero, Mier, Miguel Alemán, Ciudad Camargo y Gustavo Díaz Ordaz. De esta carretera parten varios ramales, y además entronca con otro eje federal, desde donde continúa hasta la ciudad de México, pasando por Monterrey, Nuevo León. La carretera federal No. 2 llega hasta Matamoros; la No. 180 une a Matamoros con Tampico y corre paralela a la costa. En el trayecto de esta carretera entroncan diversos ejes, entre los cuales están el No. 101, que une a Matamoros con Ciudad Victoria, y el No. 97, que parte al norte de San Fernando y llega a Reynosa.

Ferrocarriles

En la red ferroviaria de Tamaulipas, dos de sus líneas enlazan a uno de los centros de producción y consumo más importantes del país: Monterrey. El sistema ferroviario se encuentra básicamente en terrenos de la Llanura Costera del Golfo. El estado cuenta también con dos puentes internacionales, el de Nuevo Laredo y el de Matamoros, que conectan con el ferrocarril norteamericano, facilitando la actividad exportadora e importadora de esta entidad y del país.

Aeropuertos

En la Llanura Costera del Golfo Norte se concentran las vías terrestres y aéreas de comunicación. Los principales aeropuertos son los de Tampico, Matamoros, Reynosa y Nuevo Laredo. Otros aeropuertos son los de Nueva Ciudad Guerrero, y el de Ciudad Victoria.

Puertos

El puerto de Tampico fue fundado a mediados del siglo XVI en la margen izquierda del río Pánuco, pero cobró auge inusitado al descubrirse e iniciarse la explotación de los mantos petrolíferos de la región. Este puerto posee tres tipos de instalaciones: en el primero -y más importante- se realiza el movimiento de Petróleos Mexicanos. El segundo está integrado por instalaciones particulares para el movimiento de minerales o carga a granel; el último lo constituye el Muelle Fiscal, a través del cual se mueve la carga general.

¹⁷ <http://mapserver.inegi.gob.mx>

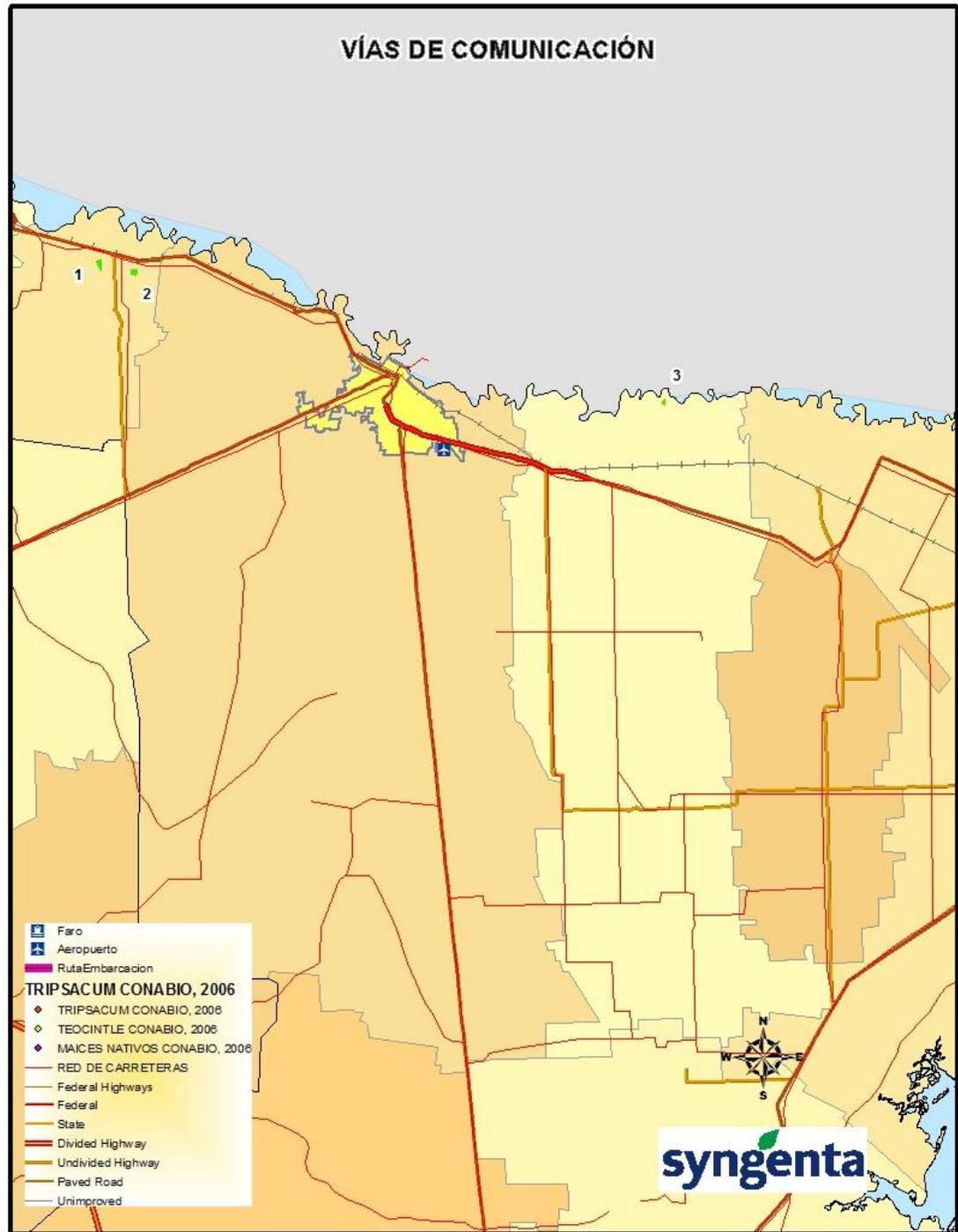


Figura 24. Plano de ubicación señalando las principales vías de comunicación presentes en la zona de liberación. Cartografía empleada: “Datos vectoriales de la serie topográfica y de recursos naturales” escala. 1:1 000 000. INEGI (2000) y “Áreas Urbanas de México”. ESRI, 2008. Representación aproximada en escala 1: 500.000.

III. Estudio de los posibles riesgos que la liberación de los OGMs pudiera generar al medio ambiente y a la diversidad biológica a los que se refiere el artículo 42, fracción III, de la Ley. Contendrá, además de lo dispuesto en el artículo 62 de la Ley, la información.

Para llevar a cabo un estudio de riesgos y concluir sobre la posible magnitud y las estrategias necesarias para contender con los riesgos identificados, es necesario tomar en cuenta toda la información presentada en las fracciones 16 I, II y la requerida por la presente fracción en su totalidad para después poder emitir una conclusión general de dicho estudio, siguiendo así con las convenciones aceptadas sobre la evaluación de riesgos sobre el uso de cultivos GM (Johnson K.L. *et al.*, 2006).

Tomando en cuenta el artículo 61 fracción IV de la LBOGM¹⁸ : “... *Deben tener como base mínima los posibles riesgos que se impondrían por la liberación de los organismos hospederos no modificados genéticamente o de los organismos parentales, cuando fueran liberados en ese medio ambiente;..*” a continuación presentamos algunas conclusiones sobre los efectos de la agricultura convencional sobre el medio ambiente y la diversidad biológica que deben ser considerados como la base mínima sobre la cual evaluar los posibles riesgos derivados de la liberación de OGM al medio ambiente.

De acuerdo a varios autores los modelos agrícolas modernos han tenido impactos considerables en la biodiversidad mundial. A una escala global, los efectos negativos más grandes son debidos a la pérdida del hábitat natural por el cambio de uso de suelo. Múltiples cambios en el uso de suelo y en el manejo del suelo agrícola a lo largo del siglo pasado, han resultado en la disminución de la diversidad de flora, invertebrados y aves dentro de los agroecosistemas. La disminución en la diversidad botánica en pastizales y tierras arables en Europa por ejemplo, se debe al cambio a cultivos forrajeros de alto rendimiento y el uso constante y en elevadas concentraciones de insumos agrícolas (Sanvido O., *et al.*, 2006).

Sin embargo, aún cuando los cultivos GM podrían representar una de las soluciones a reducir dicho deterioro ambiental, la seguridad de los mismos es evaluada generalmente de forma más intensiva comparada con los cultivos generados por mejoramiento convencional. Adicionalmente a las pruebas que se llevan a cabo durante el proceso convencional de selección agronómica, los cultivos GM deben pasar por un proceso riguroso de evaluación, previo a obtener las licencias regulatorias que les permita ingresar al mercado y demostrar en amplias superficies los posibles beneficios ambientales. Los riesgos de los cultivos GM al ambiente, especialmente a la biodiversidad, han sido extensivamente evaluados alrededor del mundo durante los diez años de siembras comerciales en algunos países (Sanvido O., *et al.*, 2006).

¹⁸ Artículo 61: ARTÍCULO 61.- Para llevar a cabo el estudio y la evaluación del riesgo, se deberán observar los siguientes lineamientos:

I. Deben realizarse caso por caso de una forma transparente y basada en principios científicos y en el enfoque de precaución, en los términos de esta Ley, tomando en cuenta el asesoramiento de expertos;

II. Se realizarán en los campos de especialidad relevantes;

III. La falta de conocimiento o consenso científico no se interpretará necesariamente como indicador de un determinado nivel de riesgo, de ausencia de riesgo, o de la existencia de un riesgo aceptable;

IV. Deben tener como base mínima los posibles riesgos que se impondrían por la liberación de los organismos hospederos no modificados genéticamente o de los organismos parentales, cuando fueran liberados en ese medio ambiente;

V. Se deberá considerar el organismo receptor, la modificación genética, incluyendo la construcción genética y el método de inserción, y el ambiente en el que se pretende liberar el OGM, y

VI. La naturaleza y el nivel de detalle de la información que contengan pueden variar de un caso a otro, dependiendo del OGM de que se trate, su uso previsto y el probable ambiente receptor.

© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

Los posibles riesgos directos al medio ambiente derivados de la liberación de los cultivos GM han sido ampliamente identificados, y se pueden enlistar, para este caso en particular (Sanvido O., *et al.*, 2006):

1. Posible pérdida de diversidad genética debido a hibridización con variedades nativas y parientes silvestres de los cultivos.
2. Posibilidad de los cultivos de ser más persistentes en el medio ambiente (malezas)

Es en este marco conceptual en el que se evalúan los riesgos en la presente solicitud siguiendo además con los requisitos que enlista el RLBOGM.

a) Estabilidad de la modificación genética del OGM

De acuerdo a lo mencionado en los apartados 16 II i) y 16 II s) en la que se ha demostrado que el locus transgénico en el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 se mantiene estable a lo largo de varias generaciones, y debido también a que el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 se encuentra aún en etapa de comercialización en muchos países desde hace varios años, en los que no se han presentado riesgos a la diversidad biológica o al medio ambiente, es que no se esperan posibles riesgos a la diversidad biológica o al medio ambiente en México, por su liberación en fase experimental.

b) Expresión del gen introducido, incluyendo niveles de expresión de la proteína de interés en los diversos tejidos, así como los resultados que lo demuestren;

De acuerdo a lo mencionado en los apartados 16 II j) y 16 II s) en la que se ha demostrado que la proteína se mantiene estable a lo largo de varias generaciones y se expresa en los tejidos esperados, no se esperan riesgos posibles al medio ambiente o a la diversidad biológica debidos a la expresión de la proteína en maíz al ser liberado en parcelas experimentales de pequeño tamaño y de poca duración en campo.

c) Características del fenotipo del OGM

El gen *mepsps* codifica para una enzima 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa doble mutada (mEPSPS), aislada del maíz (*Zea mays* L.). La 5-enolpiruvil shikimato-3-fosfato sintasa (EPSPS) nativa es una enzima clave en la ruta del ácido shikímico para la biosíntesis de los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano en plantas y microorganismos (Steinrucken y Amrhein, 1980). Las plantas de maíz transformadas con el gen *mepsps*, como expresión en el maíz con la tecnología GA21, presenta tolerancia al glifosato (Spencer *et al.*, 1998; Lebrun *et al.*, 2003). El glifosato se une e inactiva específicamente a la EPSPS, interrumpiendo la síntesis de aminoácidos aromáticos y causando la muerte de la planta.

La mEPSPS tiene baja afinidad con el glifosato. Las concentraciones del glifosato requeridas para llegar a un 50% de inhibición de la actividad de la epsps fueron determinadas en 5 mM y 300 mM para el EPSPS del maíz convencional y para el mEPSPS, respectivamente. Esto establece que la enzima mEPSPS tiene una significativa reducida afinidad por el glifosato cuando se compara con la enzima de maíz convencional. Las plantas que expresan la proteína mEPSPS no fueron afectadas por la exposición al glifosato

d) Identificación de cualquier característica física y fenotípica nueva relacionada con el OGM que pueda tener efectos adversos sobre la diversidad biológica y en el medio ambiente receptor del OGM

- **Probabilidad de que el OGM se conviertan en más persistentes que el receptor o las plantas parentales en los hábitat agrícolas o más invasoras en los hábitats naturales.**

El maíz se produce como cultivo con periodicidad anual y no puede sobrevivir sin la intervención humana (Niebur W.S. 1993). Es incapaz de sobrevivir como maleza o mala hierba debido a su altamente eficaz domesticación (Doebley J, 2004). La estructura de supervivencia es la semilla, que podría dar lugar a rebrotes en el cultivo a escala comercial del maíz. Sin embargo en una parcela experimental tan pequeña, en caso de que se llegasen a presentar rebrotes de maíz, estos podrían ser controlados fácilmente por las prácticas agrícolas habituales, incluyendo el arado y el uso de herbicidas no selectivos, por lo que no se observa riesgo alguno.

- **Cualquier ventaja o desventaja que haya adquirido el OGM.**

El maíz es una especie no invasiva y no sobrevive si no es en condiciones de cultivo. Las plantas de maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 son comparables al maíz tradicional excepto por que expresan una proteína adicional, presentando tolerancia al herbicida glifosato.

La presencia del gen *m-epsps* y el uso del glifosato no es probable que provoquen efectos de diversidad botánica adicionales en comparación con otros herbicidas aplicados en forma rutinaria en las prácticas agronómicas convencionales. El rasgo de tolerancia al herbicida solo puede considerarse como ventaja selectiva cuando se aplica glifosato por lo que fuera del ensayo experimental, es prácticamente imposible que dicha ventaja selectiva se presente y represente un riesgo al medio ambiente y a la diversidad biológica.

- **Posibles riesgos a organismos no blanco:**

Dado que el maíz con la tecnología GA21 expresa una proteína mEPSPS que le confiere tolerancia a productos que contienen glifosato y que es la única modificación genética presente, y a que no hay “organismos blanco” de la modificación genética (por ejemplo insectos), no existen “organismos no blanco” que interactúen con el maíz de forma diferente que su contraparte no modificada.

Las proteínas EPSPS se involucran en la síntesis de los aminoácidos aromáticos y se encuentra en todas las plantas y microorganismos, no así en los animales. Al estar presente en fuentes naturales de alimento en el medio ambiente, es altamente improbable que represente un riesgo para organismos que se lleguen a alimentar de cualquier parte del maíz con la tecnología GA21.

Adicionalmente se ha comprobado que la homología de la proteína modificada EPSPS es de 99.3% con la nativa de maíz, por lo que los posibles riesgos que pudiesen llegar a presentarse en los organismos que la consuman son prácticamente nulos.

Por lo tanto, es altamente improbable que se presenten efectos inmediatos o a largo plazo debido a las interacciones de los organismos con el maíz con la tecnología GA21.

- **Transferencia planta-microorganismo**

La exposición de los microorganismos al DNA modificado derivado de las plantas de maíz GM tiene lugar en el medio durante los procesos naturales de descomposición de los tejidos vegetales en las zonas de cultivo y en los ecosistemas naturales que rodean a las áreas de cultivo.

Para el maíz GM la transferencia de genes a las bacterias es altamente improbable bajo condiciones naturales. El gen *m-epsps* está bajo el control de promotores eucarióticos con limitada o nula actividad en los organismos procarióticos, y como ya se mencionó anteriormente el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 no posee genes marcadores de resistencia a antibióticos. Los genes controlados por elementos reguladores procarióticos que confieren los mismos caracteres que los expresados en las plantas GM, están ampliamente extendidos entre los microorganismos del medio natural.

Teniendo en cuenta el origen y la naturaleza de estos genes y la ausencia de presión selectiva en el tracto intestinal y/o el medio ambiente, la probabilidad de que la transferencia horizontal de genes confiera ventajas selectivas o aumente la fortaleza de los microorganismos es muy limitada. Por esta razón, es altamente improbable que los genes del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 se establezcan en el genoma de los microorganismos del medio ambiente o del tracto intestinal de humanos y animales.

En el muy improbable caso de que la transferencia horizontal de genes tuviera lugar, no se prevén efectos adversos en la salud humana o animal ni en el medio ambiente, ya que no se introducirían nuevos caracteres en las comunidades microbianas.

e) Comparación de la expresión fenotípica del OGM respecto al organismo receptor, la cual incluya al menos, ciclo biológico y cambios en la morfología básica

De las evaluaciones estadísticas de los datos recolectados en varios estudios a lo largo de varias generaciones se concluyó que la inserción de la modificación genética no altera la morfología o el desempeño agronómico de la planta.

a) Reproducción

En los ensayos agronómicos no se observaron cambios en las características reproductivas al comparar el maíz con la tecnología GA21 con su homólogo no modificado genéticamente. Por lo tanto bajo las condiciones de la liberación experimental propuesta no se esperan cambios en los parámetros de reproducción que desencadenen riesgos al medio ambiente o la diversidad biológica.

b) Diseminación

En los ensayos agronómicos no se observaron cambios en la capacidad de diseminación al comparar el maíz con la tecnología GA21 con su homólogo no modificado genéticamente. Por lo tanto bajo las condiciones de la liberación experimental propuesta no se esperan cambios en la capacidad de diseminación que desencadenen riesgos al medio ambiente o la diversidad biológica.

c) Supervivencia

En los ensayos agronómicos no se observaron cambios en la capacidad de supervivencia al comparar el maíz con la tecnología GA21 con su homólogo no modificado genéticamente. Por lo tanto bajo las condiciones de la liberación experimental propuesta no se esperan cambios en la capacidad de supervivencia que desencadenen riesgos al medio ambiente o la diversidad biológica.

d) Latencia

Casi todas las plantas experimentan en algún momento de su ciclo vital períodos durante los cuales su crecimiento queda temporalmente suspendido o por lo menos retardado. Este fenómeno ha sido extensamente estudiado sobre todo en semillas y yemas, partes de la planta relacionadas tanto con su propagación como con la continuidad de su desarrollo.

La dormición (también llamada latencia o letargo) se define como el estado en el cual una semilla viable no germina aunque se la coloque en condiciones normalmente adecuadas para hacerlo, es decir aunque se la incube bajo una temperatura, humedad y concentración de oxígeno idóneas.

La semilla es una unidad especialmente adaptada para la dispersión de la especie, por lo tanto cualquier mecanismo que tienda a posponer, diferir o escalar la germinación en el tiempo, facilitará una máxima dispersión en el espacio. Pero también la dispersión en el tiempo tiene, por sí misma, un alto valor evolutivo. Así, la población de semillas que produce una planta en un año sufrirá en la mayoría de los ambientes riesgos mucho mayores si germina toda a la vez que si lo hace de forma gradual en varios años sucesivos.

También la dormición de semillas tiene muchas veces un importante valor ecológico y adaptativo, al estar los mecanismos que la producen más o menos ligados a factores que influyen decisivamente en el desarrollo posterior del vegetal.

Las principales causas fisiológicas que puedan determinar la dormición son las siguientes:

- Inmadurez del embrión
- Restricciones mecánicas para el desarrollo del embrión
- Impermeabilidad de las cubiertas seminales al agua y/o al oxígeno
- Presencia de sustancias inhibitoras en diferentes tejidos de la semillas
- Requerimientos especiales de luz y/o temperatura

El estado durmiente primario, se establece, en su caso, durante el período de formación de la semilla. En el desarrollo posterior pueden darse diferentes alternativas que incluyan posibles dormiciones secundarias (Figura 25).

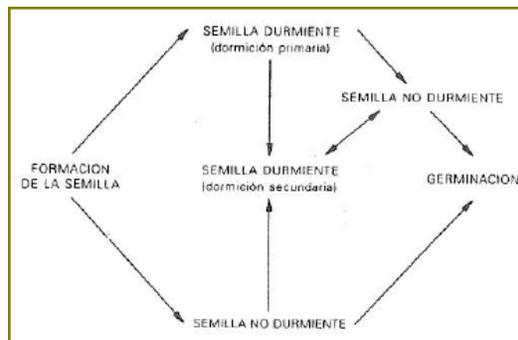


Figura 25. Representación esquemática de los diferentes estadios por los que puede pasar una semilla (Bewley y Black, 1982 (modificado)).

Tipos de dormición de semillas

Simplificado al máximo lo expuesto anteriormente se pueden establecer dos categorías fundamentales de dormición de semillas:

- Dormición impuesta por las cubiertas seminales (Latencia exógena)
- Dormición embrionaria (Latencia endógena)

1. Dormición impuesta por cubiertas seminales (Latencia exógena)

Las semillas que presentan este tipo de latencia tienen un retraso en la germinación y es debido a propiedades físicas y químicas de las cubiertas seminales, por lo que podríamos denominarla “latencia impuesta por las cubiertas seminales”. En este caso el embrión aislado puede germinar con normalidad.

La dormición se manifiesta solamente en la semilla intacta y el embrión aislado puede germinar con normalidad. La escarificación (eliminación total o parcial de las cubiertas seminales) suele ser, por tanto, suficientes para conseguir la germinación.

Los mecanismos por los cuales las cubiertas seminales imponen la dormición son los siguientes:

- a) *Interferencia con la captación de agua.* La presencia de cubiertas impermeables al agua es una de las causas más comunes de dormición de semillas. Sólo cuando, con el transcurso del tiempo, vayan cediendo las causas de la impermeabilidad, la semilla podrá estar en condiciones de germinar. Las cubiertas impermeables (en mayor o menor grado) al agua es una característica de ciertas especies e incluso de ciertas familias de plantas (Fig. 26. La familia Leguminosae es una de las más conocidas en este sentido.

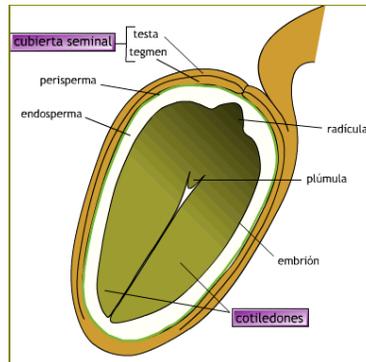


Figura 26. Ejemplo de semilla con cubierta impermeable al agua

Por otro lado, y en sentido más amplio, la impermeabilización no tiene que ser necesariamente una característica ligada exclusivamente a las cubiertas seminales. Así, en granos de algunas variedades de trigo (*Triticum aestivum*) que presentan resistencia a la entrada de agua, se comprobó que ésta venía determinada por el lento movimiento del agua en el endospermo, más que una obstrucción de las cubiertas (Figura 27).

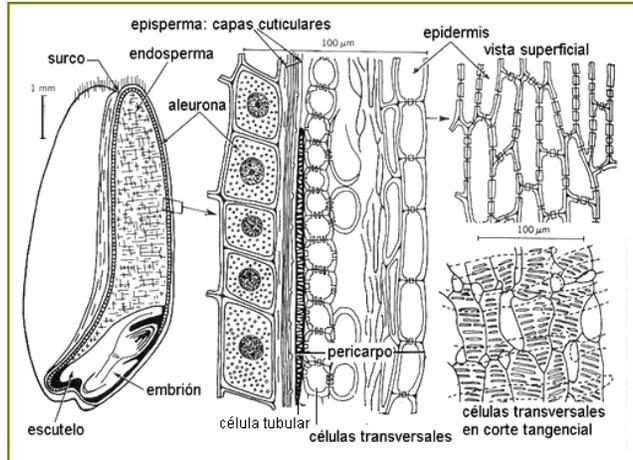


Figura 27. Grano de trigo mostrando la capa de endospermo, que determina el lento movimiento del agua a través de este.

- b) *Interferencia con el intercambio gaseoso.* Las diferentes capas de tejidos que rodean al embrión pueden limitar el intercambio gaseoso de éste con el exterior y dificultar así la entrada del oxígeno. Esto supone una interferencia con el proceso de respiración que puede llegar a impedir la germinación de la semilla.

La existencia de un bajo coeficiente de difusión de oxígeno a través de la cubierta se debe generalmente a algunas de las dos causas siguientes:

- Presencia de una capa mucilaginosa sobre la cubierta seminal
- Consumo del oxígeno por los diferentes componentes de la propia cubierta, reduciéndose de este modo la cantidad total de este gas que pasa a su través.

- c) *Presencia de inhibidores en las cubiertas seminales.* La naturaleza química de los inhibidores de la germinación presentes en las cubiertas es muy varada. Una de las principales sustancias asociadas con la dormición de semillas es el ácido abscísico (ABA).

Sin embargo, la mayoría de los estudios realizados sobre este regular de crecimiento, se han llevado a cabo mediante aplicaciones exógenas de ABA (Fig. 28) y sólo en muy pocos casos se han podido correlacionar los niveles de ABA endógeno de las cubiertas o de otras partes de las semillas con los que determinan dormición. La presencia de inhibidores en las cubiertas seminales es el causante de que especies tropicales y subtropicales no puedan germinar en las estaciones secas.

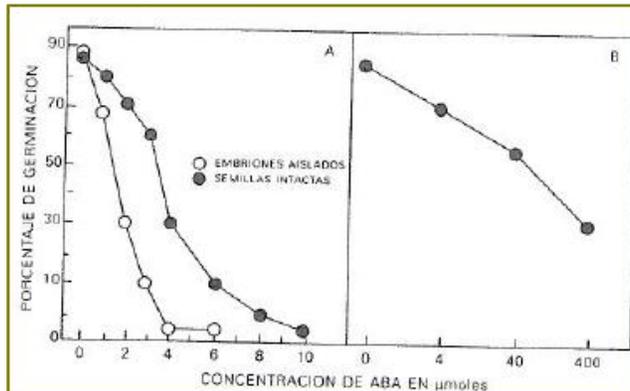


Figura 28. Efecto de las aplicaciones exógenas de ácido abscísico sobre la Germinación de semillas. A, lechuga (*Lactuca sativa*) y B, arce (*Arce pseudoplatanus*).

La naturaleza química de los inhibidores es muy variada, pero principalmente compuestos fenólicos. La eliminación manual de la cubierta o la lixiviación de los frutos es suficiente para que se inicie la germinación. En condiciones naturales esto ocurre durante las estaciones lluviosas

d) *Impedimentos para la salida de inhibidores.* Los inhibidores de la germinación pueden estar presentes en los tejidos de la semilla además de en las cubiertas seminales, por lo que éstas pueden impedir o al menos dificultar la salida de aquellos al exterior. El embrión retendrá así un alto nivel de inhibidores, y la dormición se mantendrá.

e) *Restricciones Mecánicas.* En muchos casos las cubiertas seminales ejercen una restricción mecánica a la expresión de la radícula. Este hecho es muy frecuente en semillas duras como las semillas de numerosas especies de leguminosas.

Frecuentemente, la escarificación por diferentes métodos de la cubierta en la zona radicular elimina la restricción y permite la emergencia de la radícula.

Por otra parte, en algunas semillas, como en las de ciertas variedades de lechuga (*Lactuca sativa*), es el endospermo (muy complejo estructuralmente) y no las cubiertas, quien impone la dormición, al impedir el desarrollo de la radícula.

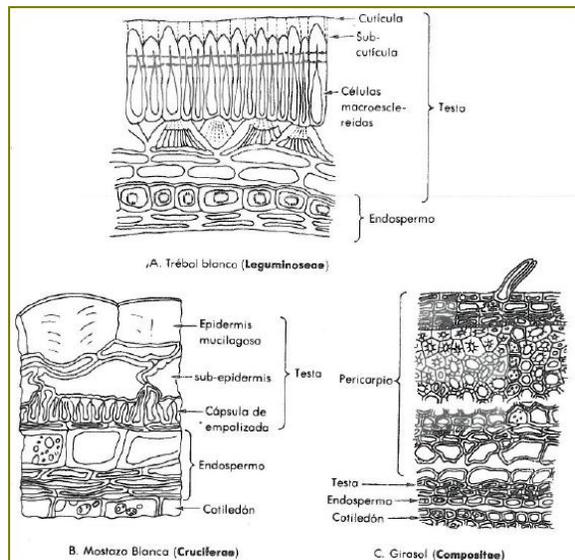


Figura 29. Tres tipos de cubierta de las semillas que influyen en las condiciones de letargo de las mismas. (A) Trébol blanco (*Melilotus alba*) Leguminosae: La capa exterior de células se vuelve dura e impermeable debido a las células macrosclereidas orientadas verticalmente que han sido cubiertas por una capa de cutícula. (B) Mostaza blanca (*Brassica hirta*) Cruciferae: Las cubiertas exteriores de la semilla desarrollan una capa mucilaginosa al remojarlas en agua. (C) Girasol (*Helianthus annuus*) Compositae: El pericarpio se endurece en una capa fibrosa que coalesce con la cubierta de la semilla. La capa endospermica es delgada y más o menos membranosa, y en algunas especies y cultivares pueden funcionar en el control del letargo.

2. Dormición embrionaria (Latencia endógena)

El embrión es durmiente en sí mismo, de manera que la eliminación de las cubiertas no permite la germinación

La latencia endógena viene determinada por características anatómicas, morfológicas y fisiológicas del propio embrión (Latencia embrionaria). En este caso el embrión es durmiente en sí mismo, y es incapaz de germinar incluso si es aislado de la semilla y colocado en condiciones favorables. Este tipo de latencia sólo puede eliminarse cuando existan factores que puedan provocar cambios en las características anteriores, tales como la estratificación a ciertas temperaturas, condiciones de iluminación, administración de sustancias de crecimiento, etc. Podemos distinguir tres tipos de latencia endógena, dependiendo de la característica que provoque tal dormición: Latencia morfológica, latencia fisiológica, y latencia morfofisiológica.

- a) *Latencia morfológica*: Este tipo de latencia se debe a que el embrión no está desarrollado totalmente y, por lo tanto, la germinación no puede producirse hasta que el embrión complete su total desarrollo. Las Palmáceas, Araliáceas, Magnoliáceas y Ranunculáceas son ejemplos que presentan este tipo de latencia. La inmadurez del embrión se completa en condiciones de estratificación a temperaturas adecuadas durante días o meses. Además, esta inmadurez embrionaria suele estar asociada con algún tipo de latencia morfofisiológica.
- b) *Latencia fisiológica*: Se debe a una disminución en la actividad de los embriones. Las semillas que la presentan pueden eliminarla mediante un almacenamiento en sitio seco, con tratamiento frío o con tratamiento luminoso.
 - Semillas que necesitan un almacenamiento seco: Lo presentan la mayoría de los cereales (arroz, cebada, trigo, avena) y algunas variedades de lechuga y trébol. Las semillas así almacenadas van perdiendo paulatinamente la latencia y van adquiriendo la capacidad de germinar al colocarlas en condiciones adecuadas. Es por lo tanto una latencia poco profunda, sin conocerse las causas que la provocan, ni los cambios que sufren las semillas tras el almacenamiento
 - Semillas con un requerimiento frío: Algunas especies que necesitan pasar un período frío son: *Corylus avellana* (avellano), *Fagus sylvatica* (haya), *Fraxinus excelsior* (fresno), *Betula* sp. (abedul), *Pinus* sp. (pino), *Malus* sp. (manzano), *Rosa* sp. (rosa), etc. Estas semillas si se siembran en otoño y quedan expuestas al frío invernal germinará a la primavera siguiente. Por ello, la práctica habitual es colocar las semillas embebidas en agua entre capas de arena, y dejarlas así durante el tiempo que sea necesario, lo que varía según las especies
 - Semillas sensibles a la luz: Existe un reducido número de especies en las que la germinación es inhibida por la luz (*Nemophilla insignis*, *Phacelia tanacetifolia*, *Lythrum salicaria* y *Phlox drumondii*). Para que estas semillas respondan a la luz han de estar embebidas en agua y percibir un corto período de iluminación. Además, las temperaturas elevadas también les afectan. El almacenamiento en sitio seco permite que al cabo de un cierto tiempo las semillas germinen en oscuridad completa. Parece ser que el fitocromo juega un papel decisivo en la respuesta de las semillas a la luz, tanto en las que la germinación es inhibida como estimulada (reversión rojo/rojo lejano). El fitocromo suministra un sensor luminoso que contribuye a desencadenar todo el proceso de la germinación cuando la semilla se encuentra muy cerca o en la superficie del suelo.
- c) *Latencia morfofisiológica*: Es una combinación de las dos anteriores. Suele darse una inmadurez embrionaria con algún problema fisiológico, como ocurre en semillas de *Viburnum opalus*. Estas semillas germinan a temperaturas cálidas y es el hipocótilo el que presenta la dormición; pero sólo reanudan el crecimiento cuando la plántula, con un sistema radicular desarrollado, es sometida a un tratamiento frío.

3. Latencia combinada.

Generalmente, en la mayoría de los casos, las semillas presentan una latencia combinada, es decir, una combinación de latencia endógena y exógena. Así, en semillas de Tilia (tilo), por ejemplo, la dormición fisiológica está asociada con una impermeabilidad al agua de las cubiertas seminales. En otros casos, hay una asociación entre endocarpo duro y latencia fisiológica como en Crataegus (majuelo), Cornus (cornejo) y Rosa (rosa).

ECOLOGÍA DE LA LATENCIA DE SEMILLAS

Una semilla durmiente terminará germinando en algún momento, y en la Naturaleza sobran los factores capaces de ir gradualmente eliminando el estado de dormición. Generalmente la dormición de semillas suele suponer un fuerte valor adaptativo para la especie. He aquí algunos ejemplos que ilustran claramente este hecho.

Muchas especies anuales de zonas áridas tienen inhibidores hidrosolubles en la cubierta de sus semillas. La lluvia los lava y elimina, determinando la germinación en el momento más idóneo, cuando la joven plántula va a encontrar en el suelo el agua necesaria para su desarrollo.

La necesidad de luz que se puede observar en muchas semillas de malas hierbas, favorecerá la germinación de las semillas que queden en la superficie del suelo después de cada labor agrícola. Con ello la población total de semillas de la especie en el suelo va germinando escalonadamente, mientras un buen número de ellas (el llamado <banco de semillas> del suelo) se mantiene en reserva para años sucesivos.

Las especies con frutos carnosos están en general adaptadas a que sus semillas sean dispersas por los animales, especialmente por las aves. En muchos casos existen inhibidores en la pulpa de los frutos, que evitan la germinación prematura en un medio donde se pueden dar las condiciones necesarias para ello. Pero también es frecuente que las propias semillas contengan inhibidores de la germinación y que estos se eliminen al pasar por el tracto digestivo de los animales que se alimentan de los frutos. En el caso de semillas duras, los ácidos digestivos del animal pueden llegar incluso a escarificar las cubiertas seminales y de esta forma facilitar la germinación tras la dispersión de la semilla.

Algunas semillas de especies pirófitas (plantas cuya propagación se ve favorecida por los incendios), frecuentemente en el matorral mediterráneo, contienen en sus cubiertas inhibidores de la germinación, que se destruyen con las altas temperaturas. Al eliminarse estos por el calor tras un incendio, las semillas que se mantengan viables podrán germinar rápidamente. Además muchas semillas de plantas pirófitas colonizadoras, como por ejemplo distintas especies de jaras (*Cistus*), presentan cubiertas impermeables al agua. Las altas temperaturas del suelo que se alcanzan durante los incendios escarifican las cubiertas seminales y posibilitan así la germinación de las semillas.

¿QUÉ PASA CON LA LATENCIA EN MÁIZ? ¿Y LA GERMINACIÓN?

Si bien es cierto que el maíz pertenece a la familia de las gramíneas comparado con algunos zacates como el zacate búfalo (*Buchloe dactyloides*) que presenta una latencia media, **en el maíz la presencia de latencia es nula** (Hernández et al., 2007).

Comparando las características morfológicas del maíz con el teocinte y *Tripsacum* podemos observar que el maíz no presenta latencia, a diferencia del teocinte que en algunas ocasiones puede presentar, y finalmente, el *Tripsacum* presenta cierto nivel de latencia (Tabla 12.).

Las comparaciones de las características morfológicas esenciales de la planta de maíz con aquellas de las especies más próximas como el teocinte y el *Tripsacum* se describen en la Tabla 12.

Tabla 12. Características morfológicas de maíz, teocinte y *Tripsacum*. tomada de: Paliwal R.L. *et al.*, 2001

Aspecto de la planta	Maíz	Teocinte	Tripsacum
Hábito	Anual	Anual y perenne con rizomas	Perenne con rizomas
Multiplicación	Por semillas	Por semillas y vegetativa	Vegetativa y por semillas
Sistema radicular	Estacional	Persistente y estacional	Persistente
Sistema caulinar	Tallo principal, macollos	pocosCon macollos y ramificado	Macollos abundantes y ramificado
Hojas	Anchas	Similar al maíz	Angostas a medio angostas
Inflorescencia lateral	Femenina	Predominantemente femeninas y algunas mezcladas	Mezclada
Inflorescencia terminal	Masculina, grande dominante	yMasculina, media	Mezclada
Espiguillas femeninas	Apareadas	Simples	Simples
Espiguillas masculinas	Apareadas	Apareadas	Apareadas
Mazorca	Muchas filas, cubierta	Dos filas, cubierta	Dos filas, descubierta
Fruto	Desnudo, no dehiscente	Con cubierta rígida, cupulado, dehiscente	Con cubierta rígida, dehiscente
Reproducción	Sexual	Sexual	Apomíctica y sexual
Semilla	Sin latencia	Latencia en algunos casos	Latencia

Las semillas de maíz y teocinte tienen muchas características que sirven para diferenciarlas, una de ellas es la forma en que está constituido su germoplasma. El efecto más notorio en cuanto a cambios en el germoplasma, fue la pérdida de la cubierta dura del teocinte, cubierta que es una barrera a la permeabilidad ocasionando latencia. Como también un aumento en el maíz de la síntesis de antocianinas en la aleurona, estas semillas poseen mucho más almidón que las semillas de teocinte normales.

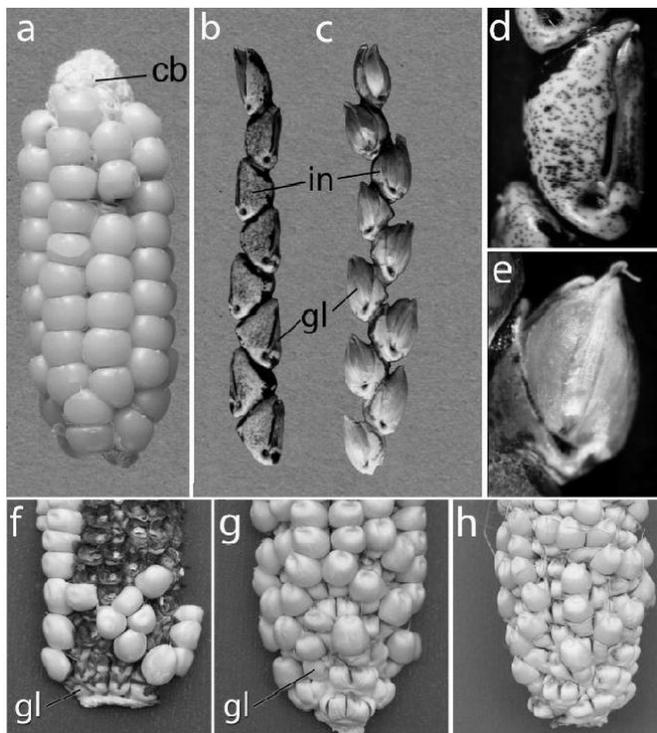


Figura 30. A) Mazorca de maíz mostrando el eje (cb); B) Mazorca de teocinte y C) Mazorca de teocinte con el alelo *tga1* del maíz, vemos los internodos (in) y la gluma (gl). D) Grano de teocinte, nótese la desarrollada cubierta protectora. E) Grano de teocinte con el alelo *tga1* del maíz. F) Mazorca de maíz cultivado, véase las glumas (gl). G y H) Mazorca de maíz con el alelo *tga1* del teocinte, las glumas se han alargado e incluso envuelto algunos granos (Wang, H. *et al.*, 2005). Estos cambios morfológicos son claros pasos evolutivos hacia maíz debido a que el maíz NO posee cubierta dura.

Otra diferencia (Fig. 30) destacable es el hecho de que las semillas del teocinte están protegidas por una corteza dura, oscura y lignificada; una protección que en el maíz está ausente y reducida a un formidable asiento para las semillas desnudas (Wang, H. *et al.*, 2005).

Diversos estudios moleculares indican que uno de los QTL más importantes para el desarrollo de estas cubiertas es el teocinte *glume architecture1 (tga1)*, cuyos avances más importantes se deben al equipo de Wang, H. *et al.* 2005. Sus resultados, publicados recientemente en *Nature*, concluyen que el teocinte *glume architecture1 (tga1)* es con toda probabilidad otro gen regulador que actúa como punto de partida en la formación de estas cúpulas (Wang, H. *et al.*, 2005).

También observaron hasta seis diferencias genéticas fijadas entre el *tga1* del maíz y el del teocinte, de las cuales, una de ellas, la sustitución de una lisina por una asparagina en la posición 6, es causante de la diferente actividad del gen en una planta u otra. Conforme el modelo de los autores, observamos que basta una única mutación en un gen clave para originar las semillas desnudas que vemos en el maíz a partir de las fuertemente protegidas semillas del teocinte

En el caso de maíz por el grado de domesticación no presenta latencia, ya que carece de la cubierta impermeable (característica del teocinte) que impida la germinación y emergencia de la plántula.

La germinación y emergencia solo se ve influenciada por factores ambientales. Cuando la semilla se siembra en suelo húmedo, absorbe agua y comienza a hincharse, un proceso que procede más rápidamente a temperaturas altas como las que prevalecen en muchos ambientes tropicales en la estación

húmeda; bajo estas condiciones, la semilla empieza a germinar en dos o tres días. En el invierno o en condiciones de bajas temperaturas del suelo como en las tierras altas, el proceso se demora y la emergencia de la radícula puede ocurrir a los seis u ocho días, dependiendo de la temperatura del suelo. Contrariamente a esto, la temperatura del suelo en algunos ambientes puede ser tan alta que la semilla puede morir, especialmente si falta humedad, por ejemplo en el cultivo de maíz de secano sembrado en suelo seco a la espera de las lluvias. Onderdonk y Ketcheson (1972).

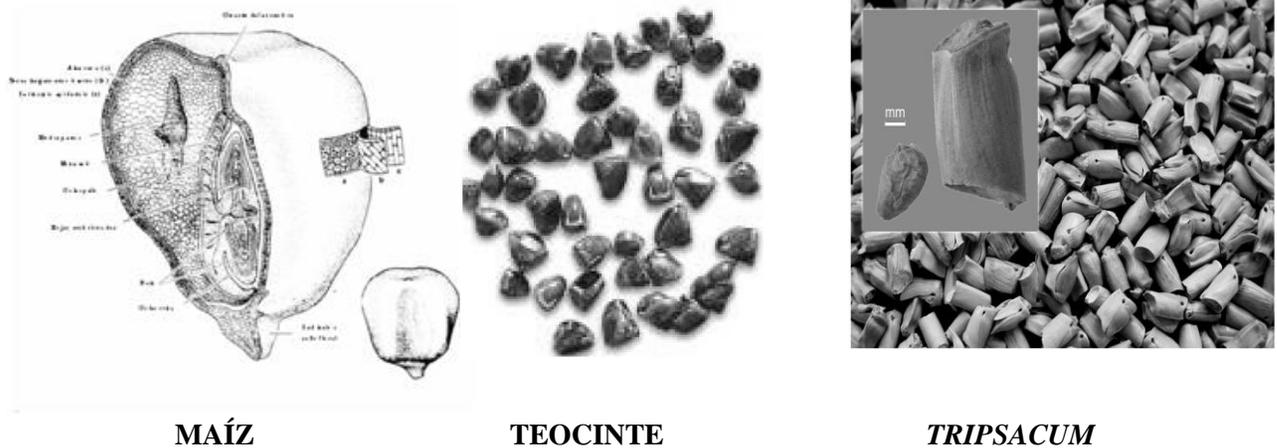


Figura 31. Estructura de la semilla de maíz, teocinte y *Tripsacum*. Tomado de http://www.tropicalforages.info/key/Forages/Media/Html/Tripsacum_dactyloides.htm

Cuando se inicia la germinación, la coleoriza se elonga y sale a través del pericarpio; después aparece la radícula a través de la coleoriza. Inmediatamente después de la emergencia de la radícula también emergen tres o cuatro raíces seminales. Al mismo tiempo o muy pronto después, la plúmula cubierta por el coleoptilo emerge en el otro extremo de la semilla; el coleoptilo es empujado hacia arriba por la rápida elongación del mesocotilo, el cual empuja al naciente coleoptilo hacia la superficie de la tierra. El mesocotilo juega un papel importante en la emergencia de la plántula del maíz por encima de la superficie de la tierra y tiene una gran plasticidad sobre la tasa de crecimiento y la longitud a que llega. Cuando el extremo del coleoptilo surge a través de la superficie de la tierra cesa la elongación del mesocotilo, emerge la plúmula a través del coleoptilo y esta aparece sobre la tierra.

CONCLUSIÓN

Si bien es cierto que el maíz pertenece a la familia de las gramíneas, **en el maíz la presencia de latencia es nula** dado su grado de domesticación ya que, gracias a este proceso, **posee una cubierta permeable que permite la germinación y emergencia de la plántula**, caso contrario al teocinte que tiene una cubierta dura que funge como barrera a la permeabilidad ocasionando latencia. Asimismo, esta conclusión se aplica al maíz con la tecnología GA21 ya que los estudios moleculares y agronómicos realizados para caracterizar al maíz con la tecnología GA21 y establecer su equivalencia con el maíz convencional, demuestran que la modificación genética en ningún momento alteró sus características fenotípicas más allá de la deseada que es la tolerancia a la aplicación del herbicida glifosato.

f) Declaración sobre la existencia de efectos sobre la diversidad biológica y al medio ambiente que se puedan derivar de la liberación del OGM.

Como ya se mencionó en el apartado 16 II. *Identificación de la zona o zonas donde se pretenda liberar el OGM y el en subapartado 2: Descripción geográfica*; el sitio propuesto en el que se llevará a cabo la liberación no se encuentra cerca de Áreas Naturales Protegidas o zonas determinada como prioritaria para la conservación por su alta riqueza en especies o endemismos¹⁹, por lo que no se esperan efectos a la diversidad biológica y al medio ambiente, ni a la sanidad animal, vegetal y acuícola de una liberación que será llevada a cabo en terrenos de uso de suelo agrícola.

g) Descripción de uno o más métodos de identificación del evento específico del OGM, incluyendo niveles de sensibilidad y reproducibilidad, con la manifestación expresa del promovente de que los métodos de identificación son los reconocidos por el desarrollador del OGM para la detección del mismo.

Se presenta un método de detección y cuantificación evento específico basado en amplificación del ADN de interés (la tecnología MON-ØØØ21-9, en este caso) mediante la reacción en cadena de la polimerasa en tiempo real (RT-PCR). Este método de detección ha sido validado por el Laboratorio de Referencia de la Comunidad Económica Europea (Community Reference Laboratory, CRL por sus siglas en inglés), del Centro Común de Investigación de la Unión Europea (Joint Research Centre, JRC por sus siglas en inglés) y es público a través de la siguiente página de internet: http://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/summaries/GA21Syng_validated_Method.pdf.

En dicho protocolo se describe un método de detección cuantitativo en RT-PCR, empleando la tecnología TaqMan® para la determinación del contenido relativo del ADN del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 en ADN total de maíz. El procedimiento es un sistema “simplex”²⁰, empleando el gen endógeno de maíz *adh1* como gen de referencia para la amplificación de ADN especie específico (control interno del ensayo) y la amplificación de la secuencia blanco del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9; ambas amplificaciones son llevadas a cabo en viales separados. El ensayo se diseñó y optimizó en un equipo ABI Prism® 7700, sin embargo se puede emplear cualquier termociclador, siempre y cuando se modifiquen y se verifiquen las condiciones de reacción.

El método fue desarrollado por Syngenta Seeds y fue validado por el JRC en 2006. Los resultados se presentaron en un documento separado, mismo que se puede encontrar en la página de internet: http://gmo-crl.jrc.ec.europa.eu/summaries/GA21Syng_val_report.pdf.

El JRC en colaboración con la Red Europea de laboratorios de OGM (European Network of GMO Laboratories (ENGL)) llevó a cabo un estudio de validación total (ring-trial) siguiendo todos los lineamientos aceptados a nivel internacional para probar el desempeño del método de detección y cuantificación evento específico para el evento de transformación de maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9.

¹⁹ http://www.pronatura.org.mx/sobre_pronatura/sistema_nacional_pronatura.php

²⁰ Simplex: que únicamente se puede amplificar y detectar una secuencia de ADN con la misma reacción de PCR-TR.
© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

Participaron 16 laboratorios en el estudio de validación, miembros del ENGL, de ocho países de la Unión Europea. El JRC consideró que el desempeño del método es apropiado para los objetivos para los que fue diseñado, tomando en cuenta los criterios de desarrollo propuestos por el ENGL para métodos sometidos con fines regulatorios.

En conclusión, el JRC confirmó que el método validado es adecuado para fines de cumplimiento regulatorio, por lo que Syngenta declara expresamente que el método presentado en esta solicitud es el reconocido para la detección del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 objeto de esta solicitud.

Existe material de referencia certificado en el Instituto de Materiales de Referencia y Medidas del JRC de Europa, (Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM)): número de catálogo ERM-BF414 (series de la a-f)²¹.

Adicionalmente se desea declarar que en cumplimiento con el **artículo 66 del RLBOGM**, Syngenta Agro hace entrega a la autoridad competente con fecha de 23 de febrero de 2010, del material de referencia positivo que permite la detección, identificación y cuantificación del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 objeto de esta solicitud, así como material de referencia negativo del mismo.

De forma comercial existen métodos de detección rápidos que pueden ser útiles en actividades de monitoreo e inspección, empleadas como pruebas presuntivas dado que no son evento específico. Algunos métodos disponibles²² con capacidad para detectar las proteínas presentes en el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9, son:

- Envirologix™ QuickStix™ Kit for Roundup Ready® Corn – Número de catálogo AS 010 BG
- Envirologix™ QuickStix™ Kit for Roundup Ready® Plant Tissue – Número de catálogo AS 010
- Envirologix™ QualiPlate™ Kit for Roundup Ready® Corn – Número de catálogo AP 010
- Agdia® Inc. PathoScreenRoundupReady® ELISA: Complete Kit Número de catálogo: PSP 74000/0288

²¹ Visitar: http://irmm.jrc.ec.europa.eu/html/reference_materials_catalogue/catalogue/RM_Catalogue.pdf

Página 27.

²² Para mayor referencia por favor visitar: http://envirologix.com/artman/publish/cat_index_5.shtml, y <http://www.agdia.com/>

h) Existencia potencial de flujo génico del OGM a especies relacionadas.**• Tasas de entrecruzamiento y distancias de aislamiento**

Feil y Schmid (2002), Brookes y *et al.* (2004), Sanvido *et al.* (2008) y más recientemente Riesgo *et al.* (2010) han repasado recientemente la literatura en la dispersión del polen del maíz y tasas de entrecruzamiento. Estas revisiones, así como un número de otras publicaciones (Ingram 2000; Luna *et al.* 2001; Stevens *et al.* 2004; Halsey *et al.*, 2005; Ireland *et al.* 2006; Messeguer *et al.* 2006; Bannert y Stamp 2007; Lentini Z., *et al.* 2007; Devos, Y *et al.* 2009) precisan un número de factores bióticos y abióticos que pueden influenciar las tasas de entrecruzamiento de maíz, incluyendo:

- ♦ Sincronía floral entre el donador y receptor del polen
- ♦ temperatura ambiental al momento de la dehiscencia del polen
- ♦ Humedad relativa del ambiente al momento de la dehiscencia del polen
- ♦ Velocidad y dirección de los vientos prevalecientes (incluidas las turbulencias)
- ♦ Topografía del terreno
- ♦ Distancia entre el donador y el receptor del polen
- ♦ Competencia entre el polen foráneo y polen de la parcela receptora (la escala de la emisión del polen en la parcela receptora y la escala de la emisión del polen del donador relativo al tamaño de la parcela receptora del polen, así como el tamaño absoluto de la parcela receptora – entre más grande sea la parcela receptora, más grande la presencia del polen foráneo, éste se diluirá y así promedio de entrecruzamiento por lote será más bajo, por ejemplo, el entrecruzamiento es más alto en los márgenes de las parcelas que en los puntos medios de las mismas.
- ♦ Diseño experimental, por ejemplo, arreglos físicos entre el donador y el receptor del polen (concéntricos, vecinos o distantes uno del otro), método para determinar las tasas de entrecruzamiento (colecta de polen o colecta de semillas resultantes).
- ♦ Prácticas agronómicas como el desespigado, uso de surcos borderos, etc.

Existen diversos estudios acerca de las distancias a las que se presenta o no flujo entre parcelas o lotes de maíz a continuación se hace un breve recuento de ellos.

Tabla 13. Distancias y tasas a las que se he presentado entrecruzamiento en diversos estudios en campo

Autor del estudio y año	Distancia a la fuente del polen	Tasa de entrecruzamiento (%)
Sauthier M.A., <i>et al</i> 2004 (considerando condiciones muy favorables para la viabilidad del polen)	597 m	0.17
Halsey M.E. <i>et al.</i> , 2005	30	0.1-1.0
	60	0.1-1.0
	120	0.01-0.1
	240	0.01-0.1
	480	0.001-0.01
	750	<0.001
Goggi S. <i>et al</i> 2006 (promedio de mediciones de flujo en 8 puntos cardinales durante 2 años)	1	23.45
	10	2
	35	0.4
	100	0.04
	150	0.02
	200	0.0185
	250	0.016
Weekes R. <i>et al.</i> , 2007 (Se muestran datos promedio de %GM a distancias representativas, en el estudio se mencionan 18 distancias a la fuente de polen y se sugiere el asilamiento necesario dependiendo del tamaño del campo)	0	0.74
	20	0.16
	50	0.12
	100	0.10
	200	0.02
Lentini Z. <i>et al.</i> , 2007	24-98 m	0.3 y >0.9
	278m	>0.07
	328 m	0.01
Sanvido O. <i>et al.</i> , 2008 (análisis estadístico de varios estudios)	0-10 m	5.72
	10-25m	0.35
	25-50 m	0.23
	Más de 50 m	0.19

Como ya se revisó anteriormente casi todas las variantes de *Z. mays ssp. mays* pueden entrecruzarse fácilmente y formar híbridos viables. Dado que el maíz es un cultivo que se reproduce principalmente por entrecruzamiento, las cruces intraespecíficas pueden ocurrir entre plantas vecinas siempre y cuando los tiempos de floración entre ellas se sobrelapan y los factores agrometeorológicos y agronómicos mencionados más arriba lo permitan.

Las plantas voluntarias son agentes poco probables de transferencia de genes ya que los granos polinizados no son liberados naturalmente de la mazorca (OGTR, 2008).

La polinización mediada por viento puede ocurrir entre cultivos de maíz hasta varios metros, sin embargo debido al peso relativamente grande y al diámetro de los granos de polen, la mayor cantidad de polen es depositado dentro de los primeros 60 m a partir de la fuente del mismo. (Raynor *et al.* 1972; Luna *et al.* 2001; Aylor 2002; Jarosz *et al.* 2003) y existe poca o nula polinización más allá de los 300m (Luna *et al.* 2001). En los estudios llevados a cabo por Halsey *et al.* (2005) se consideró que tanto el tiempo de floración como la distancia de aislamiento son importantes para que se lleve a cabo el flujo

mediado por polen, concluyeron que para el caso de maíz, bajo condiciones experimentales, 200 m fueron suficientes para reducir el polen a $< 0.1\%$. También se debe tomar en cuenta que la probabilidad de entrecruzamiento depende de la competencia del polen local vs. polen foráneo, como ya se mencionó anteriormente. El hecho de que una sola planta de maíz produzca millones de granos de polen quiere decir, que aún cuando un grano de polen pueda viajar cientos de metros, la planta receptora siempre se verá rodeada por un número muchísimo mayor de polen local, disminuyendo con esto la probabilidad de polinización cruzada. (Bannert & Stamp 2007). Algunas medidas tendientes a disminuir la producción del polen como el desespigado, la esterilidad citoplásmica masculina o el uso de barreras biológicas de especies diferentes del maíz (Langhof M., *et al.*, 2008), contrariamente a lo pensado, podrían incrementar el flujo a larga distancia debido a la reducción de competencia de polen (Bannert & Stamp 2007).

En los estudios llevados a cabo en Argentina, en condiciones climáticas diferentes de México, se encontró que en dirección de los vientos dominantes podía existir polinización cruzada a una distancia de 597 m, aunque a partir de los 97 m no existió diferencia significativa, también concluyeron que comparando sus resultados con los de Luna *et al.*, 2001, pueden concluir que son menores las tasas de flujo en México, debido a las temperaturas elevadas que se presentan en nuestro país y recomendaron que en el caso de realizar la producción del cultivo transgénico, ésta se debería llevar a cabo en épocas en las que la floración coincida con vientos de poca intensidad y/o con temperaturas elevadas (mayores a 38°C), con lo cual se reduciría por un lado el tiempo en el que el polen queda viable y, por el otro, el desplazamiento del mismo (Sauthier *et al.*, 2004).

Por otro lado, Riesgo²³ *et al* (2010) con base en los numerosos estudios de campo que se han realizado en la Unión Europea, reportan un análisis estadístico de polinización cruzada en maíz, **mostrando que una distancia de aislamiento de 40 m es suficiente para mantener el porcentaje de presencia adventicia por debajo del 0.9% necesario en la UE.** No obstante lo anterior, esta medida de aislamiento no es la única medida que los autores están recomendando para la producción de maíz, si no además comentan que las barreras de polen de maíz convencional han demostrado reducir la polinización cruzada de maíz GM con mayor efectividad que la distancia de aislamiento impuestas por los gobiernos de la UE, que dejar un espacio libre entre cultivos o que cultivar otros cultivos diferentes al maíz. **Con una barrera de maíz convencional de 10 a 20 m alrededor de la fuente de polen de maíz GM, el maíz convencional aledaño a este raramente excede el porcentaje de presencia adventicia de 0.9%**, por lo que las zonas de amortiguamiento, zonas descartables y otras medidas pueden combinarse o sustituir a las distancias de aislamiento impuestas en la UE, en busca de un sistema que incremente las opciones reales que tienen los agricultores para elegir el cultivo de su elección.

- **Probabilidad de que se presente flujo génico del OGM a especies relacionadas en el sitio de liberación experimental propuesto**

De acuerdo a la evidencia científica presentada en el punto anterior y a la información contenida en el inciso 16. II. **“Identificación de la zona o zonas donde se pretenda liberar el OGM”** de esta solicitud; en la que se incluye el listado de especies sexualmente compatibles en las zonas aledañas al sitio (considerando la información disponible al momento de presentar esta solicitud), las características geográficas y tomando en cuenta las medidas de bioseguridad propuestas, se estima que la probabilidad

²³ <http://www.nature.com/nbt/journal/v28/n8/full/nbt0810-780.html>

© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

de que se presente flujo génico a poblaciones de maíces nativos es prácticamente nula, debido a las distancias de aislamiento natural, la topografía del sitio y la separación temporal. Mientras que es imposible que se presente flujo hacia poblaciones de teocinte, dado que hasta donde Syngenta tiene conocimiento por información de libre acceso, éste no ha sido reportado en el sitio de liberación propuesto.

CONCLUSIÓN DE LA EVALUACIÓN DE RIESGOS MEDIOAMBIENTALES

El híbrido de maíz con la tecnología GA21 no ve afectada sus características de supervivencia, multiplicación o diseminación excepto en presencia de glifosato. La probabilidad de que ocurran efectos medioambientales no deseados, incluyendo efectos directos o indirectos hacia plantas o sus productos, debido al cultivo de maíz con la tecnología GA21 no difiere de la del cultivo del maíz convencional. Con base a los datos disponibles, se prevé que la probabilidad de los efectos adversos sobre organismos no-blanco (plagas no objetivo) o sobre la funcionalidad del suelo sea muy baja o casi nula. Aún con la presencia del gen *mepsps* que le permite a la planta de maíz tolerar la aplicación de glifosato, no es probable que se provoque un efecto sobre la diversidad botánica adicional al que se genera con la aplicación de herbicidas, práctica común de manejo de malezas en México.

Por tanto, no se han identificado riesgos significativos en el análisis de riesgos medioambientales, incluidos los riesgos a la sanidad animal, vegetal y acuícola, a excepción de los asociados al uso del glifosato como herbicida (no objeto de esta solicitud), tal como ocurren en la agricultura convencional. El diseño de los ensayos de campo a pequeña escala y las medidas de seguridad adoptadas garantizan la reducción al mínimo de esta posibilidad.

i) Bibliografía reciente de referencia a los datos presentados,

Con fines de mantener un estilo científico uniforme, toda la bibliografía empleada se presenta al final en un apartado específico, se pide amablemente al lector referirse a él.

j) Las demás que establezcan las NOM que deriven de la Ley.

La Ley Federal de Procedimiento Administrativo en su Artículo 4 menciona que los actos administrativos de carácter general, tales como reglamentos, decretos, acuerdos, **normas oficiales mexicanas**, circulares y formatos, así como los lineamientos, criterios, metodologías, instructivos, directivas, reglas, manuales, disposiciones **que tengan por objeto establecer obligaciones específicas cuando no existan condiciones de competencia y cualesquiera de naturaleza análoga a los actos anteriores**, que expidan las dependencias y organismos descentralizados de la administración pública federal, **deberán publicarse en el Diario Oficial de la Federación para que produzcan efectos jurídicos**.

Al momento de la presentación de esta solicitud de permiso de liberación en fase experimental del maíz MON-ØØØ21-9, no han sido publicadas en el Diario Oficial de la Federación ninguna Norma Oficial Mexicana derivada de la LBOGM aplicable a los permisos de liberación en fase experimental, piloto o comercial.

IV. Medidas y procedimientos de monitoreo de la actividad y de bioseguridad a llevar a cabo

a) Medidas y procedimientos de monitoreo de la actividad:

1. Plan de monitoreo detallado

Se efectuará un monitoreo durante la liberación y la cosecha del maíz con la tecnología GA21. Las actividades incluyen:

- Efectuar una localización georreferenciada de los lotes de los agricultores cooperantes que siembren del maíz con la tecnología GA21 con el propósito de tener un control sobre los sitios de liberación y de esa manera evitar que se siembre en predios no autorizados.
- Realizar un monitoreo de canales de riego y drenes adyacentes a los predios con el fin de detectar el posible establecimiento de plántulas en sus orillas.
- Realizar una capacitación a todo el personal involucrado en la liberación experimental con el objeto de que toda persona relacionada con el cultivo conozca las posibles implicaciones, riesgos y beneficios de uso y manejo del maíz con la tecnología GA21. Además, todo el personal involucrado deberá saber que debido a que del maíz con la tecnología GA21 tiene como característica la tolerancia a la aplicación del herbicida Glifosato.
- Proporcionar la asistencia técnica necesaria a los agricultores para un adecuado manejo del cultivo por parte de un investigador o técnico reconocido de la zona.

2. Estrategias de monitoreo posteriores a la liberación del OGM, con el fin de detectar cualquier interacción entre el OGM y especies presentes relevantes, directa o indirectamente, en la zona o zonas donde se pretenda realizar la liberación, cuando existan

Después de la destrucción de la cosecha y material vegetal remanente, se establecerá un programa de monitoreo que pudiera incluir la búsqueda y destrucción de plantas voluntarias durante el ciclo de cultivo siguiente.

3. Estrategias para la detección del OGM y su presencia posterior en la zona o zonas donde se pretenda realizar la liberación y zonas vecinas, una vez concluida la liberación.

El administrador del ensayo deberá monitorear cada cuatro semanas el sitio y sus vecindades para verificar la no aparición de plantas voluntarias durante un período de seis meses. Fuera del sitio experimental se emplearán tiras reactivas que identifiquen la presencia de la proteína EPSPS, y en caso de ser necesario se tomarán muestras adicionales para su identificación evento específico.

b) Medidas y procedimientos de bioseguridad

PROCEDIMIENTOS DE BIOSEGURIDAD

Excellence through Stewardship® (Excelencia A Través de la Gestión o ETS por sus siglas en Inglés) es la primer iniciativa coordinada por la industria biotecnológica para promover la adopción global de programas de gestión y sistemas de gestión de la calidad para el ciclo de vida de los productos vegetales derivados de la biotecnología (desde su origen, durante su vida útil y hasta su discontinuación final), y tiene como finalidad complementar los programas de la industria y las partes interesadas que están dedicados a la gestión y la sustentación agrícola, además de estar diseñado para promover la comprensión y el conocimiento.

La gestión se define como el manejo responsable de un producto desde su origen, durante su vida útil y hasta su discontinuación final. En la biotecnología vegetal, la gestión incluye prestar mucha atención a la introducción y al uso responsable de los productos.

Las **Guías para la gestión** están diseñadas con el fin de brindar a los responsables del desarrollo de productos vegetales biotecnológicos, a los proveedores y las partes interesadas una descripción general de las consideraciones de la gestión en diferentes fases de la vida útil de los productos vegetales obtenidos por biotecnología.

Una organización que se dedica a descubrir, desarrollar o proporcionar productos vegetales biotecnológicos debe tener implementados programas de gestión y sistemas de gestión de calidad. Estos componentes se deben adaptar e incorporar, según sea adecuado, para abordar el tipo y el alcance de las operaciones y las actividades de la organización referidas a la vida útil del producto. Si bien un programa de gestión está definido por los sistemas de administración y estructura de una organización, también debe incluir funciones, políticas, procesos, capacitación y requisitos de documentación para un manejo responsable de productos.

Para apoyar estos esfuerzos, ETS ofrece las siguientes guías en el desarrollo y aplicación de programas de gestión y sistemas de gestión de la calidad²⁴

1. [Guide for Stewardship of Biotechnology-Derived Plant Products](#)
2. [Guide for Product Launch Stewardship of Biotechnology-Derived Plant Products](#)
3. [Guide for Maintaining Plant Product Integrity of Biotechnology-Derived Plant Products](#)
4. [Guide for Incident-Response Management of Biotechnology-Derived Plant Products](#)
5. [Guide for Product Discontinuation of Biotechnology-Derived Plant Products](#)

Dentro de este expediente, estas guías se abordan de manera general para conocer el alcance dentro del programa de gestión y sistema de gestión de la calidad.

²⁴ <http://www.excellencethroughstewardship.org/ETSOverview.aspx>

© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

Guía para la gestión de productos vegetales obtenidos por biotecnología²⁵

Esta *Guía* se aplica a la gestión en toda la vida útil del producto biotecnológico (Fig. 32). La *Guía* brinda orientación a los responsables de desarrollo, a los proveedores y a quienes participan en la investigación en biotecnología vegetal, a través de un programa de gestión general, junto con consideraciones para la gestión específica en cada fase de la vida útil. Existen otras *Guías de Excellence Through Stewardship* que ofrecen información adicional relacionada con fases específicas de la vida útil contenidas en esta *Guía*, además de otras actividades.

Además, la *Guía* está diseñada con el fin de brindar información útil a las partes interesadas asociadas, que incluyen a quienes venden, compran y usan productos vegetales obtenidos por biotecnología.



Figura 32. Vida útil de los productos vegetales obtenidos por biotecnología

Programa de gestión

Se debe considerar e incorporar apropiadamente el siguiente listado de componentes del programa a cada fase de la vida útil del producto, cuando se desarrollen nuevos programas de gestión o se mejoren los programas existentes que son acordes al tipo y al alcance de las operaciones y las actividades de la organización.

- La estructura de una organización, que incluye responsabilidades y funciones definidas, centrada en mantener y mejorar políticas y prácticas de gestión para garantizar la responsabilidad en todas las regiones del mundo.
- Políticas, procesos y procedimientos de gestión integrados a los sistemas de gestión de calidad.
- Programas de capacitación y concientización de la gestión para empleados, contratistas, colaboradores, titulares de licencias y productores.

²⁵ <http://www.excellencethroughstewardship.org/LinkClick.aspx?fileticket=1bxJGf1Odc%3d&tabid=62>

© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

- Redes de comunicación establecidas para diseminar información de forma interna y externa a las partes interesadas.
- Un proceso para mantener la integridad de los productos vegetales. Para obtener orientación detallada sobre este proceso.
- Procesos definidos de verificación de la gestión para las operaciones internas y externas.
- Un proceso para incluir gestión y responsabilidades y requisitos de gestión de calidad en contratos y acuerdos de licencias aplicables.
- Una política y un proceso para la comercialización y el lanzamiento responsable de productos vegetales obtenidos por biotecnología.
- Un proceso para manejar efectivamente incidentes potenciales que involucren a los productos vegetales obtenidos por biotecnología.
- Un proceso para la discontinuación responsable de productos biotecnológicos vegetales.
- Revisiones de administración de la gestión en los hitos de la vida útil de un producto.

Consideraciones de la gestión para cada fase de la vida útil de un producto vegetal obtenido por biotecnología:

1. Descubrimiento del gen



La fase de *descubrimiento del gen* incluye actividades para identificar y evaluar los genes específicos y otros elementos que se pueden utilizar para producir o construir un nuevo producto vegetal a través de la biotecnología.

La gestión para esta fase del ciclo de vida de un producto incluye garantizar que los procesos de diseño y construcción generen el producto deseado y que se mantenga la integridad del producto vegetal.

Las siguientes consideraciones se deben evaluar e incluir, según corresponda, en programas de gestión relacionados con el descubrimiento de genes.

Gestión de la calidad

Implementar un sistema de gestión de la calidad para mantener la integridad del producto vegetal. La *Guía para el mantenimiento de la integridad*²⁶ de los productos vegetales proporciona orientación sobre tal sistema.

Diseño del producto

Evaluar los elementos genéticos para determinar los factores que pueden afectar la seguridad en el medio ambiente y en la salud humana, por ejemplo:

- potencial de alergenicidad o toxicidad de las proteínas expresadas;
- consecuencias técnicas y regulatorias de los marcadores de selección, si se utilizan.

Selección del producto

Considerar las consecuencias técnicas y regulatorias cuando se seleccionan líneas vegetales transformadas para su avance en el proceso.

2. Desarrollo del producto vegetal



La fase de *desarrollo del producto vegetal* incluye actividades que tienen lugar antes de que un producto vegetal obtenido por biotecnología se pueda comercializar. Estas actividades incluyen la transformación y regeneración de la planta, la selección del evento en instalaciones cerradas de confinamiento o pruebas de campo bajo confinamiento, y la evaluación del evento para estudios agronómicos y regulatorios.

La gestión para esta fase del ciclo del producto incluye garantizar que existan sistemas implementados para mantener la integridad del producto vegetal, el cumplimiento de las normas y el uso efectivo y perdurable del producto.

Se deben evaluar e incluir las siguientes consideraciones, según corresponda, en programas de gestión relacionados con el desarrollo del producto vegetal.

Gestión de la calidad

Implementar un sistema de gestión de la calidad para mantener la integridad del producto vegetal. La *Guía para el mantenimiento de la integridad de los productos vegetales* proporciona orientación sobre tal sistema e incluye pautas para verificar que:

- se segregue el material vegetal en el almacenamiento y que tenga lugar un proceso para la identificación y enumeración precisas del mismo;
- existan procedimientos implementados para evitar la mezcla accidental del material vegetal;

²⁶ <http://www.excellencethroughstewardship.org/LinkClick.aspx?fileticket=P4qw2mlAeLc%3d&tabid=62>

- existan sistemas implementados para responder a los requisitos regulatorios asociados con las pruebas de campo bajo confinamiento;
- existan sistemas para responder a las consideraciones pertinentes al uso previo y posterior de la tierra; y
- las instalaciones y los equipos estén limpios y los materiales vegetales se usen o se desechen adecuadamente.

Para el uso sostenible del producto, desarrollar estrategias adecuadas de gestión, por ejemplo:

- control de la resistencia a los insectos, incluidas estrategias de refugio correctamente definidas; y
- control de la tolerancia de las malezas, como estrategias de rotación o combinación de herbicidas.

Planificación del lanzamiento del producto

Desarrollar una estrategia de lanzamiento de productos que incluya un proceso para la evaluación comercial y de mercado, para ser utilizado en el desarrollo de estrategias regulatorias y de comercialización. Además, considerar la discontinuación de productos como una parte del proceso de planificación. La *Guía para la gestión de lanzamiento de productos*²⁷ y la *Guía para la discontinuación de productos*²⁸ brindan las guías pertinentes.

Planificación y cumplimiento de la regulación

- Desarrollar una estrategia regulatoria basada en la ciencia para realizar análisis y recolectar datos adecuados de seguridad en humanos, eficacia y seguridad ambiental para cumplir con los requisitos regulatorios apropiados para los planes de uso previstos para el producto.
- Garantizar el cumplimiento de las normas para el transporte global, los requisitos de importación/exportación y las pruebas de campo. *Las fuentes de referencia para este componente se pueden encontrar en Confined Field Trials of Regulated Genetically Engineered Corn, Cotton and Soybean in the United States (Pruebas de campo bajo confinamiento de maíz, algodón y soja modificados por ingeniería genética y regulados, en los Estados Unidos) de BIO (Organización de la industria biotecnológica) (2007); en Compliance Management of Confined Field Trials of Genetically Engineered Plants (Gestión de cumplimiento de pruebas de campo bajo confinamiento de plantas modificadas por ingeniería genética) de CropLife International (2005) y en Handbook for Understanding and Implementing the Containment Analysis and Critical Control Point Plan for the Production of Plant-Made Pharmaceuticals and Plant-Made Industrial Products (Manual para comprender e implementar el plan de análisis de contención y*

²⁷ <http://www.excellencethroughstewardship.org/LinkClick.aspx?fileticket=U8SEhLYSZYA%3d&tabid=62>

²⁸ <http://www.excellencethroughstewardship.org/LinkClick.aspx?fileticket=13x-wiedNrM%3d&tabid=62>

de puntos críticos de control para la producción de productos farmacéuticos obtenidos de plantas y productos industriales obtenidos de plantas) de BIO 2007.

- Proporcionar una contención segura del material vegetal o las semillas durante el transporte y el almacenamiento intermedio.

3. Producción de plantas y semillas



La fase de *producción de plantas y semillas* incluye actividades diseñadas para garantizar que los productos vegetales se cultiven conforme a normas y requerimientos definidos.

Las siguientes consideraciones se deben evaluar e incluir, según corresponda, en programas de gestión relacionados con actividades de producción de plantas y semillas.

Gestión de la calidad

Implementar o adaptar un sistema de gestión de la calidad para mantener la integridad y la calidad del producto vegetal de acuerdo con normas internas para la producción y el procesamiento, y verificar que:

- se segregue el material vegetal en el almacenamiento y que tenga lugar un proceso para la identificación y enumeración precisas de todo el material vegetal plantado y cosechado;
- existan procedimientos implementados para evitar la mezcla accidental del material vegetal durante la siembra o la cosecha;
- existan sistemas implementados para tratar las consideraciones pertinentes al uso anterior y posterior de la tierra;
- existan sistemas implementados diseñados para mantener la integridad del producto vegetal en el campo; y
- los equipos estén limpios y que cualquier material vegetal cosechado sea usado o desechado adecuadamente.
-

Producción de contratos/Otorgamiento de licencias

1. Implementar un proceso para que los contratos y las licencias contengan los requerimientos adecuados de gestión. Esto incluye a los terceros, la producción en el campo, la producción de semillas y las licencias comerciales.
2. Implementar programas de verificación, capacitación y conciencia de la gestión para contratistas, titulares de licencias y productores.

Cumplimiento de la regulación

Garantizar el cumplimiento de las normas pertinentes, que incluyan el transporte, producción, tratamiento y almacenamiento de los materiales vegetales.

Lanzamiento de productos

Implementar la estrategia de gestión de lanzamiento de productos. La *Guía para la gestión de lanzamiento de productos* brinda las guías pertinentes.

4. Comercialización y distribución de las semillas y las plantas



La fase de *comercialización y distribución de semillas y plantas* incluye actividades relacionadas con la distribución de productos a través de la cadena interna de suministro y las cadenas externas de distribución hacia los clientes. Antes de la venta comercial de cualquier producto vegetal o de semillas obtenidas por biotecnología, el responsable del desarrollo del producto, o el titular de las licencias, deben haber obtenido todas las autorizaciones regulatorias necesarias como requisito previo al lanzamiento en el mercado.

Las siguientes consideraciones se deben evaluar e incluir, según corresponda, en programas de gestión relacionados con la comercialización y la distribución comercial de plantas y semillas.

Lanzamiento de productos

Implementar la estrategia de gestión de lanzamiento de productos para el producto. La *Guía para la gestión de lanzamiento de productos* brinda la orientación pertinente.

Educación sobre la gestión

Educar a la cadena de valor y distribución para que tenga conciencia y comprenda las recomendaciones de uso, incluyendo las guías específicas para permitir a las partes interesadas que definan prácticas de gestión que respalden el uso adecuado del producto.

Gestión de la calidad

Implementar o adaptar sistemas para mantener y documentar la integridad del producto vegetal, el control de las existencias y el rastreo²⁹ del producto. La *Guía para el mantenimiento de la integridad de los productos vegetales* brinda la orientación pertinente.

Retiro o devolución del producto

Implementar un proceso para controlar los materiales en las cadenas de suministro internas, como así también para recuperar o controlar el material en las cadenas de distribución comercial. Estos procesos deben incluir la documentación adecuada.

²⁹ “Rastreo” es la capacidad de seguir el movimiento de una planta obtenida por biotecnología a través de las etapas específicas de desarrollo, producción y distribución de semillas o plantas a los productores.

Cumplimiento de la regulación

Garantizar el cumplimiento de las normas pertinentes (por ejemplo, condiciones de autorización, requisitos de supervisión, requisitos fitosanitarios y de importación/ exportación).

Plan de discontinuación del producto

Desarrollar un plan de discontinuación de productos que trate estrategias regulatorias de registro, impactos potenciales en acuerdos de licencias comerciales en todo el mundo y que integre las necesidades de las partes interesadas en la cadena de valor. La *Guía para la discontinuación de producto*³⁰ brinda la orientación pertinente.



5. Producción del cultivo

La fase de producción del cultivo incluye actividades asociadas con el cultivo para cosecha de una planta o semilla obtenida por biotecnología, autorizada y disponible comercialmente. Las siguientes consideraciones se deben evaluar e incluir, según corresponda, en los programas de gestión relacionados con la producción de cultivos y plantas.

Uso del producto

Implementar prácticas de manejo de productos para permitir el uso adecuado y la sustentación. Éstas incluyen una guía sobre el uso del producto y la tecnología, y sus condiciones de uso.

Educación y capacitación

Brindar la comunicación y la capacitación adecuadas con respecto a las prácticas de manejo de productos que aumentan la eficacia del producto a largo plazo, por ejemplo, control de la resistencia a insectos o mezclas/rotación de herbicidas.

Opinión del cliente

Establecer procesos para capturar y manejar adecuadamente las opiniones del cliente sobre los atributos o el uso de los productos.

³⁰ Si bien esta *Guía* se refiere a productos como granos y semillas, la guía es válida para otros productos vegetales obtenidos por biotecnología. Sin embargo, esta *Guía* no tiene como propósito abordar variedades convencionales.

6. Utilización del cultivo



La fase de *utilización del cultivo* incluye el uso de productos vegetales obtenidos por biotecnología para alimento, pienso, fibra u otros propósitos (por ejemplo, biocombustibles, aplicaciones industriales, etc.). Las siguientes consideraciones se deben evaluar e incluir, según corresponda, en programas de gestión relacionados con la utilización del cultivo.

Integridad del producto

- Evaluar las recomendaciones y los requisitos regulatorios y de las partes interesadas en relación con la identidad y la pureza del grano.
- Cuando corresponda, promover que las partes interesadas implementen sistemas, a fin de mantener y documentar la integridad del producto vegetal, el control de las existencias y el rastreo del producto.
- Evaluar la necesidad de disponer de pruebas de diagnóstico para confirmar la identidad del producto en el grano y abordar determinadas necesidades.

Opinión de las partes interesadas

Implementar procesos para capturar y manejar adecuadamente las opiniones de las partes interesadas sobre los atributos o el uso del producto.

7. Descontinuación del producto



La fase de *descontinuación del producto* incluye actividades relacionadas con productos que se autorizaron para el uso comercial, pero que han alcanzado el final de su vida útil. Esta actividad es independiente y diferente a la que se asocia con los retiros y las devoluciones del producto. La descontinuación de un producto es una decisión empresarial que tiene en cuenta muchos factores, entre los que se incluyen los requisitos regulatorios imperantes, las fuerzas del mercado y el reemplazo del producto. La industria considera la descontinuación como una parte normal de la vida útil del producto. Para obtener información adicional, se debe consultar la *Guía para la discontinuación de productos*³¹.

Al implementar un programa de gestión relacionado con la descontinuación del producto, se deben evaluar e incluir las siguientes consideraciones, según corresponda.

Política de descontinuación del producto

Desarrollar una política que contemple los requisitos regulatorios, las fuerzas del mercado, el reemplazo del producto y la capacidad de cumplimiento de los titulares de licencias.

³¹ <http://www.excellencethroughstewardship.org/LinkClick.aspx?fileticket=13x-wiedNrM%3d&tabid=62>

© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

Proceso de discontinuación de productos

Implementar los procesos adecuados para la planificación, comunicación, ejecución y documentación de la discontinuación del producto.

Syngenta, representada por Syngenta Agro S.A. de C.V y Syngenta Seeds, Inc. – Field Crops – NAFTA, es miembro del programa ETS, por lo que el manejo de nuestros productos vegetales derivados de la biotecnología están en conformidad con ETS y las políticas internas de Syngenta.

En Syngenta reconocemos nuestra responsabilidad en gestión y cumplimiento como miembro de la industria desarrolladora de biotecnología vegetal. Con este fin, en 2008 implementamos un Programa de Gestión de Calidad (QMP) para LATAM que acompaña el desarrollo de nuevos productos biotecnológicos de la compañía. Nuestro programa establece prácticas y controles destinados a garantizar la integridad del producto vegetal en todos los procesos involucrados y así minimizar el riesgo, que productos biotecnológicos no autorizados estén presentes en las semillas permitidas, alimentos autorizados, o los canales de alimentación.

En el grupo de Cumplimiento de Biotecnología Vegetal de Syngenta, unidad funcional del grupo de Asuntos Regulatorios de Biotecnología, apoyamos al negocio en relación a los requerimientos regulatorios para la conducción de ciertas actividades con plantas genéticamente modificadas. Estas actividades se dividen en dos categorías:

1. Cumplimiento previo al registro de comercialización, tal como importación, movimiento y ensayos de campo (confinados y a gran escala).
2. Cumplimiento posterior al registro de comercialización que consiste en cumplir las obligaciones o las condicionantes del registro de comercialización (siembras comerciales), específicamente de manejo de resistencia a insectos para los productos que se comercializan.

Las actividades previas al pre registro son las siguientes:

- Obtención del permiso de movilización y de ensayos en campo con productos biotecnológicos regulados
- Desarrollo y mantenimiento de los Procedimientos de Operación Estandarizados (SOPs).
- Desarrollo y operación de un programa de capacitación de personal involucrado directamente en los ensayos de campo
- Auditorías e Inspecciones a los ensayos de campo
- Resolución a las cuestiones de cumplimiento
- Interacción con las agencias regulatorias

- Gestión del riesgo asociado con productos derivados de la biotecnología previo a la aprobación comercial.

Syngenta Agro S.A. de C.V al ser miembro del programa ETS, manejamos nuestros productos vegetales derivados de la biotecnología en conformidad con el programa ETS y las políticas internas de Syngenta, por lo que hemos desarrollado una serie de SOPs (Procedimientos de Operación Estandarizados) para el manejo seguro de los productos vegetales derivados de la biotecnología que se pretenden liberar en etapa experimental en México, como es el caso del maíz con la tecnología GA21.

MEDIDAS DE BIOSEGURIDAD

Las medidas de bioseguridad se resumen brevemente a continuación, más adelante se describen para cada etapa del cultivo y los procesos documentados.

El maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 se cultivará respetando las buenas prácticas de realización de ensayos.

- El lugar de ensayo se localizará en áreas donde el maíz no se cultive para la producción de semilla y la distancia mínima al campo de maíz más cercano no será en ningún caso menor de entre 300 m de cualquier zona sembrada con maíz convencional, distancia que dependerá en gran medida de la geometría tanto del sitio, como la de los vecinos de los alrededores. El aislamiento temporal podrá ser usado en el caso de que no se cumpla con la distancia de aislamiento de 300 m.
- Los ensayos estarán rodeados por un bordo de al menos seis surcos de plantas de maíz convencional, u otro cultivo, que harán el efecto de barrera tampón del polen. Estas líneas de borde barrera serán tratadas como el resto del ensayo y finalmente serán devitalizado, y no se emplearán como alimento ni pienso.
- Durante el tiempo que dure el ensayo, el lugar de la liberación será visitado periódicamente por el Administrador del experimento, o por la persona así designada, y el oficial de cumplimiento y para hacer observaciones y para asegurar que se están tomando las medidas adecuadas para controlar posibles plagas y enfermedades, así como el cumplimiento de todos los términos del permiso que apliquen al campo y medidas de bioseguridad.
- El grano producido en los ensayos de campo será cosechado; al momento de la cosecha se colocarán plásticos a ras de suelo en cada surco para mantener aislado cualquier mazorca o grano que se pudiese caer.
- Algunas variables de rendimiento requieren que el grano se mueva de la parcela a la casa del agricultor o algún almacén, por lo que esto se hará apegado al SOP desarrollado para este caso.
- Al final del ensayo, cualquier material vegetal sobrante tras la cosecha que no vaya a ser utilizado para análisis será devitalizado de acuerdo a los métodos aprobados en los procedimientos estándares de la compañía, tan pronto como las condiciones agronómicas y medioambientales lo permitan.

- Toda semilla que no haya germinado y permanezca en el suelo tras la siembra o que pudiese permanecer en suelo a pesar de las medidas tomadas podría prosperar como rebrote. Bajo las condiciones del lugar de ensayo, este hecho es altamente improbable porque todo el grano producido será cosechado y utilizado para análisis o destruido. En el caso de la probable aparición de rebrotes (voluntarias) éstas serán monitoreadas y deberán ser destruidas lo más pronto posible (obligatoriamente dentro de 14 días y no permitir floración). No obstante, el ciclo siguiente se sembrará en el lugar de ensayo un cultivo distinto del maíz convencional con destino a la cadena agroalimentaria y se inspeccionará periódicamente para asegurar que cualquier rebrote de maíz será fácilmente identificado y posteriormente destruido. El uso de herbicidas convencionales o de medios mecánicos destruirá cualquier rebrote detectado antes de la floración.
- Todas las plantas utilizadas en las liberaciones serán destruidas e incorporadas al suelo al final del ensayo.

1. Medidas y procedimientos para prevenir la liberación y dispersión del OGM fuera de la zona o zonas donde se pretende realizar la liberación.

Medidas de manejo de la semilla desde su empaclado en punto de origen hasta llegada a sitio experimental incluyendo el transporte

- Toda la semilla regulada y/o material vegetal viable deberá almacenarse en envases/empaques seguros para su transporte.
- Deberá completarse un Registro de Transporte (ROT) o equivalente y acompañará cualquier envío de material vegetal regulado.
- Semilla regulada y/o material vegetal viable deberá mantenerse separado (p. ej., empaque principal separado) de otras semilla y/o material vegetal durante el transporte.
- Semilla regulada y/o material vegetal viable deberá estar claramente etiquetado como material regulado.
- Empaques primarios, secundarios y terciarios usados para transportar semilla regulada y/o material vegetal viable deberán estar libres de granos previo al llenado y después de que se ha removido el material vegetal regulado.
- Cualquier residuo de material vegetal no identificado recuperado dentro del proceso de limpieza de granos (p. ej., mezcla de dos o más eventos durante el proceso de transporte) se designarán como no viable por una o más de las siguientes opciones: calor seco, vapor, trituración u otro método aprobado en el país correspondiente, comunicándolo primero al administrador del ensayo.

Medidas de manejo de la semilla al momento de la siembra y los potenciales remanentes

La siembra de ensayos con materiales genéticamente modificados es similar a la siembra de materiales convencionales, con excepción de que se debe de verificar la información de las actividades y de las condiciones de siembra. Específicamente, antes de efectuar la siembra se debe verificar:

- Que la superficie sembrada se ajuste a la autorizada en el permiso de liberación
- La ubicación georreferenciada (GPS) del predio antes de sembrar
- Verificar que los materiales estén en orden de siembra planeado y de acuerdo al protocolo de ensayo
- Verificar que las tolvas de siembra (si se utilizan) están completamente limpias antes de entrar al predio a sembrar.

Medidas de manejo del cultivo en pie

Establecer medidas efectivas para lograr el aislamiento espacial y reproductivo.

- **Aislamiento espacial:** Los ensayos deben aislarse reproductivamente de otras plantas de la misma especie o de parientes sexualmente compatibles separándolos con una distancia mínima de 300 m.
- **Aislamiento temporal (se usara esta opción, si no se cumple con la condición de aislamiento espacial):** Bajo ciertas condiciones ambientales, el aislamiento reproductivo de los lugares en los que se realizan los ensayos puede lograrse mediante el aislamiento temporal. Ello requiere escalonar la siembra del ensayo para que la liberación del polen se haya completado totalmente antes o después de la liberación del polen correspondiente de cualquier planta de la misma especie que pueda haberse cultivado dentro de la zona de aislamiento reproductivo. El aislamiento temporal se debe utilizar cautelosamente y no se recomienda en muchos ambientes por la variabilidad inherente a las condiciones de crecimiento que no hacen posible la predicción exacta del momento de la antesis.
- **Bordo:** El ancho del bordo es específico según la especie. Comúnmente, la variedad convencional utilizada para sembrar en el bordo debe: 1) madurar al mismo tiempo que el evento transgénico; 2) ser sembrada a una densidad comparable a la del ensayo; y 3) ser manejada utilizando prácticas agronómicas comunes. El administrador del ensayo a campo deben monitorear estrechamente la emergencia de las hileras de los bordos y resembrarlos rápidamente si no resultó adecuado. Para que los bordos sean efectivos, se debe contar con un sistema de monitoreo frecuente que confirme que la antesis del material experimental y de las plantas del bordo son concurrentes.

Medidas de manejo en el momento de la cosecha y medidas de manejo de todos los productos de la cosecha

El Administrador del ensayo, o la persona que se designe, deberán monitorear la cosecha en los sitios de los ensayos para asegurarse de que el material vegetal regulado remanente, será destruido como se indica en este proceso central:

- Debe mantenerse la identificación del evento en todo momento
- Cuando aplique los ensayos regulados deberán terminarse y cosecharse de acuerdo a las regulaciones locales o gubernamentales. Seguir los códigos de colores establecidos para material regulado (p. ej. azul para material regulado).

- Ningún material vegetal del sitio del ensayo, incluyendo material no regulado de las borduras, entrará en la cadena de consumo humano o animal, a no ser que sea autorizado por la Secretaría competente. Si este fuera el caso, asegurarse de contar con la autorización de uso o consumo humano incluyendo granos.
- Todo el equipo usado para cosechar en un sitio de ensayo (o para la terminación previo a la cosecha) deberá ser limpiado en el sitio del ensayo para eliminar el transporte no intencional de material regulado del sitio del ensayo. Métodos aceptables para la limpieza incluyen limpieza manual, aire comprimido, limpieza con aspiradora de la semilla remanente e hidrolavadora.
- Cualquier material vegetal residual no identificado recuperado durante el proceso de limpieza del equipo de campo se determinará como no viable por los siguientes métodos: calor seco, autoclave, trituración, incineración o tratamiento con herbicidas y/o químicos debidamente etiquetados y desechados en el sitio del ensayo.
- Todo el equipo de cosecha/terminación debe limpiarse e inspeccionarse visualmente para que esté libre de material vegetal antes de que entre al sitio del ensayo, incluyendo semilla y material vegetativo que pueda estar presente de operaciones anteriores.
- Cuando aplique, en los sitios de los ensayos que son terminados antes de la producción de semilla deberán ser destruidos y subsecuentemente incorporado al suelo o tratado con herbicidas/químicos debidamente etiquetados para hacer al material vegetal no viable. Las restricciones post-cosecha deberán aplicarse inmediatamente a los sitios de los ensayos que son terminados de forma temprana debido a que aún puede encontrarse semilla del material regulado de la siembra
- La destrucción del cultivo debe ocurrir en el momento oportuno.

2. Medidas y procedimientos para disminuir el acceso de organismos vectores de dispersión, o de personas que no se encuentren autorizadas para ingresar al área de liberación a dicha zona o zonas;

El sitio en el que se pretende llevar a cabo la liberación en fase experimental, se encuentra en propiedad privada y se colocara cerco eléctrico para evitar la dispersión por terceros.

3. Medidas para la erradicación del OGM en zonas distintas a las permitidas.

Como se menciona en el apartado **b) Medidas y procedimientos de bioseguridad;** en el caso de la probable aparición de rebrotes (voluntarias) éstas serán monitoreadas y deberán ser destruidas lo más pronto posible (obligatoriamente dentro de 14 días y no permitir floración). No obstante, el ciclo siguiente se sembrará en el lugar de ensayo un cultivo distinto del maíz convencional con destino a la cadena agroalimentaria y se inspeccionará periódicamente para asegurar que cualquier rebrote de maíz será fácilmente identificado y posteriormente destruido. El uso de herbicidas convencionales o de medios mecánicos destruirá cualquier rebrote detectado antes de la floración.

4. Medidas para el aislamiento de la zona donde se pretenda liberar experimentalmente el OGM

© 2010 Syngenta Agro S.A. de C.V. y Syngenta Seeds, Inc. Todos los derechos reservados.

De acuerdo a los datos presentados para cumplir con lo solicitado por el artículo 16 III h) “*Existencia potencial de flujo génico del OGM a especies relacionadas*” en esta solicitud, se propone que el sitio experimental esté a una distancia de por lo menos 300 m de cualquier zona sembrada con maíz convencional, distancia que dependerá en gran medida de la geometría tanto de los propios sitios, como la de los vecinos de los alrededores.

Los surcos experimentales serán rodeados por 6³² surcos borderos de plantas de maíz convencional, u otro cultivo, a fin de atrapar el polen que pudiese llegar a salir del experimento. Alrededor de los surcos borderos se dejará una zona arada sin sembrar o con pasto de entre 5 a 10 m que se determinará dependiendo del sitio y su geometría.

La siembra del sitio experimental se llevará a cabo con un desfase de la fecha de siembra de 21 días, con el fin de evitar o minimizar lo más posible la compatibilidad fenológica con cualquier campo de maíz que pudiese encontrar en los alrededores o en el caso de que no se cumpla con la distancia de aislamiento de 300 m³³.

5. Medidas para la protección de la salud humana y del ambiente, en caso de que ocurriera un evento de liberación no deseado

Es importante destacar que la inocuidad para el uso y consumo humano, animal y para procesamiento del cultivo de maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 ha sido demostrada ante la autoridad competente en México (COFEPRIS) y se obtuvo el documento que avala su Evaluación de Inocuidad el 24 de Mayo de 2002³⁴. También está aprobado en el país de origen, por lo que no se espera ningún riesgo a la salud humana en el caso de que se presentase la liberación no deseada del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9.

³² Se proponen 4 surcos debido al tamaño de la parcela experimental y la distancia propuesta de aislamiento, de acuerdo a las distancias de aislamiento para producción de semilla certificada publicadas en las “Normas específicas para la certificación de semilla de maíz de polinización libre” del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas

³³ Se proponen 300 m de acuerdo a las distancias de aislamiento para producción de semilla certificada publicadas en las “Normas específicas para la certificación de semilla de maíz de polinización libre” del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas.

³⁴ http://www.cofepris.gob.mx/wb/cfp/organismos_geneticamente_modificados

6. Métodos de limpieza o disposición final de los residuos de la liberación.

1. Todo el equipo de cosecha/terminación (si se utiliza) debe limpiarse e inspeccionarse visualmente para que esté libre de material vegetal antes de que entre al sitio del ensayo, incluyendo semilla y material vegetativo que pueda estar presente de operaciones anteriores.
2. Los sitios de los ensayos que son terminados antes de la producción de semilla deberán ser destruidos y subsecuentemente subsolados o tratado con herbicidas/químicos debidamente etiquetados para hacer al material vegetal no viable. Las restricciones post-cosecha deberán aplicarse inmediatamente a los sitios de los ensayos que son terminados de forma temprana debido a que aún puede encontrarse semilla del material regulado de la siembra
3. Todo el equipo usado en la cosecha de un ensayo (o para la terminación previo a la cosecha) deberá ser limpiado en el sitio para eliminar el transporte no intencional de material vegetal del sitio. Métodos aceptables de limpieza incluyen limpieza manual, aire comprimido, limpieza con aspiradora de la semilla remanente e hidrolavadora.
4. Cualquier material vegetal residual no identificado recuperado durante el proceso de limpieza del equipo de campo se determinará como no viable por los siguientes métodos: calor seco, autoclave, trituración, incineración o tratamiento con herbicidas y/o químicos debidamente etiquetados y desechados en el sitio del ensayo.
5. La destrucción del cultivo debe ocurrir en el momento oportuno.

V. Antecedentes de liberación del OGM en otros países, cuando esto se haya realizado, debiendo anexar la información pertinente cuando ésta se encuentre al alcance del promovente:

El maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 ha sido aprobado en los siguientes países y para las siguientes actividades³⁵ presentando un historial de uso seguro:

Tabla 14. Historial de aprobaciones a nivel mundial de maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9. Adaptada de: <http://www.agbios.com/dbase.php?action=Submit&evidcode=GA21>

País	Liberación al ambiente	Alimentación humana, animal o procesamiento	Alimentación humana	Alimentación animal
Argentina	1998	2005		
Australia			2000	
Brasil	2008	2008		
Canadá	1998		1999	1998
China		2004		
Corea			2002	2005
Estados Unidos de Norteamérica	1997	1996		
Filipinas			2003	2003
Japón	1998		1999	1999
México		2002		
Rusia			2007	2007
Sudáfrica		2002		
Taiwán			2003	
Unión Europea			2006	2005

³⁵ visitar: [http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=SYN-BT-Ø11-1+\(X4334CBR%2C+X4734CBR\)](http://www.agbios.com/dbase.php?action=ShowProd&data=SYN-BT-Ø11-1+(X4334CBR%2C+X4734CBR))

a) Descripción de la zona en donde se realizó la liberación;

Previo a obtener el estatus de de-regulado ante la APHIS, el maíz con la tecnología MON-00021-9 fue liberado en las zonas agrícolas de los siguientes estados de la Unión Americana:³⁶

Tabla 15. Estados de la Unión Americana en los que se libero maíz con la tecnología MON-00021-9, previo a la de-regulación.

Año	Localización	Notificación USDA
1994	Maui, HI	94-182-03N
1995	Maui, HI	94-283-02N
1995	Champaign, IL	95-074-01N
1996	New London, CT	96-137-02N
1996	Maui, HI	95-158-01N, 96-241-02N
1996	Champaign, IL	96-071-07N
1996	DeKalb, IL	96-071-07N
1996	Jersey, IL	96-071-07N
1996	Warren, IL	96-071-07N
1996	Yauco, PR	96-278-02N

³⁶ Visitar: http://www.isb.vt.edu/cfdocs/fieldte_sts2.cfm

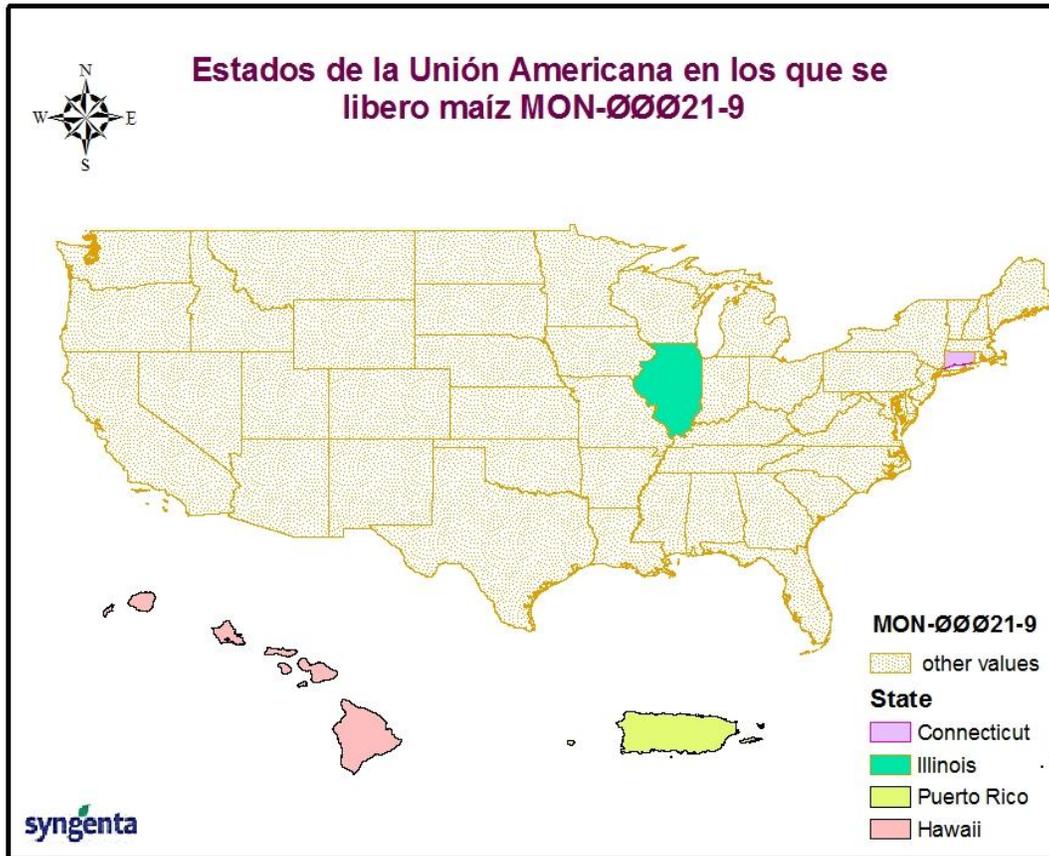


Figura 33. Mapa de los Estados de la Unión Americana en los que se liberó maíz MON-00021-9. Datos de la página de APHIS. “Generalización de los Estados de USA”, ESRI, 2008.

b) Efectos de la liberación sobre la flora y la fauna;

Como se describió en el documento preparado por Northrup King en 1995, en la sección V, titulada: “*Description of the phenotype of the Regulated Article*”, en la que se concluye sobre las liberaciones llevadas a cabo en los estados arriba mencionados, no se encontraron diferencias significativas sobre los siguientes parámetros:

- Adquisición de características de maleza o de incrementarla en especies con las que puede entrecruzar
- No hubo impactos negativos en los cambios de prácticas agrícolas o de cultivo
- No se encontraron efectos en organismos no blanco
- No se encontraron cambios o efectos en organismos benéficos

- No se encontraron efectos en organismos de suelo
- No se encontraron efectos en aves.
- No se encontraron efectos en invertebrados acuáticos
- No se encontraron efectos en mamíferos

Adicionalmente la APHIS concluyó que “...el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 *no tendrá impactos significativos adversos en organismos benéficos a las plantas o a la agricultura, ni organismos no blanco y no afectará a especies amenazadas o especies en peligro de extinción*” “... APHIS concluyó que el cultivo de la línea de maíz con la tecnología GA21 y cualquier progenie derivada del cruce híbrido con variedades de maíz no transformadas será tan seguro como las líneas de maíz cultivadas de manera tradicional que no están reguladas por la CRF7 parte 340” . Para más detalles favor de revisar la siguiente sección.

c) Estudio de los posibles riesgos de la liberación de los OGMs presentado en el país de origen, cuando haya sido requerido por la autoridad de otro país y se tenga acceso a él. La descripción de las medidas y procedimientos de monitoreo de bioseguridad establecidos deberá incluirse en el estudio. (En concordancia la etapa 1 del Análisis de riesgo de plagas para plagas cuarentenarias, incluido el análisis de riesgos ambientales y organismos vivos modificados NIMF. 11; apartado, 1.3 INFORMACIÓN para los OVM. La información aquí presentada es la necesaria para que la DGSV realice el análisis de riesgos conforme a la NIMF. 11).

La solicitud de desregulación³⁷ ante la USDA-APHIS se presentó el 19 de Abril de 1997³⁸, en el que se presentó el estudio de los posibles riesgos por la liberación del maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 **en Estados Unidos de Norteamérica**, al que la APHIS contestó oficialmente concluyendo que:

“La APHIS ha evaluado la información de la literatura científica, así como los datos sometidos por Monsanto Co y Dekalb Genetics. Que caracterizan al maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9. Después de un análisis cuidadoso la APHIS ha identificado que no hay impactos significativos al medio ambiente por la expedición de una determinación de que el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 no debiera ser más un artículo regulado bajo la regulación de la APHIS en el CFR 7 parte 340. Este hallazgo está basado en las siguientes conclusiones:

³⁷ De-regulación: Cualquier persona puede solicitar a la APHIS que ésta determine si un organismo GM regulado ya no debe ser regulado por la autoridad. La petición contiene información científica que evalúa la APHIS y ésta permite que el público aporte comentarios antes de tomar una decisión. La APHIS concede el estado de no-regulado si organismo GM no plantea riesgos de volverse plaga a los cultivos, comparado con una planta equivalente al organismo no GM. El estatus de no regulado significa que los permisos y las notificaciones ya no son necesarios para la introducción de este organismo al ambiente y que se puede comercializar para su siembra, uso y consumo. Ver: <http://www.aphis.usda.gov/biotechnology/submissions.shtml>

³⁸ Este documento es de libre acceso en su idioma original a través de la siguiente páginas de internet: <http://www.agbios.com/docroot/decdocs/01-290-061.pdf> . En la siguiente página se pueden encontrar también las decisiones de los gobiernos en las que se ha solicitado su siembra o liberación al medio ambiente: <http://bch.cbd.int/database/record-v4.shtml?documentid=14794>

1. *El maíz GA21 no presenta propiedades patogénicas. Aunque el ADN de organismos patogénicos fueron empleados en su desarrollo, las plantas de maíz no fueron infectadas por esos organismos ni estas plantas pueden incitar enfermedades en otras plantas.*
2. *El maíz GA21 no tiene más probabilidades de convertirse en hierba que el maíz desarrollado con técnicas tradicionales de cultivo. El maíz no es una maleza común, seria o principal en los Estados Unidos y no hay razones para pensar que la resistencia a insectos pudiera permitirle al maíz volverse una plaga de maleza.*
3. *El maíz GA21 no es probable que aumente las posibilidades de que otras especies cultivadas o silvestres con las que pueda cruzarse se conviertan en hierba.*
4. *El maíz GA21 es sustancialmente equivalente en composición, calidad y otras características al maíz no transgénico y no debería tener impactos adversos en materias primas o mercancías agrícolas procesadas.*
5. *El maíz GA21 no tendrá impactos significativos adversos en organismos benéficos a las plantas o a la agricultura, ni organismos no blanco y no afectará a especies amenazadas o especies en peligro de extinción.”*

Por lo tanto, después de revisar las evidencias disponibles, la APHIS concluye que el maíz con la tecnología GA21 será tan seguro de cultivar como el maíz no transgénico, que no es sujeto de regulación bajo el código 7 del CFR Parte 340, y que no debería haber ningún impacto significativo sobre el medio ambiente humano, si el maíz con la tecnología GA21 no se considera más un artículo reglamentado en virtud de su regulación (7 CFR Parte 340).”

En los documentos anexos referidos anteriormente se detallan con más precisión las medidas recomendadas por las autoridades.

Abajo se enlistan varios estudios de riesgo llevados a cabo por las autoridades competentes de diversos países sobre el uso y adopción de la línea de maíz GA21 con tolerancia a herbicida glifosato.

<i>Australia New Zealand Food Authority</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/01-290-058.pdf
<i>Australia New Zealand Food Authority</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/01-290-058.pdf
<i>Canadian Food Inspection Agency, Plant Biotechnology Office</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/01-290-060.pdf
<i>Comissão Técnica Nacional de Biossegurança - CTNBio (Brazil)</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/09-060-004.pdf
<i>European Commission. Placing on the market of foods and food ingredients produced from genetically modified Roundup Ready maize line GA21</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/06-286-011.pdf
<i>European Commission. Placing on the market of products containing, consisting of, or produced from genetically modified maize GA21 (MON-ØØØ21-9)</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/08-094-001.pdf
<i>European Commission. Opinion of the Scientific Committee on Food on the safety</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/06-031-001.pdf

<i>European Commission. Committee on Plants</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/2001093-a.pdf
<i>European Commission: Community Register of GM Food and Feed.</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/06-286-012.pdf
<i>Japanese Biosafety Clearing House, Ministry of Environment</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/06-291-009.pdf
<i>Office of Food Biotechnology, Health Canada</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/ofb-099-133-a.pdf
<i>Philippines Department of Agriculture, Bureau of Plant Industry</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/09-131-004.pdf
<i>Secretaria de Agricultura, Ganaderia, Pesca y Alimentos: Republica Argentina</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/05-291-003.pdf
<i>U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/04-225-008.pdf
<i>US Food and Drug Administration</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/bnfM051.pdf
<i>USDA-APHIS Environmental Assessment</i>	http://cera-gmc.org/docs/decdocs/01-290-061.pdf

Evaluaciones de riesgo llevadas a cabo por otras autoridades:

1. California EPA. (1997). Public health goal for glyphosate in drinking water. Pesticide and Environmental Toxicology Section, Office of Environmental Health Hazard Assessment, California Environmental Protection Agency. Url: http://www.oehha.ca.gov/water/phg/pdf/glypho_c.pdf
2. Carlisle, S.M. & Trevors, J.T. (1988). Glyphosate in the Environment. Water, Soil and Air Pollution 39, 409-420. Pesticides in water: Report of The Working Party on the Incidence of Pesticides in Water, Department of the Environment, HMSO, May 1996.
3. European Commission (2002). Report for the Active Substance Glyphosate, Directive 6511/VI/99, Jan. 21. Url: http://europa.eu.int/comm/food/fs/ph_ps/pro/eva/existing/list1_en.htm.
4. EXTTOXNET (2001) Glyphosate profile. Url: <http://ace.ace.orst.edu/info/exttoxnet/pips/ghindex.html>.
5. Franz, J.E., Mao, M.K. & Sikorski, J.A. (1997). Glyphosate: A Unique Global Herbicide. ACS Monograph No. 189. American Chemical Society. Washington, DC.
6. Giesy, J.P., Dobson, S. & Solomon, K.R. (2000). Ecotoxicological risk assessment for Roundup herbicide. Reviews of Environmental Contamination and Toxicology 167: 35-120.
7. Kishore, G. & Shah, D. (1988). Amino acid biosynthesis inhibitors as herbicides. Annu. Rev. Biochem. 57:627-663.
8. Levin, J.G. & Sprinson, D.B. (1964). The enzymatic formation and isolation of 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate. J. Biol. Chem. 239:1142-1150.

9. Moshier, L.J., Penner, D. (1978). Factors influencing microbial degradation of ¹⁴C-glyphosate to ¹⁴CO₂ in soil. *Weed Science* 26(6): 686-91.
10. Nida, D.L., Kolacz, K.H., Buehler, R.E., Deaton, W.R., Schuler, W.R., Armstrong, T.A., Taylor, M.L., Ebert, C.C. and Rogan, G.J. (1996). Glyphosate-tolerant cotton: Genetic characterization and protein expression. *J. Agric. Food Chem.* 44(7):1960-1966.
11. Padgett, S.R., Kolacz, K.H., Delannay, X., Re, D.B., La Vallee, B.J., Tinius, C.N., Rhodes, W.K., Otero, Y.I., Barry, G.F., Eichholtz, D.A., Peschke, V.M., Nida, D.L., Taylor, N.B. and Kishore, G.M. (1995). Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. *Crop Science* 35(5): 1451-1461.
12. Speth, T.F. (1994). Glyphosate removal from drinking water. *J. Envir. Engr.* 119: 1139-1157.
13. U.S. EPA (1993) Re-registration Eligibility Decision (RED): Glyphosate. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Prevention, Pesticides and Toxic Substances. Washington, D.C.
14. U.S. EPA (2000). Drinking water standards and health advisories. EPA 822-B-00-001. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency. URL: <http://www.epa.gov/waterscience/drinking/standards/dwstandards.pdf>
15. WHO (1994). Glyphosate. Environmental Health Criteria No. 159. World Health Organization, International Programme of Chemical Safety (IPCS), Geneva.
16. WHO (1997). Rolling Revisions of WHO Guidelines for Drinking Water Quality Report of Working Group Meeting on Chemical Substances for the Updating of WHO Guidelines for Drinking Water Quality. World Health Organization, Geneva.
17. Williams, G.M., Kroes, R. & Munro, I.C. (2000). Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 31: 117-165.

d) En caso de que el promovente lo considere adecuado, otros estudios o consideraciones en los que se analicen tanto la contribución del OGM a la solución de problemas ambientales, sociales, productivos o de otra índole, así como las consideraciones socioeconómicas que existan respecto de la liberación de OGMs al ambiente. Estos análisis deberán estar sustentados en evidencias científicas y técnicas, en los antecedentes sobre uso, producción y consumo, y podrán ser considerados por las Secretarías competentes como elementos adicionales para decidir sobre la liberación experimental al ambiente, y consecuentes liberaciones al ambiente en programa piloto y comercial, respectivamente, del OGM de que se trata.

Diversos estudios en impactos económicos de los cultivos GM resistentes a insectos han revelado beneficio para los agricultores, muchos de ellos cuando los rendimientos se ven comprometidos debido a la alta incidencia de plagas o malezas, o cuando las plagas presentes han desarrollado resistencia a algunos plaguicidas. Los beneficios relacionados a la adopción de los cultivos tolerantes a herbicidas pueden comprender tanto altos rendimientos como una significativa reducción en la aplicación de herbicidas para el control de las malezas.

Asimismo, recientemente un grupo de científicos de la República Checa publicó un documento expresando su opinión respecto de la experiencia de la Unión Europea en el uso/cultivo de organismos genéticamente modificados dentro de la Comunidad, a lo que a continuación nos permitimos exponer lo referente al resumen de dicho documento:

La regulación para la biotecnología agrícola tiene dos consecuencias socioeconómicas, inmediatas y a largo plazo, y que afectan a la sostenibilidad de los agroecosistemas. Las autoridades son responsables de la formulación de las normas mientras que los científicos deben proporcionar los datos necesarios para tomar decisiones prudentes.

Todas las actividades humanas tienen un cierto riesgo; el riesgo cero no existe, pero el riesgo relativo se puede estimar cuando se observan las dos siguientes condiciones:

1) El riesgo es la probabilidad de que ocurra un daño o peligro; el término probabilidad por definición expresa la incertidumbre, por ejemplo, refleja el hecho de que cierta información no está disponible. La adhesión al "principio de precaución" refleja la falta de voluntad para considerar, o incompetencia para llevar a cabo una evaluación de riesgo justa.

2) La evaluación de riesgos debe ir acompañada de la evaluación de los beneficios realizados en las mismas condiciones y con una metodología idéntica. La relación beneficio / riesgo es esencial para la identificación de riesgos aceptables como de información crucial para la toma de decisiones.

Los riesgos y beneficios de los cultivos GM sólo pueden ser evaluados por comparación con las variedades convencionales no transgénicas, ambos cultivados usando procedimientos estándar, incluidas las aplicaciones de insecticidas, herbicidas, etc. La ausencia de un comparador adecuado hace que los datos obtenidos a partir de cultivos GMs no tengan sentido.

Inevitablemente, la agricultura ha convertido a los ecosistemas naturales y diversificados en agroecosistemas basados sólo en monocultivo que a veces son explotados hasta el punto de causar daños irreversibles. La evaluación del impacto ambiental de las nuevas tecnologías es dictada por la necesidad de mitigar este daño en aras de la sostenibilidad agrícola. Los cultivos GM deberían ser examinados como cualquier otra tecnología en cuanto a posibles efectos en las comunidades de organismos en los ecosistemas, en particular sobre las especies que son esenciales para "servicios ecológicos" (control de plagas, ventilación de suelos, formación de humus, etc.) o servir como indicadores de la conservación de la biodiversidad.

Nuevos cultivares traen al ecosistema una nueva configuración genética; la posible transferencia de genes entre plantas sexualmente compatibles debe ser examinada en todos ellos.

Se debe tener cuidado en discriminar entre el impacto de las variedades vegetales y el de la agricultura per se, es decir, incluyendo los métodos de manejo del campo, las aplicaciones de productos químicos, la selección de cultivo, la rotación, etc.

El impacto de las nuevas tecnologías puede ser positivo o negativo; no hay razón para clasificar a priori algunas tecnologías como negativas y peligrosas. Numerosos estudios científicos se han llevado a cabo con cultivos GM y no se han encontrado efectos adversos superiores a los encontrados en la agricultura estándar. Los cultivos GM se han recomendado para los agricultores orgánicos.

Los datos científicos son ignorados en la implantación de la regulación para los cultivos GM. La actitud de las autoridades regulatorias hacia los cultivos GM depende de sus opiniones personales e ideológicas y se ve afectada por acuerdos políticos, disposiciones como los impuestos y subsidios, resultados económicos y los insumos de la agricultura nacional, el nivel de desempleo, la evaluación del comercio internacional con productos agrícolas, estado de ánimo del electorado, etc.

No existen datos científicos que muestren una posición excepcional de las plantas GM con respecto a las técnicas de mejoramiento "clásico". Las medidas regulatorias para los cultivos GM fueron justificables posiblemente hace una década dada la novedad de la técnica de obtención, sin embargo ahora han quedado obsoletas.

La regulación Europea para los OGMs es comparable con la de los productos químicos tóxicos, explosivos y narcóticos, lo que implica para el público en general y para muchos políticos que los OGMs presentan un nivel similar de peligro. El público debe ser correctamente informado sobre la naturaleza de los diferentes métodos de reproducción, así como sobre los principios de la ciencia ecológica.

Solamente los ciudadanos bien educados son capaces de contribuir en las discusiones relativas a las medidas de seguridad e implantación de cultivos GM. Las prohibiciones científicamente injustificadas en la implantación de los cultivos GM, disminuye la producción agrícola, priva a los agricultores del derecho a elegir lo que quieren cultivar, reduce la competitividad de la Unión Europea en términos de comercio global, y adoctrina a los ciudadanos de la UE a que las nuevas tecnologías se deben evitar. Este es un legado muy peligroso para las generaciones futuras.

Los factores socioeconómicos que afectan el uso de los cultivos GM incluyen la presión de distintos grupos de interés. Todos estos temas son muy volátiles y difíciles de controlar. Las decisiones con base en estos factores deben ser claramente declaradas como políticas, y no deben pretender tener una base científica.

El uso de los cultivos GM se ha propagado rápidamente fuera de Europa. La cooperación con los países en desarrollo en la investigación agrícola debe ser ampliada y con un enfoque en la evaluación de riesgos de las tecnologías de nueva implantación.

Esta declaración resume las sugerencias de los científicos Checos que tienen experiencia práctica con modificaciones genéticas (MG) aplicables, o ya explotadas, en la agricultura.

Listado de estudios publicados en referencia al maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9

Se presenta una lista no exhaustiva de estudios conocidos por Syngenta, en los que se evaluó la seguridad ambiental o la eficiencia de la modificación genética para el manejo de malezas. Esta lista puede considerarse una selección de las publicaciones disponibles referidas al evento MON-ØØØ21-9.

1. Padgett, S.R., Re, D.B., Barry, G.F., Eichholtz, D.E., Delannay, X., Fuchs, R.L., Kishore, G.M. and Fraley, R.T. (1996). New weed control opportunities: Development of soybeans with a Roundup Ready gene. In: Duke, S.O. (ed.), *Herbicide-resistant crops: Agricultural, environmental, economic, regulatory, and technical aspects*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, and London, England, pp. 53-84.
2. Steinrucken, H.C. & Amrhein, N. (1980). The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvyl-shikimate-3-phosphate synthase. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 94:1207-1212.
3. Sullivan DS, Sullivan TP (2000). *Non-target impacts of the herbicide glyphosate: A compendium of references and abstracts*. 5th Edition. Applied Mammal Research Institute, Summerland, British Columbia, Canada.
4. U.S. EPA (1992). Pesticide tolerance proposed rule. *Federal Register* 57: 8739-8740.
5. Williams, G.M., Kroes, R. & Munro, I.C. (2000). Safety evaluation and risk assessment of the herbicide Roundup and its active ingredient, glyphosate, for humans. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 31: 117-165.

e) En caso de importación copia legalizada o apostillada de las autorizaciones o documentación oficial que acredite que el OGM está permitido conforme a la legislación del país de origen, al menos para su liberación experimental, traducida al español. La Secretaría competente, de considerarlo necesario, podrá requerir copia simple de la legislación aplicable vigente en el país de exportación traducida al español.

Con el fin de dar cumplimiento al presente requerimiento, se presenta la documentación oficial que acredita que el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 está permitido en el país de origen (Estados Unidos de Norteamérica) para su liberación al ambiente:

- a) Documento de decisión de la APHIS de conceder la des-regulación al maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9, objeto de esta solicitud, para su venta comercial como semilla para siembra sin tener que presentar requisitos adicionales. Emitido el 18 de noviembre de 1997.³⁹
- b) Se presenta la documentación que acredita que el grano proveniente de variedades de maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 , está permitida para su utilización como grano (consumo humano), forraje y ensilado (y animal) en Estados Unidos por parte de la Agencia de Alimentos y Medicamentos (Food and Drug Administration, FDA por sus siglas en inglés). Emitido el 10 de febrero de 1998.⁴⁰
- c) Asimismo, se adjunta un Informe Oficial que describe con precisión los derechos de compra de Syngenta en y para la tecnología del Evento GA21 y de su Equivalencia en el Evento GA21 descrito en la Consulta y en la Desregulación.

³⁹ Para la versión en línea en la página web, favor de visitar: <http://cera-gmc.org/docs/decdocs/01-290-061.pdf>

⁴⁰ Para la versión en línea en la página web, favor de visitar: <http://cera-gmc.org/docs/decdocs/bnfM051.pdf>

VI. Consideraciones sobre los riesgos de las alternativas tecnológicas con que se cuente para contender con el problema para el cual se construyó el OGM, en caso de que tales alternativas existan;

El maíz con la tecnología GA21 tiene la característica de tolerar la aplicación del herbicida glifosato, herbicida sistémico no selectivo para aplicación en post-emergencia a la maleza en los cultivos como jitomate, maíz, sorgo, agave, vid, chile, berenjena, calabacita, melón, pepino, sandía, chayote, entre otros, siendo entonces no exclusivo para el cultivo de maíz. Se debe evitar que este herbicida entre en contacto directo con los cultivos porque los puede dañar, ya que el glifosato se absorbe por las hojas y se trasloca hasta las raíces y otras partes de la planta. El glifosato no tiene actividad en el suelo por lo que no daña la emergencia de los cultivos cuando la aplicación se realiza antes de que ésta ocurra.

Se piensa que el uso de maíz con tecnologías que le confieran características de tolerancia a glifosato harán que: 1) el maíz persista y se convierta en maleza, o 2) el uso de glifosato en campos dónde se encuentren maíces con tecnologías de tolerancia a glifosato provocará resistencia en las malezas presentes.

Tales aseveraciones tienen diferentes formas de abordarse, a lo que para la primera opinión se puede responder que las plantas voluntarias de maíz tolerante a glifosato pueden ser erradicadas usando herbicidas de diferente modo de acción, lo que comúnmente se hace en las prácticas agrícolas de hoy en día. Por otro lado, para la segunda opinión, independientemente de la utilización de maíz con tecnología de tolerancia a la aplicación de glifosato, el repetido uso de glifosato o herbicidas con el mismo modo de acción en los diferentes cultivos dónde esté se utiliza, puede provocar desarrollo de poblaciones resistentes al herbicida, por lo que es común recomendar utilizar otros herbicidas de diferente modo de acción.

Las malas hierbas son plantas que crecen donde no son deseadas e interfieren con los intereses del hombre (Ashton y Monaco, 1991; Anderson, 1996). Al conjunto de malas hierbas en un área se le denomina maleza e incluye tanto a las especies silvestres como a los cultivos voluntarios indeseables (Chandler y Cooke, 1992). La maleza compite con los cultivos por luz, agua y nutrimentos y si no son controladas oportuna y eficientemente, reducen significativamente su rendimiento y la calidad del grano cosechado (Bridges, 1995). El manejo de la maleza es una de las prácticas más antiguas en la agricultura. Sin embargo, debido a que el efecto nocivo de la maleza no es evidente al inicio del desarrollo de los cultivos, en muchas ocasiones no se le otorga la importancia debida y su control se lleva a cabo cuando el cultivo ya ha sido afectado (Rosales *et al.*, 2002). El manejo integrado de maleza implica no sólo depender de las medidas de control de la maleza existente, sino prevenir la producción de nuevos propágulos, reducir la emergencia de maleza en los cultivos y maximizar la competencia del cultivo hacia la maleza. El manejo integrado de maleza hace énfasis en la conjunción de medidas para anticipar y manipular las poblaciones de maleza, en lugar de reaccionar con medidas emergentes de control cuando se presentan altas infestaciones (Dieleman y Mortensen, 1997). El objetivo del manejo integrado de maleza es maximizar el rendimiento de los cultivos, optimizar las ganancias del productor y aumentar la eficiencia en la producción del cultivo, al integrar técnicas preventivas, conocimientos científicos y prácticas de manejo.

CLASIFICACION DE LAS MALAS HIERBAS

El primer paso en el diseño de un programa de manejo de maleza es conocer a la maleza a controlar (Ashton y Monaco, 1991). Existen algunas formas de clasificación de las malas hierbas que son útiles en su identificación:

Clasificación botánica

La clasificación botánica de las malezas es la más importante, ya que es un sistema que permite identificar plenamente a una planta a través de sus características morfológicas, principalmente de sus órganos reproductivos, en familias, géneros y especies (Radosevich *et al.*, 1997). El nombre científico de las plantas consta de dos palabras en latín, la primera indica el género y la segunda la especie. Para precisar más, se añade el autor, es decir, el nombre del botánico que primero describió la planta con ese nombre. Para ello, se acostumbra usar abreviaturas, por ejemplo, L. que significa Linneo; en algunas ocasiones las especies se han tenido que reclasificar y la abreviatura del apellido del reclasificador aparece después de la del autor. Esta nomenclatura binomial es usada internacionalmente, lo cual evita confusiones por el uso de nombres comunes que varían entre regiones o países. Por ejemplo, la correhuela perenne, es conocida también como gloria de la mañana, oreja de ratón y lengua de pollo en México y “field bindweed” en Estados Unidos. Al conocer su nombre científico: *Convolvulus arvensis* L. se tiene la certeza de que se trata de la misma planta. Por lo anterior, la identificación adecuada de una mala hierba por su clasificación botánica es fundamental para su manejo.

Clasificación morfológica

Por su forma, las principales malas hierbas pueden ser clasificadas en:

Hojas anchas: Estas plantas presentan las nervaduras de las hojas en forma de red o reticuladas, dos hojas seminales o cotiledonares en las plántulas y raíces primarias con crecimiento vertical. Ejemplos: quelite, polocote y correhuela.

Zacates: Son plantas que presentan sólo una hoja seminal en sus plántulas, hojas con disposición alterna y nervaduras paralelas y sistema radical fibroso. Ejemplos: zacate Johnson, zacate de agua, zacate cola de zorra.

Ciperáceas: Estas plantas tienen características similares a los zacates, sus principales diferencias consisten en que tienen tallos triangulares y las hojas se presentan en rosetas que nacen de la base del tallo y la inflorescencia. Ejemplos: coquillo morado y coquillo amarillo.

Clasificación por ciclo de vida

Anuales: plantas que completan su ciclo de vida en menos de un año. Pueden ser anuales de invierno (octubre-abril) o de verano (mayo-septiembre). Algunos ejemplos de malas hierbas anuales de invierno son: la borraja *Sonchus oleraceus* y la mostacilla *Brassica campestris* y anuales de verano: el quelite *Amaranthus hybridus* y el girasol silvestre o polocote *Helianthus annuus*.

Bianuales: malas hierbas que su ciclo de vida comprende dos años. En el primer año, la planta forma la roseta y una raíz primaria profunda y en el segundo año florecen, maduran y mueren. Las malas hierbas bianuales no son muy comunes. Un ejemplo de mala hierba bianual es la zanahoria silvestre *Daucus carota*.

Perennes: plantas que viven más de dos años y si se presentan condiciones favorables pueden vivir indefinidamente. Se reproducen por semilla y en muchas ocasiones vegetativamente a través de estolones, tubérculos, rizomas o bulbos. El zacate Johnson *Sorghum halepense* y la correhuela perenne *Convolvulus arvensis* son ejemplos de malas hierbas perennes.

A continuación se expone la práctica común en el control de malezas en la agricultura:

Control de malezas en maíz.

En todos los cultivos existe un periodo en el que la presencia de malezas o malas hierbas causa los mayores daños en el rendimiento. Ese periodo por lo general se ubica en las primeras semanas del ciclo, después de la emergencia de los cultivos. En maíz, la magnitud de ese periodo, llamado periodo crítico de competencia (PCC), es variable y depende de la variedad de maíz, el ciclo del cultivo, la fecha de siembra, las especies de malezas, la presión de malezas, entre muchos otros factores. Sin embargo, en lo que todos los investigadores coinciden es que el PCC en maíz se ubica entre la primera y sexta semana después de la emergencia del cultivo, permitiendo un máximo de 5% de pérdida de rendimiento.

La presencia de malezas durante ese periodo reduce gravemente el rendimiento del cultivo, por lo que se deben de hacer todos los esfuerzos para evitar o limitar la presencia de malezas.

La presencia posterior de malezas en cultivos que han superado el PCC, no tiene un gran impacto en el rendimiento del maíz, pero si interfiere con la cosecha y, adicionalmente, esas plantas de malezas producen semillas que van a recargar la reserva de semillas en el suelo, de donde se originarán las futuras generaciones de plantas competidoras, por lo que su control sigue siendo importante, aún en etapas tardías del cultivo.

Los productores de maíz realizan prácticas de control de malezas que son efectivas, pero con frecuencia se hacen tardíamente. El control de malezas en maíz y en cualquier cultivo, debe realizarse oportunamente, echando mano de todas las herramientas de control disponibles para los productores. Para maíz, hoy en día existen múltiples técnicas de control de malezas que hacen posible reducir al máximo las pérdidas de rendimiento atribuibles a la competencia, pero ninguna de ellas será efectiva si se realiza tardíamente.

Una práctica oportuna implica que el agricultor prepare con tiempo todos los recursos para el manejo del cultivo. Iniciar la búsqueda de soluciones cuando el problema ya es evidente, generalmente termina en catástrofe, pues muchas veces los insumos no se encuentran disponibles en el lugar y en el momento en que se requieren. Tratar de resolver problemas al momento como la presencia de malezas, plagas, fertilización, etc., casi siempre resulta ineficiente. Siempre es mejor prevenir. Para prevenir las pérdidas de rendimiento el agricultor debe estar preparado para actuar oportunamente. Realizar las prácticas de preparación del terreno; proveerse de la semilla, fertilizantes y otros agroquímicos, y preparar los implementos que utilizará durante el ciclo del cultivo, será de gran ayuda.

El rendimiento del maíz en cultivo, en las primeras fases de su desarrollo, puede ser afectado seriamente por la competencia ejercida por la maleza, asimismo, la maleza puede ocasionar daños en forma indirecta al propiciar el incremento de plagas de insectos, enfermedades y roedores, así como dificultar

la cosecha, afectar la calidad de la misma, e influir en la incidencia de la maleza en los terrenos debido a su producción de semilla. Para evitar el daño ocasionado por la maleza el productor asigna gastos para su control a través de métodos manuales (uso de azadón), mecánicos (escardas) y químicos (herbicidas).

El control químico de la maleza en las áreas productoras de maíz consiste en una aplicación total de herbicidas en preemergencia, así como de aplicaciones dirigidas de herbicidas postemergentes. La aplicación de herbicidas preemergentes generalmente incluye la mezcla de un producto para el control de maleza de hoja ancha y otro para zacates, debido a que el espectro de acción de cada producto en la mezcla no les permite eliminar todas las especies de maleza que se presentan en el maíz. Por otro lado, los herbicidas postemergentes que se comercializan actualmente presentan problemas de selectividad y su aplicación requiere del uso de equipos especiales de aspersion con el objeto de reducir el riesgo de fitotoxicidad al cultivo por el uso de herbicidas totales, otra desventaja de este tipo de aplicaciones es que con este método no se elimina la maleza presente en la hilera del cultivo, lo cual indica que el método de control químico convencional depende aún de las escardas mecánicas y del control manual para lograr un eficiente control de maleza.

PRINCIPALES MALEZAS EN MAÍZ,

En México se reportan más de 400 especies de malas hierbas, pertenecientes a más de 50 familias botánicas, asociadas a diferentes cultivos (Villaseñor y Espinosa, 1998; Tamayo, 1991). Las principales especies de maleza en maíz en el Estado de Tamaulipas se presentan en la tabla 15 (Asociación Mexicana de la ciencia de la Maleza, A.C.).

Tabla 16. Malezas más comunes y problemáticas presentes en el cultivo de Maíz en la región Agrícola de Tamaulipas (Asociación Mexicana de la ciencia de la Maleza, A.C.)

Nombre científico: *Amaranthus blitoides* L.

Nombre común: Quelite rastrero

Planta anual de 10-50 cm, muy ramificada, postrada o ascendente. Hojas de obovadas a elípticas, con el ápice obtuso y el margen blanquecino y cartilaginoso. Flores con 4-5 tépalos muy desiguales, el mayor más largo que el fruto. Inflorescencia formada sólo por glomérulos axilares, rematada por hojas. Frutos en pixidio.



Nombre científico: *Amaranthus hybridus* L.

Nombre común: Quelite

Planta anual de 20-100 cm, erecta. Hojas ovadas o romboidales. Flores agrupadas en una inflorescencia terminal no muy densa, verdosa o rojiza, con el espicastro terminal más largo que los laterales. Flores con tépalos lanceolados, con el ápice agudo; a los menos algunos más cortos que el fruto, que es de tipo pixidio.



Nombre científico: *Cenchrus pauciflorus* M. A. Curtis

Nombre común: Zacate cadillo

Hierba anual, erecta, con frecuencia creciendo varios individuos juntos, de 25-60 cm de altura. Tallo: Tendido y ramificado, con pubescencia variable, hueco, delicado, con varios nudos manifiestos. Hojas alternas, vainas con pelos adpresos en los márgenes cerca del ápice; lígula ciliada; láminas planas, lineares a lanceoladas, de 4 a 35 cm de longitud y 5 a 8 mm de ancho, sin pelos a pubescentes en la base del haz; frecuentemente las puntas de las espinas de color púrpura con el tiempo. Inflorescencia: Racimos densos, espiciformes, de 3 a 10 cm de largo. Espiguillas unifloras, sésiles, en grupos de 4, protegidas por un involucro piloso de 6 a 8 mm de diámetro, formado por numerosas cerdas, de las cuales las externas son delgadas y las internas espinoides, unidas entre sí por encima de la base hasta su mitad; glumas desiguales, la primera de 1.3 a 3.4 mm de largo, la segunda de 3.8 a 5.7 mm de largo, 3 a 6 nervada; la lema estéril de 4.5 a 6.5 mm de largo; páleas ásperas al tacto. Fruto ovoide, de 1.6 a 3.2 mm de largo por 1.3 a 2.2 mm de ancho.



Nombre científico: *Chenopodium murale* L.

Nombre común: Quelite puerco

Planta erguida o ascendente, de 10 a 60 cm de alto. Tallo profusamente ramificado desde la base, a veces con textura harinosa (farinoso). Hojas con pecíolos delgados, ovadas o rómbico-ovadas, de 2 a 7 cm de largo por 1 a 5 cm de ancho, irregularmente sinuado-dentadas, con textura harinosa en el envés, sobre todo cuando tiernas. Inflorescencia: En forma de pequeños glomérulos, de cimas o panículas axilares o terminales, más bien cortas. Flores pentámeras, diminutas; perianto de 1 mm de largo, lobulado, los lóbulos harinosos, envolviendo el fruto de manera incompleta. Fruto (un utrículo) envuelto incompletamente por el perianto; pericarpio adherente a la semilla; semilla horizontal, finamente punteada, biconvexa, de 1.5 mm de diámetro, con el borde agudo o atenuado (formando un ángulo menor de 45°).



Nombre científico: *Convolvulus sp L.*

Nombre común: Correhuela

Planta rastrera o trepadora, con pocos pelos o sin ellos. Tamaño: Hasta de 1 m o más de largo. Tallo: Tallo simple, delgado, flexible, sin pelos, rastrero o crece en forma espiralaza, escasamente ramificado. Hojas con peciolo de 3 mm a 3 cm de largo, limbo de forma variable, oblongo-elípticos a angostamente oblongos, de 1 a 7 cm de largo por 6 a 40 mm de ancho, enteros o levemente ondulados, base cordada o sagitada, sin pelos o con pelos largos muy entrecruzados. Flores axilares, solitarias o en grupos de 2 ó 3, a veces hasta 5; brácteas de 1.5 a 3 mm de largo, pedúnculos de 0.4 a 3.5 cm de largo, pedicelos más cortos que los pedúnculos; sépalos exteriores elípticos, los interiores orbiculares, sin pelos o si los hay son largos y muy entrecruzados en el dorso, coriáceos, de 3 a 5 mm de largo, corola en forma de embudo, blanca o rosada, de 1 a 2.5 cm de largo y de 2 a 3.5 cm de diámetro; filamentos de 4.1 a 5.5 mm de largo por 0.8 a 1 mm de ancho, estigma de dos ramas alargadas.



Nombre científico: *Heliantus annus L.*

Nombre común: Polocote

Planta anual de hasta 2,5 m, generalmente no ramosa. Tallo hispido. Hojas alternas, grandes, ovadas y más o menos cordadas, con el margen aserrado. Inflorescencia en capítulo terminal de gran tamaño, con flores liguladas amarillas, situadas en el exterior y flosculosas negruzcas o pardas en el disco, estas últimas con una escama en su base. Fruto en aquenio grisáceo generalmente con bandas negras.



Nombre científico: *Amaranthus palmeri* S. Wats

Nombre común: Quelite

Planta dioica, anual o a veces perenne, erecta, glabra (sin ningún tipo de pelos). Hasta de 1.5 (3) m de alto. Tallo: Con rayas longitudinales, verde a amarillo, café o rojizo, con frecuencia profusamente ramificados desde la base. Hojas alternas, láminas foliares rómbicas, ovadas a rómbico-lanceoladas, de 1.5 a 10 (17) cm de largo por 1 a 4 (8) cm de ancho; ápice agudo a acuminado con una espina fina en la punta; base redondeada a cuneada; nervación prominente en el envés, a veces algo pubescente; pecíolos delgados, de 1 a 5 (10) cm de largo. Inflorescencia unisexuales, en forma de espigas terminales. Flores poco vistosas; las masculinas con 5 tépalos angostamente triangulares, con punta rígida, desiguales, los externos de 2.5 a 4 (5) mm de largo, los internos de 2 a 3 (4) mm de largo.



Nombre científico: *Ipomoea purpurea* (L.) Roth

Nombre común: Campanitas

Planta herbácea, rastrera o trepadora. De 20 cm a 2 m de longitud. Generalmente ramificado en su base, con pelos amarillos hasta de 4 mm de largo. Hojas con pecíolos de 4 a 20 cm de largo, con pelos; láminas foliares en forma de corazón, ovadas, enteras o trilobadas, o bien, raramente 5 lobadas, de 3 a 17 cm de largo y 2 a 15 cm de ancho, ápice agudo a acuminado, base cordada de seno profundo, con pelos esparcidos a densos en ambas caras, mismos que disminuyen con la edad. Inflorescencia es una cima con 1-5 flores. Flores solitarias o dispuestas en cimas 2 a 5-floras en las axilas de las hojas, pedúnculos de 0.2 a 18 cm de longitud, pedicelos de 5 a 20 mm de largo, ambos con pelos, brácteas lanceoladas, de 1 a 9 mm de largo, con pelos; sépalos desiguales: los exteriores lanceolados a angostamente elípticos, de 8 a 17 mm de longitud y 2 a 5 mm de ancho, acuminados, con pelos largos amarillos de base engrosada, los interiores angostamente lanceolados, de 8 a 17 m de longitud y 2 a 3 mm de ancho, acuminados, con bordes membranosos y secos.



Nombre científico: *Cyperus esculentus* L.

Nombre común: Coquillo amarillo

Planta perenne de 10 a 50 (65) cm de altura. Tallo triangular, de 1.5 a 3 (4) mm de grueso en el ápice. Hojas alternas y se desarrollan en series de 3; de 3 a 10 mm de ancho, de color verde pálido y el ápice es finamente agudo; la vaina basal es cerrada, pálida a café-rojizo; brácteas 2 a 6 (8), desiguales, hasta de 28 cm de largo y de 0.5 a 6 mm de ancho. Inflorescencia es una umbela terminal, con espigas de 1.5 a 2.6 cm de longitud y de 1.5 a 4.6 cm de ancho, con (5) 10 a 25 (50) espiguillas; éstas de 6 a 30 mm de longitud y 1 a 3 mm de ancho, no comprimidas en la madurez, dísticas o casi dísticas; pedúnculos 4 a 10, simples o ramificados, desiguales, de 0 a 12 cm.



Nombre científico: *Leptochloa filiformis* (Lam.)

Nombre común: Zacate liendrilla

Zacate anual, delgado y gracioso que llega a medir hasta 1.2 m de altura. Son muchos los cultivos que infesta, si bien prefiere aquellos con grandes espacios abiertos como los frutales donde llegan a formar enormes manchones, por ejemplo en el cultivo del banano o de cítricos. Llega a ser más problema en las plantaciones de regiones tropicales. Las hojas son largas y delgadas y sus vainas tienen pubescencia bien visible. Las espiguillas son largas, delgadas, con brazos hasta de 12 cm y se abren en la maduración. Los granos miden 3 mm o menos, lisas. Se le encuentra en toda clase de cultivos, desde el nivel del mar hasta los 1,500 m de altitud.



Nombre científico: ***Parthenium hysterophorus L.***

Nombre común: Falsa altamisa

Hábito y forma de vida: Planta anual, erecta. Tamaño: De hasta 1 (1.5) m de alto. Tallo: Por lo general ramificado, estriado, estrigoso. Hojas: Al principio de su crecimiento formando una roseta basal, las del tallo alternas, pecioladas, hasta de 20 a (30) cm de largo, pinnada a bipinnadamente divididas en segmentos lineares a lanceolados, subagudos en el ápice, con pubescencia similar a la de los tallos. Inflorescencia: Cabezuelas dispuestas en panículas cimosas por lo general laxas y muy ramificadas, que sobresalen del follaje. Flores/cabezuela: Cabezuelas con involucre anchamente campanulado, de 2 a 3 mm de largo, brácteas exteriores 5, elíptico-ovadas o elíptico-ovobovadas, con pelos en el ápice, persistentes, las interiores 5, suborbiculares, sin pelos, caen con lo aquenios; receptáculo hemisférico, páleas de hasta 1.5 mm de largo, ensanchadas y pubescentes en el ápice, las exteriores se vuelven corchosas, en forma de capucha.



Nombre científico: ***Portulaca oleracea L.***

Nombre común: Verdolaga

Hierba carnosa, rastrera, a veces algo ascendente, con pocos pelos o sin ellos, de 5 a 40 cm de largo. Tallo a veces rojizo, ramificado, con las ramas extendidas radialmente. Hojas alternas, obovado-cuneadas a espatuladas, de 0.5 a 3 (5) cm de largo, por 0.2 a 1.5 cm de ancho, ápice redondeado o truncado, base cuneada. Flores sésiles, solitarias o agrupadas por pocas, rodeadas por escasos (a veces ningunos) pelos inconspicuos; sépalos ovados a orbiculares, de 2.5 a 4.5 mm de largo y de ancho, algo aquillados; pétalos amarillos, de 3 a 5 mm de largo; estambres 6 a 10, estilo 4 a 6-lobado. El fruto es una cápsula de 5 a 9 mm de largo, circuncísil cerca de la mitad; semillas circulares, rara vez triangulares, comprimidas, color café o negro, granular-tuberculadas, de casi 1 mm de ancho. Hipocótilo cilíndrico, de 6 a 12 mm de longitud, sin pelos; cotiledones de lámina carnosa estrechamente elíptica, de 1.5 a 3.5 mm de largo y hasta 1 mm de ancho, sin pelos; sin epicótilo; hojas opuestas, de lámina elíptica, sin pelos (Espinosa y Sarukhán, 1997).



Nombre científico: *Rumex crispus* L.

Nombre común: Lengua de vaca

Planta herbácea, sin pelos, erguida, de 50 cm a 1.2 m de alto. Tallo con rayas longitudinales, simple o con ramificaciones en la parte superior. Las hojas basales con pecíolos largos, lanceoladas a oblongo-lanceoladas, de 10 a 30 cm de largo, borde frecuentemente ondulado, con la venación manifiesta, las hojas superiores más reducidas. Flores verticiladas y dispuestas en panículas densas, estrechas, alargadas, ascendentes, de 10 a 50 cm de largo, pedicelos florales de 5 a 10 mm de largo, articulados cerca de la base. Flores con tépalos exteriores de 1 mm de largo, segmentos interiores del perianto (en fruto) anchamente ovados a casi orbiculares, subcordados en la base.



Nombre científico: *Setaria verticillata* L.

Nombre común: Zacate pegarropa

Planta anual de 10-90 cm. Hojas con lígula ciliada y corta, vainas aplanadas, pelosas en sus márgenes. Inflorescencia en panícula cilíndrica, a veces interrumpida en la base; raquis denticulado. Setas en la base de las espiguillas, con dientes retrorsos, de modo que la inflorescencia es áspera al pasarla entre los dedos de abajo a arriba. Espiguillas con 2 flores, la superior hermafrodita; la gluma inferior cubre 1/3 de la espiguilla.



Nombre científico: *Sorghum halepense* L.

Nombre común: Zacate Jhonson

Planta perenne, rizomatosa. De hasta 1.50 m. Tallo de 50-1.5 m, más cortos en sitios secos o desfavorables, nudos sin ornamentación o con pelos finos, erecto, hueco. Hojas con Lígula en forma de membrana truncada, ciliada; láminas foliares hasta de 50 cm de longitud, de (0.8) 1.5 a 3 cm de ancho, lineares, con pelos. Panícula hasta de 50 cm de longitud, abierta y libremente ramificada, oblonga u oval, sus ramas ascendentes, las más largas de 7-14 cm de longitud. Espiguilla sésil perfecta, de 4.5 a 5.5 mm de longitud, sin arista o con una delicada, doblada, fácilmente caediza, glumas de la espiguilla sésil anchas, coriáceas (consistencia de cuero), sin nervaduras, brillantes excepto en las puntas, con pelos al menos en los márgenes, del tamaño de la espiguilla; lema y palea delgadas y transparentes, ligeramente menores que las glumas, arista de la lema (de estar presente), de 1 a 1.5 cm de longitud, con la base



espiralada, geniculadas (dobladuras); espiguilla pedicelada de 5-7 mm de longitud, usualmente estaminada, sin arista, lanceolada, más angosta que la espiguilla fértil, las glumas con nervaduras más prominente. Fruto oculto por las glumas; grano de 2 a 3 mm de longitud. Extensos rizomas horizontales, estoloniformes, largos e invasores

Nombre científico: *Xanthium pensylvanicum* L.

Nombre común: Cadillo

Hierba anual, por lo general robusta. Tamaño de hasta 2 m de alto (en el Valle de México hasta de 1 m). Tallo áspero a casi sin pelos, a menudo con líneas moradas. Hojas sobre pecíolos de hasta 15 cm de largo, escábridos, láminas anchamente ovadas a triangular-ovadas, hasta de 14 cm de largo y 18 cm de ancho, a menudo 3 a 5-lobadas, ápice agudo a obtuso, margen tosca e irregularmente crenado, base acorazonada a cuneada, trinervadas, ásperas en ambas caras. Inflorescencia en cabezuelas masculinas formando racimos en forma de espiga en el ápice de las ramas y en las axilas de las hojas. Cabezuelas femeninas una o pocas en la base de las inflorescencias masculinas.



METODOS DE CONTROL DE MALEZA

Los diferentes tipos de control de maleza pueden ser agrupados en cinco métodos generales:

Control preventivo

Se refiere a las medidas tomadas para impedir la introducción, establecimiento y desarrollo de maleza en áreas no infestadas. Estas medidas incluyen: el uso de semilla certificada libre de semilla u órganos de reproducción vegetativa de maleza, la eliminación de maleza en canales de riego y caminos, la limpieza del equipo agrícola usado en áreas infestadas y el no permitir el acceso de ganado de zonas con altas poblaciones de maleza a áreas libres. Otras medidas preventivas incluyen la siembra en terreno libre de maleza y el control de maleza antes de su floración para impedir que se incremente el banco de semillas de maleza en el suelo. El control legal es un control preventivo a escala regional o nacional apoyado en leyes adecuadas para lograr su objetivo.

Control cultural

Incluye prácticas de manejo como la selección y rotación de cultivos, sistema y fecha de siembra entre otras, que promueven un mejor desarrollo del cultivo para hacerlo más competitivo hacia la maleza. Una medida básica para el manejo de maleza es el establecimiento de una población adecuada de plantas cultivadas. Las áreas del terreno con una baja población de plantas cultivadas son más susceptibles de infestarse con maleza. La siembra de maíz, sorgo y frijol en surcos estrechos de 35 a 70 cm promueve que el cultivo sea más competitivo con la maleza al “cerrar” más rápidamente los surcos, sombrear el terreno e impedir el establecimiento de nuevas poblaciones de maleza. Sin embargo, este método de siembra requiere su integración al uso de herbicidas al no ser posible el paso de escardas (Elmore *et al.*, 1990). La rotación de cultivos es vital para impedir la selección de especies de maleza difíciles de controlar en la soya, además de rotar el uso de herbicidas y evitar el desarrollo de resistencia a herbicidas en la maleza (Buhler, 1995). Dentro del control cultural de maleza también se puede incluir el uso de cultivos de cobertura viva, los cuales crecen asociados a un cultivo que es económicamente más importante. Dentro de las ventajas de este tipo de sistemas de cultivo se incluyen, además del control de maleza, la reducción de la erosión, la estabilización de la materia orgánica del suelo, el mejoramiento de la estructura del suelo y la reducción de su compactación (Radosevich *et al.*, 1997).

Control mecánico

Se refiere a las prácticas de control de maleza basadas en el uso de la fuerza física. El control mecánico incluye los deshierbes manuales e incluso el uso del fuego. En sistemas de labranza convencional el control mecánico de maleza incluye la labranza primaria o preparación del terreno mediante arado, subsuelo y rastra, y la labranza secundaria como la siembra y el paso de escardas (Buhler, 1998). Además el sistema de siembra en húmedo o a “tierra venida” elimina la primera generación de maleza y permite establecer los cultivos en suelo sin maleza. Posteriormente el paso de escardas con cultivadora rotativa (“lilliston”) o de picos (“sweeps”), elimina a la maleza a la vez que ayuda al “aporque” del cultivo y facilita la conducción del agua de riego. El número y época de las escardas depende de factores como presencia de maleza, humedad del suelo y disponibilidad de equipo. El paso de dos escardas o cultivos a los 15 a 20 días y 25 a 35 después de la emergencia de los cultivos es una práctica común (Reddy *et al.*, 1999; Esqueda *et al.*, 1997). Es importante señalar que el control de maleza entre los surcos por medio de escardas es eficiente si se lleva a cabo oportunamente. No obstante, la maleza que se establece en la hilera de plantas del cultivo sólo puede ser controlada en sus primeras etapas de desarrollo por medio de escardas con cultivadoras rotativas al cubrirlas con suelo. En sistemas de

labranza de conservación, la labranza primaria es limitada o bien sustituida por la aplicación de herbicidas. Sin embargo, el paso de escardas puede efectuarse con cultivadoras de picos que arrancan la maleza sin disturbar los residuos de cosecha que cubren el suelo. El uso de cultivadoras rotativas en labranza de conservación es limitado por los residuos de plantas en la superficie del suelo (Buhler, 1995; 1998).

Control químico

Se efectúa por medio del uso de productos químicos comúnmente llamados herbicidas que aplicados en la época y dosis adecuadas, inhiben el desarrollo o matan a las plantas indeseables. El uso de herbicidas debe efectuarse sólo cuando los otros métodos de control no son factibles de utilizarse o cuando su uso representa una ventaja económica para el productor. En la actualidad los herbicidas constituyen la herramienta más efectiva en programas de control de maleza (Reedy *et al.*, 1999). El control químico requiere de conocimientos técnicos para la elección y aplicación eficiente y oportuna de un herbicida (Rosales *et al.*, 2002). El control químico tiene ventajas importantes sobre los otros métodos de control de maleza: oportunidad en el control maleza, pues la elimina antes de su emergencia o en sus primeras etapas de desarrollo; amplio espectro de control; control de maleza perenne; control residual de la maleza. El uso inapropiado de los herbicidas representa algunos riesgos a la agricultura. Sin embargo, todos estos daños son posibles de evitar con una buena selección y aplicación de estos productos y con el conocimiento de sus características específicas (Rosales *et al.*, 2002). Algunos de los posibles riesgos por el uso inadecuado de herbicidas son: daños al cultivo en explotación por dosis excesiva o a cultivos vecinos por acarreo del herbicida; daños a cultivos sembrados en rotación por residuos de herbicidas en el suelo; cambios en el tipo de maleza por usar continuamente un herbicida; desarrollo de resistencia de malezas a herbicidas.

En Estados Unidos en la actualidad existen alrededor de 200 ingredientes activos utilizados en la fabricación de aproximadamente 800 herbicidas comerciales (Vencill, 2002). En México, existe n 65 ingredientes activos en alrededor de 300 herbicidas comerciales (Anónimo, 2007). La presentación comercial de un herbicida consiste del ingrediente activo en un porcentaje conocido en formulaciones sólidas o en gramos por litro en formulaciones líquidas, además de un material inerte o disolvente y en algunas ocasiones emulsificantes y coadyuvantes. Es importante conocer el ingrediente activo de un herbicida, ya que puede presentarse en forma comercial con varios nombres, tal es el caso del glifosato que se comercializa con nombres como Faena, Glyphos, Cufosato, Líder y otros.

EPOCA DE APLICACION DE HERBICIDAS

Los herbicidas también pueden agruparse de acuerdo a su época de aplicación basada en el estado de desarrollo del cultivo y/o maleza. A continuación se discuten las diferentes épocas de aplicación de herbicidas (Reedy *et al.*, 1999).

Herbicidas de presiembra foliares

Son herbicidas que se aplican antes de la siembra de los cultivos para eliminar a la vegetación existente. El glifosato y el paraquat son los herbicidas comúnmente aplicados en esta época. Estos herbicidas no son selectivos y no dejan residuos en el suelo, lo que hace posible su uso sin afectar a los cultivos sembrados posteriormente. El paraquat es un herbicida de contacto, usado para el control de maleza anual y glifosato es sistémico, por lo que es usado para el control de maleza anual y perenne.

Herbicidas de presiembra al suelo

Estos herbicidas son aplicados antes de la siembra del cultivo y generalmente requieren incorporación mecánica al suelo para situarse en los primeros 5 a 10 cm de profundidad y evitar su degradación por la luz o su volatilización. Normalmente, estos herbicidas tienen poca solubilidad en agua, por lo que la lluvia o riegos no los lixivian o mueven en el suelo. Este tipo de herbicidas afecta a las semillas de maleza al germinar o emerger sin afectar al cultivo, el cual debe ser sembrado por debajo de la capa de suelo donde se sitúa la mayor concentración del herbicida. La incorporación mecánica de los herbicidas se realiza por medio de un paso de rastra de discos o cultivadora rotativa y se logra una mejor distribución de los productos en suelo seco. Un buen ejemplo de este tipo de herbicidas son trifluralina y pendimetalina de amplio uso en soya (Reedy *et al.* 1999).

Herbicidas pre-emergentes

Son los herbicidas que se aplican después de la siembra, pero antes de que emerjan la maleza y la soya. Los herbicidas pre-emergentes requieren de un riego o precipitación en los primeros 10 días después de su aplicación para situarse en los primeros 5 cm de profundidad del suelo, donde germina la mayor parte de la semilla de maleza. Este tipo de herbicidas elimina a las malas hierbas en germinación o recién emergidas, lo que evita la competencia temprana con el cultivo. Los herbicidas pre-emergentes presentan una gran interacción con algunas características del suelo como son: textura, pH y materia orgánica que pueden afectar la cantidad de herbicida disponible en el suelo para controlar la maleza. Por lo general la dosis de este tipo de herbicidas se ajusta según el tipo de suelo, contenido de materia orgánica y pH del suelo, requiriendo una mayor dosis en suelos arcillosos y con alto contenido de materia orgánica y menor dosis en suelos alcalinos (Anderson, 1996). La elección de los herbicidas pre-emergentes depende de las especies de maleza observadas en ciclos anteriores, de las características del suelo y la rotación de cultivos. Es común el uso de mezclas de herbicidas pre-emergentes para ampliar su espectro de control.

Herbicidas post-emergentes

Si la maleza se presenta cuando los cultivos ya están establecidos es común que se requiera la aplicación de herbicidas post-emergentes (POST) para eliminarla y evitar su competencia y producción de nuevas semillas. Es importante señalar que en la mayoría de los casos, la aplicación de herbicidas POST debe realizarse sobre maleza en sus primeros estados de desarrollo (2 a 4 hojas) cuando es más susceptible a los herbicidas y su competencia es mínima. Los herbicidas POST pueden ser más económicos para el productor al utilizarse sólo donde se presenta la maleza. La actividad de los herbicidas POST depende de factores como su grupo químico, especies de malezas presentes y condiciones de clima como velocidad del viento, temperatura del aire, humedad relativa y presencia de lluvia. Estos factores influyen para obtener un cubrimiento uniforme de la aspersión sobre la maleza y su posterior absorción. El cubrimiento adecuado de la maleza es más crítico con el uso de herbicidas POST de contacto que con los de acción sistémica. Las condiciones óptimas para lograr un buen control de maleza con los herbicidas POST son: maleza en sus primeras etapas de desarrollo y en crecimiento activo, temperatura del aire de 20 a 30° C, humedad relativa mayor de 60%, buena humedad del suelo y ausencia de rocío sobre la maleza y ausencia de lluvias por 4 a 6 horas después de la aplicación (Buhler, 1998).

Para el manejo de malezas en la región agrícola de Tamaulipas en la que se siembra maíz, la aparición más abundante de malas hierbas ocurre de los 30-40 días después de la emergencia del maíz que, al no eliminarlas oportunamente, disminuyen el rendimiento del cultivo en función de la especie, población y demora en control.

Para la región agrícola de Tamaulipas, el Campo experimental Río Bravo del INIFAP recomendó los siguientes tratamientos:

Tabla 17. Manejo de malezas en la Zona Agrícola de Tamaulipas. (Adaptada de: Campo Experimental INIFAP-CIRNE, 2009)

Control de malezas	Descripción	Ingrediente Activo	Categoría toxicológica
PAQUETE TECNOLÓGICO PARA MAÍZ DE RIEGO CICLO AGRÍCOLA PRIMAVERA-VERANO			
Hoja ancha	Aplicar a razón de 17 g. i.a/ha en pre-emergencia	Prosulfuron	Ligeramente tóxico
	Aplicar a razón de 720 g. i.a/ha en post-emergencia	2,4-D Amina	Moderadamente tóxico
PAQUETE TECNOLÓGICO PARA MAÍZ DE RIEGO CICLO AGRÍCOLA OTOÑO INVIERNO			
Gramíneas	Aplicar 1 kg/ha de Atrazina después de la última escarda y de uno a ocho días antes del 1er. riego de auxilio. Si se tienen problemas con zacates (Johnson) aplicar 2.5 lt/ha de Pendimetalin, junto con la atrazina	Atrazina	Ligeramente tóxico
		Pendimetalin	Moderadamente tóxico

VII. Número de autorización expedida por SALUD cuando el OGM tenga finalidades de salud pública o se destine a la biorremediación. En caso de no contar con la autorización al momento de presentar la solicitud de permiso, el promovente podrá presentarla posteriormente anexa a un escrito libre, en el que se indique el número de autorización

Este numeral aplica a aquellos OGM cuya finalidad son de salud pública o biorremediación, por lo que en estricto sentido este requisito NO APLICA para la presente solicitud, sin embargo Syngenta desea exponer que el maíz con la tecnología MON-ØØØ21-9 cuenta con la Autorización Sanitaria (carta de no inconveniente de comercialización) expedida por la Secretaría de Salud, a través de la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios con fecha del 24 de mayo de 2002⁴¹.

VIII. La propuesta de vigencia para el permiso y los elementos empleados para determinarla

Se propone que la vigencia del permiso solicitado sea por un año, iniciando en el ciclo PV-2011 para llevar a cabo la siembra en los sitios propuesto del Municipio de Díaz Ordaz y Rio Bravo, Estado de Tamaulipas, contemplando actividades desde la importación de la semilla hasta la destrucción del producto de la cosecha, disposición final de los productos del ensayo (incluyendo el transporte interestatal si fuera necesario) y monitoreo poscosecha. En Tamaulipas se siembra entre 15 de Julio y 15 de Agosto, si las condiciones así lo permiten, para cosecharse cuando el grano alcance del 18 al 22 % de humedad la que se da por los meses de Noviembre - Enero ⁴², sin embargo se debe contemplar los factores abióticos para que la siembra se pueda dar en la época usual.

⁴¹ Visitar: http://www.cofepris.gob.mx/wb/cfp/organismos_geneticamente_modificados

⁴² Visitar: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Paquetes/110.pdf>

MANTENIMIENTO DE REGISTROS

Los datos presentados, copia de esta solicitud y otros registros relevantes de soporte a esta solicitud de permiso de liberación en fase experimental son archivados y mantenidos acorde a estándares de operación en Syngenta Agro, México y Syngenta Biotechnology, Inc. en Research Triangle Park, NC 27709-2257, USA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aragón Cuevas, F. *et al.* 2006. Actualización de la información sobre los maíces criollos de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. CS002 México D. F. <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfCS002.pdf> (accesado el 15/04/2009).
- Australia New Zealand Food Authority (ANZFA, 2000). Draft Risk Analysis Report Application A362. Food derived from glyphosate-tolerant corn line GA21.
- Aylor, D. E. Settling speed of corn (*Zea mays*) pollen. *J. Aerosol Sci.* 2002, 33, 1601-1607.
- Bakan B., Melcion D., Richard-Molard D. and Cahagnier B. 2002 Fungal growth and Fusarium mycotoxin content in isogenic traditional maize and genetically modified maize grown in France and Spain. *J Agric Food Chem* 50(4): 728–731.
- Balcázar Lara M.A. 1999. Catalogación de la colección de mariposas diurnas del Instituto de Biología de la UNAM. Departamento de Zoología, IBUNAM Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto J 83. México, D.F. Consultado: 29/06/2009
- Bannert M., Stamp P. 2007. Cross-pollination of maize at long distance. *Europ. J. Agronomy* 27 (2007) 44–51.
- Barnes, E. (2005). GA21-0104: Single Dose Oral Toxicity Study in the Mouse. CTL/AM7513/Regulatory Report.
- Bevan, M., Barnes, W., M., Chilton, M.-D. 1983. Structure and transcription of the nopaline synthase gene región of T-DNA. *Nucl. Acid. Res.* 11:369-385.
- Bourguet, D., Chaufaux, J., Micoud, A., Delos, M., Naibo, B., Bombarde, F., Marque, G., Eychenne, N. and Pagliari, C., 2002. *Ostrinia nubilalis* parasitism and the field abundance of non-target insects in transgenic *Bacillus thuringiensis* corn (*Zea mays*). *Environ. Biosafety Res.* 1, pp. 49–60
- Bourguet D., Chaufaux J., Séguin M., Buisson C., Hinton J. L., Stodola T. J., Porter P., Cronholm G., Buschman L.L, Andow D. A.. 2003. Frequency of alleles conferring resistance to Bt maize in French and US corn belt populations of the European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Theor Appl Genet* (2003) 106:1225–1233
- Brusca, R.C. y Brusca, G.J. 2002. *Invertebrates*. 2da Edición. Sinauer Associates, Inc., E.U.A, p. 600
- Centro de Investigación Regional del Noroeste. Campo Experimental Río Bravo. 2009. Guía para la asistencia técnica agropecuaria para el área de influencia del Campo Experimental Río Bravo. INIFAP-CIRNE. Disponible en: <http://www.inifapcirne.gob.mx>
- Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA), 2006. Ecorregiones terrestres mapa y datos geográficos - Atlas Ambiental de América del Norte. Disponible en:

<http://www.cec.org/naatlas/maps/index.cfm?catId=7&mapId=15&varlan=espanol> (accesado 15/06/2009).

Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), 2008. Cobertura de las 166 Áreas Naturales Protegidas Federales. Disponible en: <http://www.conanp.gob.mx/sig/informacion/info.htm> (accesado 09/02/09).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1999). Cartografía: “Uso de suelo y vegetación modificado por CONABIO”. Escala 1: 1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. Disponible en: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl> (accesado 27/03/2009).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), (2004a). “Regiones Terrestres Prioritarias”. Escala 1:1000000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México Disponible en: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl> (accesado 27/03/2009).

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, CONABIO (2004b). “Mapa base del estado de Tamaulipas”. Escala de impresión 1: 1 850000 . Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Ciudad de México, México. Disponible en: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl> (accesado 27/03/2009).

Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2006. Documento base sobre centros de origen y diversidad en el caso de maíz en México. Elementos para la determinación de centros de origen y centros de diversidad genética en general y el caso específico de la liberación experimental de maíz transgénico al medio ambiente en México. 33 pp. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/Doc_CdeOCdeDG.pdf (accesado 09/02/2009)

Comisión Nacional para el Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP), The Nature Conservancy – Programa México (TNC), Pronatura. 2007. "Sitios prioritarios terrestres para la conservación de la biodiversidad". Escala 1: 1000000. D.F., México. Disponible en: <http://conabioweb.conabio.gob.mx/metacarto/metadatos.pl> (accesado 27/03/2009).

Depicker, A., Stachel, S., Dhaese, P. Zambryski, P. & Goodman, H.M. (1982). Nopaline synthase: transcript mapping and DNA sequence. *Journal of Molecular and Applied Genetics* 1:561-573.

Devos Yann, Matty Demont, Koen Dillen, Dirk Reheul, Matthias Kaiser and Olivier Sanvido. (2009). Coexistence of genetically modified (GM) and non-GM crops in the European Union. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 29, 11-30.

Doebley J., Stec A., Wendel J. and Edwards M. 1990. Genetic and morphological analysis of a maize-teosinte F2 population: Implication for the origin of maize. *PNAS*. Vol. 87, pp 9888-9892. December 1990.

Doebley J. The genetics of maize evolution. *Annu. Rev. Genet.* 2004. 38:37–59

- EFSA (2005) Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on applications (references EFSA-GMO-UK-2005-19 and EFSA-GMO-RX-GA21) for the placing on the market of glyphosate-tolerant genetically modified maize GA21, for food and feed uses, import and processing and for renewal of the authorisation of maize GA21 as existing product, both under Regulation (EC) No 1829/2003 from Syngenta Seeds S.A.S. on behalf of Syngenta Crop Protection AG, The EFSA Journal (2007) 541, 1-25. En línea: http://www.gmo-compass.org/pdf/regulation/maize/GA21_maize_opinion_efs_a_import.pdf (accesado 29/07/2009).
- Ellstrand N. C., Garner L. C., Hegde S., Guadagnuolo R. and Blancas L. 2007. Spontaneous Hybridization between Maize and Teosinte. *Journal of Heredity* 2007:98(2):183–187.
- Evans M.M.S., Kermicle J.L. 2001 Teosinte crossing barrier1, a locus governing hybridization of teosinte with maize. *Theor Appl Genet* (2001) 103:259–265
- Evans H F. 2002. Environmental Impact of Bt Exudates from Roots of Genetically Modified Plants. Final Report. DEFRA Research Contract EPG 1/5/156. http://randd.defra.gov.uk/Document.aspx?Document=CB02007_2735_FRP.pdf
- ESRI, 2008. Cartografía: “Áreas urbanas de México”. Source 1: Proyecto México Información Cartográfica Digital (SIGSA). Escala1: 400000. Datos al 2007.
- Farinós G, Poza M, Hernández-Crespo P, Ortego F, Castañera P (2004). Resistance monitoring of field populations of the corn borers *Sesamia nonagrioides* and *Ostrinia nubilalis* after 5 years of Bt maize cultivation in Spain. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 110: 23-30.
- Feil, B. and Schmid, J. E. 2002. Dispersal of maize, wheat and rye pollen. A contribution to determining the necessary isolation distances for the cultivation of transgenic crops; Shaker Verlag: Aachen, Germany.
- Firbank L. G., Heard M. S., Woiwod I. P., Hawes C., Haughton A. J., Champion G. T., Scott R. J., Hill M. O., Dewar A. M., Squire G. R., May M. J., Brooks D. R., Bohan D. A., Daniels R. E., Osborne J. L., Roy D. B., Black H. I. J., Rothery P. and Perry J. N. 2003. An introduction to the Farm-Scale Evaluations of genetically modified herbicide-tolerant crops. *J. of App. Ecology* 2003 40, 2–16
- Food and Agriculture Organization (FAO) 2003. Año Internacional del Arroz. Documento de Base. Documento en línea. <http://www.fao.org/rice2004/es/f-sheet/concept.pdf> (accesado 28/07/2009).
- Franck, A., Guilley, H., Jonard, G., Richards, K., Hirth, L. 1980 Nucleotide sequence of cauliflower mosaic virus DNA. *Cell* 21:285-294
- Freeling, M., Bennet, D.C. 1985. Maize AdhI. *Ann. Rev. Genet.* 19:297-323
- Gardner, R.C., Howarth, A.J., Hahn, P., Brown-Luedi, M., Sheperd, R.J., Messing, J. 1981. The complete nucleotide sequence of an infectious clone of cauliflower mosaic virus by M13mp7 shotgun sequencing. *Nucl. Acid Res.* 9:2871-2888

- Graser, G. (2005). In vitro Digestibility of Double-Mutated Maize 5-Enol Pyruvylshikimate-3-Phosphate Synthase (mepsps) Test Substances GA21-0104 and IAPGA21-0105 Under Simulated Mammalian Gastric Conditions. Report No. SSB-007-05 A1
- Goggi S.A., Caragea P., Lopez-Sanchez H., Westgate M., Arritt R., Clark C. 2006. Statistical analysis of outcrossing between adjacent maize grain production fields. *Field Crops Research* 99 (2006) 147–157.
- Halsey M. E., Remund K. M., Davis C. A., Qualls M., Eppard P. J., and Berberich S. A. 2005 Isolation of Maize from Pollen-Mediated Gene Flow by Time and Distance. *Crop Sci.* 45:2172–2185
- Harlan J.R. 1971. Agricultural Origins: Centers and Non Centers. *Science* Vol. 174. Num. 29. Pg 468-474
- Harper, B. (2007). Double Mutated Maize 5-Enol Pyruvylshikimate-3-Phosphate Synthase (mepsps) Enzyme as Expressed in Event GA21 Maize: Assessment of Amino Acid Sequence Homology with Known Allergens. Report Number: SSB-164-07
- Harper, B. (2008a). Double Mutated Maize 5-Enol Pyruvylshikimate-3-Phosphate Synthase (mepsps) Enzyme as Expressed in Event GA21 Maize: Assessment of Amino Acid Sequence Homology with Known Toxins. Report Number: SSB-165-07
- Hartkamp, A.D., J.W. White, A. Rodríguez Aguilar, M. Bänziger, G. Srinivasan, G. Granados, and J. Crossa. 2000. Maize Production Environments Revisited: A GIS-based Approach. Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Hernández M., Duplan M-N, Berthier G., Vaitilingom M., Hauser W., Freyer R., Pla M. and Bertheau Y. Development and comparison of four RTi-PCR systems for specific detection and quantification of *Zea mays* L. *J. Agric. Food Chem.* 2004. 52: 4632-4637.
- Hérouet C., Esdaile D.J., Mallyon B. A., Debruyne E., Schulz A., Currier T., Hendrickx K., Jan van der Klis R., Rouan D. 2005. Safety evaluation of the phosphinothricin acetyltransferase proteins encoded by the pat and bar sequences that confer tolerance to glufosinate-ammonium herbicide in transgenic plants. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* 41 (2005) 134–149.
- Hill, K. (2005). Quantification of mepsps (Double Mutated Maize 5-Enol Pyruvylshikimate-3-Phosphate Synthase) Protein in Wet- and Dry-Milled Fractions, Corn Oil and Corn Chips from Event GA21 Maize Grain. Report No. SSB-019-05.
- Ingram J. 2000. Report on the separation distances required to ensure cross-pollination is below specified limits in non-seed crops of sugar beet, maize and oilseed rape. National Institute of Agricultural Botany. Report prepared for Ministry of Agriculture, Fisheries and Food Project No: RG0123
- Ireland D. S., Wilson D. O. Jr., Westgate M. E., Burriss J. S., and Lauer M. J. 2006. Managing Reproductive Isolation in Hybrid Seed Corn Production. *Crop Sci.* 46:1445–1455 (2006).

- Jarosz N., Loubet B., Durand B., McCartney H. A., Foueillassar X., Huber L. 2003. Field measurements of airborne concentration and deposition of maize pollen. *Agric. For. Meteorol.*, 119,37-51.
- Johnson K. L., Raybould A. F., Hudson M. D. and Poppy G. M. 2006. How does scientific risk assessment of GM crops fit within the wider risk analysis? *TRENDS in Plant Science* Vol.12 No.1. Pg 1-5
- Kermicle J.L., 2006 A Selfish Gene Governing Pollen-Pistil Compatibility Confers Reproductive Isolation Between Maize Relatives. *Genetics* 172: 499–506 (January 2006).
- Kjellson G and Strandberg M., 2001. *Monitoring and Surveillance of Genetically Modified Higher Plants*, Birkhäuser Verlag, Germany (2001).
- Kramer, C. (2005). Effect of temperature on the stability of Double-Mutated Maize 5-Enol Pyruvylshikimate-3-Phosphate Synthase (mepsps) Enzyme. Report No. SSB-016-05.
- Kramer, C. & De Fontes, J. (2005). Compositional Analysis of Grain and Forage from Maize Event GA21 Expressing a Double Mutated Maize 5-Enol Pyruvylshikimate-3-Phosphate Synthase (mepsps ”. Report No. SSB-126-05
- Langhof M., Hommel B., Hüsken A., Schiemann J., Wehling P., Wilhelm R. and Rühl G. 2008 Coexistence in Maize: Do Nonmaize Buffer Zones Reduce Gene Flow between Maize Fields? *Crop Sci* 48:305-316 (2008)
- Lebrun, M., Leroux, B. & Sailland, A. (1996) Chimeric gene for the transformation of plants. U.S. patent number 5,510,471.
- Lebrun, M., Sailland, A., Freyssinet, G. & Degryse, E. (2003) Mutated 5-enoylpyruvylshikimate-3-phosphate synthase, gene coding for said protein and transformed plants containing said gene. Bayer CropScience S.A. (Lyons, FR) Patent # 6,566,587.
- Lentini Z., Díaz A.L., Quintero M., Burbano E., Silva G., Bolaños E. Valoración en campo del flujo de genes entre híbridos comerciales de maíz (*Zea mays*). Tomo I. 15-29 p. En: Hodson de Jaramillo, E. y Carrizosa P., M.S. (comp.). 2007. Desarrollo de capacidades para evaluación y gestión de riesgos y monitoreo de organismos genéticamente modificados (OGM). Tomo I. Resultados de proyectos específicos. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 99 p.
- Loria R., Bukhalid R. A., Fry B. A., King R. R. 1997. Plant Pathogenicity in the Genus *Streptomyces*. *Plant Disease* Vol 81 No. 8: 836-846 (Aug. 1997).
- Luna S. V., Figueroa J. M., Baltazar B. M., Gomez L R., Townsend R., and Schoper J. B. 2001. Maize Pollen Longevity and Distance Isolation Requirements for Effective Pollen Control. *Crop Sci.* 41:1551–1557.
- Mascarenhas, D., Mettler, I.J., Pierce, D.A., Lowe, H.W. 1990. Intron-mediated enhancement of heterologous gene expression in maize. *Plant Mol. Biol.* 15:913-920

- Matsuoka Y., Vigouroux Y., Goodman M. M., Sanchez G. J., Buckler E. and Doebley J. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping PNAS vol. 99 no. 9, pag. 6080–6084
- McElroy, D., Zhang, W., Cao, J. & Wu, R. (1990). Isolation of an efficient actin promoter for use in rice transformation. *Plant Cell*, 2 (2): 163-171.
- Melé, E., Messeguer, J., Bénétrix, F., Bloc, D., Foueillassar, X., Fabié, A. and Poeydomenge, C. (2004) Genetically modified maize: pollen movement and crop coexistence. *PG Economics* 2004.
- Messeguer, J., Ballester J., Peñas, G. Olivar, J., Alcalde E. and Melé E., (2003) Evaluation of gene flow in a commercial field of maize IRTA. *Servei de Producció Agrícola*. 1st European Conference on the Co-existence of Genetically Modified Crops with Conventional and Organic Crops.
- Messeguer, J., Peñas G., Ballester J., Bas M., Serra J., Salvia J., Palaudelmàs M., and Melé E. 2006. Pollen-mediated gene flow in maize in real situations of coexistence. *Plant Biotechnol. J.* 4:633–645.
- Monsanto Company and DEKALB Genetics. 1997. Petition for determination of nonregulated status. RoundUp Ready Corn line GA21. En línea: <http://www.agbios.com/docroot/decdocs/04-225-008.pdf>
- Motavalli P. P., Kremer R. J., Fang M., and Means N. E. 2004. Impact of Genetically Modified Crops and Their Management on Soil Microbially Mediated Plant Nutrient Transformations. *J. Environ. Qual.* 33:816–824 (2004).
- Munkvold, G.P. and Hellmich, R.L. 1999. Comparison of fumonisin concentrations in kernels of transgenic Bt maize hybrids and nontransgenic hybrids. *Plant Disease*, Vol. 83, No. 2, pp.130–138
- Musser F. R. and Shelton A. M. 2003c Predation of *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) Eggs in Sweet Corn by Generalist Predators and the Impact of Alternative Foods. *Environmental Entomology* 32(5):1131-1138. 2003
- Niebur, W. S., (1993) Maize. *In: Traditional crop breeding practices: an historical review to serve as a baseline for assessing the role of modern biotechnology.* OECD pp 113-121. <http://www.oecd.org/dataoecd/57/48/1946204.pdf>
- OECD, 1999. Consensus document on general information concerning the genes and their enzymes that confer tolerance to glyphosate herbicide. Series on Harmonization of Regulatory Oversight in Biotechnology No. 10 Paris, France: Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology, Environment Directorate, Organisation for Economic Co-operation and Development. 26 pp. [http://www.oilis.oecd.org/oilis/1999doc.nsf/LinkTo/NT00002B02/\\$FILE/04E94445.PDF](http://www.oilis.oecd.org/oilis/1999doc.nsf/LinkTo/NT00002B02/$FILE/04E94445.PDF) (accesado 27/05/2009)
- OECD. 2003. *Consensus Document On The Biology Of Zea mays Subsp. mays (Maize)*. Series on Harmonisation of Regulatory Oversight in Biotechnology, No. 27. Paris, France: Joint Meeting of the Chemicals Committee and the Working Party on Chemicals, Pesticides and Biotechnology,

Environment Directorate, Organisation for Economic Co-operation and Development. 49 pp.
[http://www.oecd.org/olis/2003doc.nsf/LinkTo/NT0000426E/\\$FILE/JT00147699.PDF](http://www.oecd.org/olis/2003doc.nsf/LinkTo/NT0000426E/$FILE/JT00147699.PDF)
 (accesado 03/03/2009).

OGTR. 2008. The Biology of *Zea mays* L. spp. *mays* (maize or corn). 81 pp. Office of the Gene Technology Regulator. Australian Government.
<http://www.ogtr.gov.au/internet/ogtr/publishing.nsf/Content/riskassessments-1> (accesado 05/03/2009).

Olzewski, N.E. Martin, F.B.; Ausubel, F.M. 1988. Specialized binary vector for plant transformación: Expression of the *Arabidopsis thaliana* AHAS gene in *Nicotiana tabacum*. Nucleic Acid Res. 16:10765-10782

Padgett SR, Re DB, Gasser CS, Eichholtz DA, Frazier RB, Hironaka CM, Levine EB, Shah, DM Fraley RT and Kishore GM. 1991. Site-directed mutagenesis of a conserved region of the 5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase active site. J. Biol. Chem., Vol. 266, Issue 33, 22364-22369, Nov, 1991

Paliwal R. L., Gonzalo Granados G., Lafitte H. R. y Violic A.D. 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y Producción. Grupo de Cultivos Alimentarios Extensivos Servicio de Cultivos y Pastos. Dirección de Producción y Protección Vegetal de la FAO.
<http://www.fao.org/docrep/003/X7650S/x7650s00.htm#toc> (accesado 06/03/2009).

Pietrzak, M. Shilito, R.D., Hohn, T., Potrykus, I. 1986. “Expression in plants of two bacterial antibiotic resistance genes after protoplast transformation with a new plant expression vector”. Nucleic Acid Res. 14:5857-5862

Piperno D. R. and Flannery K. V. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their implications. PNAS vol. 98, no. 4, 2101–2103

Piperno D. R., Ranere A. J., Holst I., Iriarte J. and Dickau R. 2009. Starch grain and phytolith evidence for early ninth millennium B.P. maize from the Central Balsas River Valley, Mexico. PNAS vol. 106, no. 13, pag. 5019–5024.

Raynor, G. S., Ogden, E. C., Hayes, J. V. Dispersion and deposition of corn pollen from experimental sources. Agron. J. 1972, 64, 420-427.

Riesgo Laura, Areal Francisco J, Sanvido Olivier y Rodríguez-Cerezo Emilio. (2010). Distances needed to limit cross-fertilization between GM and conventional maize in Europe. Nature Biotechnology. Volume 28, Number 8, 780-782.

Sánchez-González J.J., Kato-Yamamake, A., Aguilar San Miguel M., Hernández Casillas J.M., López-Rodríguez A. y Ruiz-Corral J.A. 1998. Distribución y Caracterización del Teocinte. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Campo de Investigación del Pacífico Centro. 149 pp.

- Sánchez- González J.J. and Ruiz Corral J.A. 1997. Teosinte Distribution in Mexico. *In: Gene Flow Among Maize, Landraces, Improved Maize Varieties, and Teosinte: Implications for Transgenic Maize*. Eds: Serratos, J.A., M.C. Willcox, and F. Castillo-González . Mexico, D.F. CIMMYT.
- Sanvido O., Stark M., Romeis J. and Bigler F. 2006. Ecological impacts of genetically modified crops Experiences from ten years of experimental field research and commercial cultivation. Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART.
- Sanvido O., Widmer F., Winzeler M., Streit B., Szerencsits E. and Bigler F. 2008 Definition and feasibility of isolation distances for transgenic maize cultivation. *Transgenic Res* 17:317–335
- Sauthier M. A. y Castaño F. D. 2004. Dispersión del polen en un cultivo de maíz. *Ciencia, Docencia y Tecnología* N° 29, Año XV, noviembre de 2004 (229-246).
- Schoelz J., Shepherd R. J., and Daubert S. 1986. Region VI of Cauliflower Mosaic Virus Encodes a Host Range Determinant. *Molecular and Cel. Biology*, Jul.1986, Vol. 6, No. 7 p. 2632-2637.
- Short, J.M., Fernandez, J.M., Sorge, J.A. & Huse, W.D. (1988). λ ZAP: a bacteriophage λ expression vector with in vivo excision properties. *Nucleic acids Res.*, 16:7583-7600
- Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM) [en línea]. México, D.F. Proyecto GEF- CIBIOGEM /CONABIO. Fecha de actualización 19/12/2008.. Disponible en web: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/doctos/consulta_SIOVM.html Fecha de consulta: 23/03/2009
- Sjogblad, RD., McClintock, JT. & Engler, R. (1992). Toxicological considerations for protein components of biological pesticide products. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 15(1): 3-9
- Spencer, TM., Mumm, R, Gwyn, J, McElroy D & Stephens, M. (1998). Glyphosate resistant maize lines. Patent application WO 9844140, published 8 October 1998 (pages 75-77).
- Steinrucken H.C. & Amrhein, N (1980). The herbicide glyphosate is a potent inhibitor of 5-enolpyruvyl-shikimic acid-3-phosphate synthase. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 94: 1207-1212.
- Stevens W. E., Berberich S. A., Sheckell P. A., Wiltse C. C., Halsey M. E., Horak M. J., and Dunn D. J. 2004. Optimizing Pollen Confinement in Maize Grown for Regulated Products. *Crop Sci.* 44:2146–2153
- Strauch, E, Wohlleben, W., Pühler, A. 1988. Cloning of a phosphinotricin N-acetyl transferase gene from *Streptomyces viridochromogenes* Tü494 and its expression in *Streptomyces lividans* and *Escherichia coli*. *Gene* 63:65-77
- Tropicos 2009 *Tropicos.org*. Missouri Botanical Garden. 10 Feb 2009 <http://www.tropicos.org>
- Turrent A., y Serratos A. 2004. Context and Background on Maíz and its Wild Relatives in Mexico. Chap. 1 *In: Maíz and Biodiversity: The Effects of Transgenic Maíz in Mexico*. Article 13 Initiative on Maíz and Biodiversity. Ed: José Sarukhán (lead) and Peter Raven. Secretariat of the

Commission for Environmental Cooperation of North America. 55 pp.
http://www.cec.org/files/PDF//Maize-Biodiversity-Chapter1_en.pdf (accesado 03/03/2009).

- Vigouroux Y., Glaubitz J. C., Matsuoka Y., Goodman M. M., Sánchez Jesús G., and Doebley J. 2008. Population structure and genetic diversity of new world maize races assessed by dna microsatellites. *American Journal of Botany* 95(10): 1240–1253. 2008.
- Vollbrecht E. and Sigmon B. 2005 Amazing grass: developmental genetics of maize domestication *Biochemical Society Transactions* (2005) Volume 33, part 6
- Wehrmann A., Van Vliet A., Opsomer C., Bottrmann J., Schulz A. 1996. The similarities of bar and pat gene products make them equally applicable for plant engineers. *Nature Biotechnology* 14:1274-1278
- Weekes R., Allnutt T., Boffey C., Morgan S., Bilton M., Daniels R. and Henry C. 2007. A study of crop-to-crop gene flow using farm scale sites of fodder maize (*Zea mays* L.) in the UK. *Transgenic Res* 16:203–211
- Wohlleben, W., Arnold, W., Broer, I., Hilleman, D., Strauch, E., Pühler, A. 1988. Nucleotide sequence of the phosphinotricin-N-acetyltransferase gene from *Streptomyces viridochromogenes* Tü494 and its expression in *Nicotiana tabacum*. *Gene* 70:25-38
- Yanisch-Perron C, Vieira J, Messing J (1985) Improved M13 phage cloning vectors and host strains: nucleotide sequences of the M13mpl8 and pUC19 vectors. *Gene* 33:103 119