



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

Institución de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas

CAMPUS VERACRUZ

POSGRADO EN AGROECOSISTEMAS TROPICALES

**POSIBLE PRESENCIA DE MAIZ TRANSGÉNICO EN
VERACRUZ, MÉXICO: MARCO REGULATORIO Y
CONOCIMIENTO DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES**

ARACELI ROJAS CRUZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

TEPETATES, MANLIO FABIO ALTAMIRANO, VERACRUZ

2010

La presente tesis, titulada: **Posible presencia de maíz transgénico en Veracruz, México: marco regulatorio y conocimiento de productores y consumidores**, realizada por la alumna: **Araceli Rojas Cruz**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

DOCTORA EN CIENCIAS


AGROECOSISTEMAS TROPICALES

CONSEJO PARTICULAR


CONSEJERO:


DR. OCTAVIO RUIZ ROSADO


ASESOR:


DR. FERNANDO CASTILLO GONZALEZ


ASESOR:


DR. EDUARDO MADRIGAL BUJAI DAR

ASESOR:


DR. PERNILLA FAJERSSON

ASESOR:


DR. ELISEO GARCÍA PEREZ

Tepetates, Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, 15 de febrero del 2010

POSIBLE PRESENCIA DE MAIZ TRANSGÉNICO EN VERACRUZ, MÉXICO: MARCO REGULATORIO Y CONOCIMIENTO DE PRODUCTORES Y CONSUMIDORES

Araceli Rojas Cruz, Dra.

Colegio de Postgraduados, 2010.

En un país megadiverso como México, reconocido como centro de origen, domesticación y diversificación del maíz, existe un debate amplio sobre los efectos difíciles de predecir o inesperados por la liberación ambiental de animales o plantas transgénicas. Los riesgos de la contaminación con transgénicos son particularmente altos en un país como México donde el maíz lleva siglos como base de la alimentación en los agroecosistemas milpa y tiene un valor cultural. Los puertos comerciales de Veracruz son una posible fuente de entrada de maíz transgénico (MT). Para lograr una perspectiva de la situación actual del cultivo de maíz en México, se plantearon los objetivos: Conocer el marco regulatorio mexicano de la bioseguridad de cultivos de origen y los derechos correspondientes de productores y consumidores; evaluar el grado de conocimiento del consumidor veracruzano sobre alimentos transgénicos o con contenido transgénico; evaluar la importancia del cultivo de maíz para el agricultor maicero y sus conocimientos de consecuencias por contaminación con MT y detectar la presencia de MT en muestras de maíz cultivado en el estado de Veracruz. Se revisó la reglamentación relacionada; se aplicaron encuestas a agricultores y consumidores urbanos veracruzanos para conocer la importancia del cultivo de maíz en su vida diaria y el conocimiento sobre el MT y sus implicaciones y se colectó maíz en campos del estado de Veracruz con el fin de detectar introgresiones de MT con técnicas de ELISA y PCR. Se encontró que la ley no garantiza la seguridad de los cultivos de maíz nativo, ni los derechos del agricultor y consumidor; el cultivo de maíz es muy importante para el agricultor y desconoce lo que es un MT y los consumidores urbanos desconocen los alimentos procesados con transgénicos. El 40% de maíz muestreado fue positivo por ELISA y PCR. En conclusión, en el Estado de Veracruz existe contaminación de los cultivos locales con MT, las leyes no protegen los cultivos nativos y el agricultor y consumidor mexicano desconoce lo que es el MT y sus implicaciones.

Palabras clave: maíz nativo, bioseguridad, maíz transgénico, maíz en México

POSSIBLE PRESENCE OF TRANSGENIC CORN IN VERACRUZ, MÉXICO: REGULATORY LAWS AND KNOWLEDGE OF FARMERS AND CONSUMERS

Araceli Rojas Cruz

Colegio de Postgraduados 2010.

In México, a megadiverse country and the origin of corn and its diversification, there is much debate about unpredictable effects of the release of transgenic animals and plants into the environment. There are particular concerns about corn in Mexico, where this is the basic food staple with a high cultural value. The commercial ports, such as those in Veracruz, are possible points of entry for transgenic corn (TC). To gain a perspective on the current situation of corn production in Mexico, the objectives of this investigation were to gain knowledge of the Mexican regulations related to biosecurity of plants of origin and related rights of producers and consumers and evaluate the state of knowledge of the consumer in the state of Veracruz on the topic of transgenic food and products with transgenic content. The importance of corn to the producers was also evaluated as was their knowledge of the consequences of contamination of their corn with TC. The final objective was to investigate the presence of TC in samples of corn grown in Veracruz. The methodology used included a review of the Mexican regulations of transgenic production, development of questionnaires given to producers and urban consumers in Veracruz to learn about the importance of TC in their daily lives and its implications. Corn was collected in the fields in the state of Veracruz and analyzed for introgression of TC using ELISA and PCR techniques. It was concluded that the laws do not guarantee the biosecurity of native corn nor the rights of the producers and consumers. Corn is a very important crop for the producer, who does not have any knowledge of TC and the urban consumer lack knowledge of food products with transgenic content. Forty percent of the corn sampled was demonstrated to be transgenic utilizing ELISA y PCR. In conclusion, native corn in the state of Veracruz is contaminated with transgenics, while the producers and consumers are unaware of TC and its implications and the laws do not protect this crop.

Key words: native corn, biosecurity, transgenic corn, Mexico's corn

Dedico esta tesis en especial a Armando mi compañero, amigo y esposo que me ha apoyado siempre, a nuestras hijas Karlita e Ismi que son nuestra inspiración, a mi madre Bertha que me enseñó que mientras te lo propongas puedes lograr tus objetivos, a mi familia que mantiene esa unión que nos hace más fuertes y a mis compañeros y maestros que me han enseñado que siempre habrá cosas buenas aún frente a la adversidad.

Agradecimientos

Agradezco al CONACYT por la beca 1054077 para mis estudios doctorales.

Al Colegio de Posgraduados Campus Veracruz.

A los productores maiceros del Estado de Veracruz por su apoyo en la colección de muestras y su disposición para contestar las encuestas y a los directores del Fomento Agropecuario de cada uno de los Municipios muestreados.

Al Instituto Tecnológico de Veracruz por facilitarnos su cuarto frío y a la Facultad de Medicina Veterinaria de la Universidad Veracruzana por facilitarnos su liofilizador.

Al Dr. Jim Holland y al Dr. Marco A. Oropeza Rosas de la Universidad del Estado de Carolina del Norte por financiar, facilitar y asesorarme en el laboratorio de marcadores moleculares donde se realizó el estudio con PCR en punto final.

A la Dra. Marta Adriana Otero Arnaiz y la Dra. Martha Graciela Rocha Munive del Departamento de Análisis de Organismos Genéticamente Modificados, del Instituto Nacional de Ecología, por permitimos utilizar sus instalaciones y apoyarnos profesionalmente en la detección y cuantificación de ADN transgénico en las muestras colectadas, por PCR en punto final. Sin cuya ayuda no podríamos haber culminado este trabajo.

Al Dr. Eduardo Madrigal Bujaidar y al Dr. Fernando Castillo González que a pesar de las adversidades no perdieron su confianza en mí, por lo que conté con su apoyo durante todo el proceso de este proyecto,

A la Dra. Pernilla Fajersson y al Dr. Eliseo García Pérez quienes me apoyaron para poder culminar esta tesis.

Un agradecimiento especial al Dr. Octavio Ruiz Rosado un excelente profesional y con gran calidad humana, que no solo me apoyó en este proceso, sino que me impulsó a seguir adelante.

CONTENIDO

	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	5
2.1. Flujo génico de maíz	5
2.1.1. Presencia de transgenes en variedades criollas de maíz en México	7
2.1.2. Persistencia de transgenes después del flujo génico	8
2.1.3. Generación de malezas por resistencia a herbicidas y plagas	8
2.1.4. Evolución de insectos resistentes y generación de nuevas plagas	8
2.1.5. Efectos no esperados	8
2.1.6. Transferencia horizontal: transferencia de la resistencia a antibióticos.....	8
3. MARCO TEORICO CONCEPTUAL	10
4. MARCO DE REFERENCIA	20
4.1. México como centro de origen y diversidad de maíz.....	20
4.2. Estudios sobre la posible introgresión de variedades transgénicas a variedades criollas de maíz	23
4.2.1. Flujo génico	23
4.2.2. Presencia de transgenes en variedades criollas de maíz en México.....	24
4.2.3. Persistencia de transgenes después del flujo génico	27
4.2.4. Generación de malezas por resistencia a herbicidas y plagas	28
4.2.5. Evolución de insectos resistentes y generación de nuevas plagas	30
4.2.6. Efectos no esperados de las variedades de semillas transgénicas	31
4.3. Seguridad de los alimentos generados por ingeniería genética	32
4.4. Cultivos de maíz transgénico a nivel mundial.....	34
4.5 Situación política en torno a la importación, tránsito y destino de semillas de maíz transgénico	36
4.6. Comercio de maíz en México frente a las políticas de importación de semillas	37

4.7. Veracruz, México, como posible sitio de entrada de semilla de maíz transgénico y diseminación al país y parte de Centro América	38
5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	39
6. HIPÓTESIS.....	40
6.1. Hipótesis General:.....	40
6.2. Hipótesis específica:.....	40
7. OBJETIVOS	41
7.1. Objetivo General:	41
7.2. Objetivos específicos:.....	41
8. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
8.1. Material utilizado para explorar la situación del cultivo de maíz criollo y/o mejorado con la posible presencia de maíz transgénico en el estado de Veracruz.....	42
8.2. Métodos utilizados para explorar la situación del cultivo de maíz criollo y/o mejorado con la posible presencia de maíz transgénico en el estado de Veracruz.....	48
8.2.1. Análisis del marco regulatorio vigente en México, con respecto a la importación de semillas transgénicas o no transgénicas.....	48
8.2.2. Evaluación del grado de conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de qué es un alimento transgénico y qué productos los contienen dentro de los que acostumbra consumir.....	50
8.2.3. Evaluación de la importancia del cultivo de maíz en la vida diaria de los agricultores y su conocimiento del maíz transgénico y qué implicaciones traería consigo la detección de maíz transgénico en sus cultivos de maíz tradicional.....	51
8.2.4. Determinación de la presencia de transgenes en variedades criollas y mejoradas colectadas en el estado de Veracruz	54
8.2.4.1. Detección de proteína transgénica (Cry 1Ab, Cry 3Bb y RUR), en variedades de maíz mexicano, con equipo de prueba tipo ELISA.....	54

8.2.4.2. Confirmación de la proteína transgénica detectada en muestras colectadas en el estado de Veracruz, México, por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) en punto final	58
9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	83
9.1. Análisis del marco regulatorio de importación de semillas en México con el riesgo de la introducción de semillas transgénicas.....	83
9.2. Percepción y conocimiento de los productores sobre la semilla de maíz transgénico y conocimiento de los consumidores sobre los alimentos con componentes de origen transgénico en el estado de Veracruz, México	108
9.2.1. Grado de percepción y conocimiento de los agricultores sobre el maíz transgénico y cómo afectaría a sus cultivos de maíz tradicional.....	108
9.2.2. Grado de conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de alimentos transgénico y productos de su dieta que los contienen	119
9.3. Incursión de maíz transgénicos a cultivos locales, variedades convencionales nativas o criollas de maíz, en el Estado de Veracruz	121
9.3.1. Confirmación de la inserción del transgén en muestras colectadas en el Estado de Veracruz, que resultaron positivas a la presencia de proteína transgénica por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) en punto final	124
9.3.2. Confirmación de la proteína transgénica detectada en muestras colectadas en el Estado de Veracruz por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) en tiempo real	137
10. DISCUSIÓN GENERAL	142
11. CONCLUSIONES	152
12. RECOMENDACIONES	152
LITERATURA CITADA	153
ANEXO A	170
ANEXO B	173
GLOSARIO DE TERMINOS	175

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Comunidades muestreadas en el norte del estado de Veracruz, 2006-2007.....	45
Cuadro 2. Comunidades muestreadas en el centro del estado de Veracruz, 2006-2007.....	46
Cuadro 3. Comunidades muestreadas en el sur del estado de Veracruz, 2006-2007.....	47
Cuadro 4. Operacionalización de la hipótesis: México no cuenta con un marco regulatorio confiable, relativo a la bioseguridad de cultivos de origen frente a la importación de semillas, que asegure la conservación de la diversidad del maíz nativo, la salud del consumidor y que garanticen los derechos de los agricultores y de los consumidores de maíz.....	49
Cuadro 5. Operacionalización de la hipótesis: Es de bajo a nulo el grado de conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de que es un alimento transgénico y que productos los contienen dentro de los que acostumbra consumir.....	51
Cuadro 6. Operacionalización de la hipótesis: El maíz es muy importante en la vida de los agricultores, desconocen lo que es un maíz transgénico y cómo pudiera afectarlos la detección de maíz transgénico en sus cultivos de maíz tradicional.....	53
Cuadro 7. Muestras colectadas en municipios del estado de Veracruz, positivas a RuR, Cry3Bb, Cry1aB.....	59

Cuadro 8. Ensayo de extracción con Kit's "Charge Switch". Cantidad y calidad de ADN stock de 4 muestras positivas y 2 negativas. (A) Extracciones de Araceli. (J) Extracciones de Josse. 1 unidad de $A_{260} = 0.5$ ng de ADN doble cadena / \square l.	61
Cuadro 9. Cantidad y calidad de ADN: 4 muestras positivas, 2 negativas. Extracción por CTAB.	62
Cuadro 10. Extracción por CTAB.....	63
Cuadro 11. Extracción por CTAB.....	63
Cuadro 12. Extracción por CTAB.....	64
Cuadro 13. Resultados de la extracción por Kit "Charge Switch", analizados con el Spectrophotometer Nanonob Mina spectrof.	65
Cuadro 14. Primers probados para detectar secuencias de DNA transgénico (Matsuoka, 2002).....	66
Cuadro 15. Preparación de muestras de ADN genómico extraído con MM para PCR tiempo real.	81
Cuadro 16. Primer plan de corrida para cuantificación de ADN genómico, en muestras de maíz colectadas a lo largo del estado de Veracruz 2006-2007, por PCR en tiempo real.	82
Cuadro 17. Segundo plan de corrida para cuantificación de ADN genómico, en muestras de maíz colectadas a lo largo del estado de Veracruz 2006-2007, por PCR en tiempo real.	82
Cuadro 18. Limitantes para la aplicación del Marco Regulatorio Internacional en torno a los OGM's (hasta julio de 2007).....	86

Cuadro 19. Limitaciones para la aplicación del marco regulatorio para el sector ambiental, en torno al Maíz Transgénico, en México (hasta julio de 2007).	93
Cuadro 20. Limitantes para la aplicación del marco regulatorio de Sanidad Fitopecuaria y Desarrollo Rural en torno al Maíz Transgénico en México, (hasta julio de 2007).	96
Cuadro 21. Limitantes para la aplicación del marco regulatorio para Maíz Transgénico (MT) en el Sector Salud e Inocuidad Alimentaria en México (hasta julio de 2007).	103
Cuadro 22. Tamaño promedio de predio y superficie sembrada con maíz por zona en el Estado de Veracruz. Datos 2006.	112
Cuadro 23. Identificación de alimentos transgénicos por el consumidor común en los municipios de; Poza Rica (zona norte), Veracruz y Xalapa (zona centro), y Coatzacoalcos (zona sur) del estado de Veracruz. Datos de 2007.	120
Cuadro 24. Muestras colectadas en municipios del estado de Veracruz, 2006-2007, Positivas a RuR, Cry3Bb, Cry1Ab.	121
Cuadro 25. Transgen detectado en muestras de maíz nativo y posible evento al que pertenece (“Lista de genes insertados y la variedad de OGM que lo alberga”, del Laboratorio del Instituto Nacional de Ecología).	136
Cuadro 26. Determinación de calidad y cantidad de ADN extraído de las muestras de maíz muestreadas en el Estado de Veracruz. 2006-2007.	137
Cuadro 27. Concentraciones (%) del transgen en las muestras de maíz por PCR en tiempo real.	138

Cuadro 28. Muestras colectadas en municipios del estado de Veracruz, 2006-2007, Positivas a: Todas a la proteína RuR, Cry3Bb, Cry1ab; Solo los indicados con (+) para los primers Cry 1aB y cp4epsps por PCR en punto final y para nos-ter y 35S por PCR en tiempo real..... 140

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Municipios muestreados por zonas en el estado de Veracruz.....	44
Figura 2. Razas de maíz criollo y variedades mejoradas muestreadas	48
Figura 3. Fotos colectadas durante el muestreo	53
Figura 4. Procedimiento para la extracción de la proteína de las plántulas	55
Figura 5. Pruebas preliminares del límite de detección proteica.....	56
Figura 6. Diagrama de procedimiento: preparación de las muestras.....	57
Figura 7. Invernadero de la Universidad del Estado de Carolina del Norte	60
Figura 8. Molino y equipo de extracción de ADN por kit's "Charge Switch"	60
Figura 9. Spectrophotometer Nanonob Mina spectrof	62
Figura 10. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	67
Figura 11. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	68
Figura 12. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	69
Figura 13. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	70
Figura 14. Construcción de la secuencia transgénica Bt11	71
Figura 15. Construcción de la secuencia transgénica MON810	71
Figura 16. Construcción de la secuencia transgénica MON802	72
Figura 17. Línea 1-18: Diluciones de ADN de Bt en B73	73

Figura 18. Diluciones de ADN de BT/MON810 en B73.....	73
Figura 19. Diluciones de ADN de MON810 en B73	74
Figura 20. Diluciones de ADN de MON802 en B73	74
Figura 21. Diluciones de ADN de RR/MON810 en B73	75
Figura 22. Diluciones de ADN de MON810 en B73	75
Figura 23. Diluciones de ADN de MON802 en B73	76
Figura 24. Diluciones de ADN de RR/MON810 en B73	76
Figura 25. Diluciones de ADN de MON810 en B73	77
Figura 26. Diluciones de ADN de MON802 en B73	77
Figura 27. Diluciones de ADN de Bt/MON810 en B73.....	78
Figura 28. Equipo utilizado:	79
Figura 29. Clasificación de los campesinos entrevistados, por género.....	109
Figura 30. Clasificación de los agricultores entrevistados, por edad	110
Figura 31. Escolaridad de los campesinos entrevistados, por región	111
Figura 32. Preferencia de semilla de maíz para siembra, por región.....	113
Figura 33. Porcentaje del ingreso familiar por la venta de maíz, por región	113
Figura 34. Destino de la producción de maíz por región.....	114
Figura.35. Importancia del maíz en la vida diaria del agricultor Veracruzano.....	115
Figura 36. Conocimiento de maíz transgénico por agricultores	118

Figura 37. Ejemplo de resultados positivos para proteína transgénica,	123
Figura 38. Ejemplo de resultados positivos para proteína transgénica	124
Figura 39. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	125
Figura 40. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	126
Figura 41. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	127
Figura 42. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	128
Figura 43. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR	129
Figura 44. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter	130
Figura 45. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter	130
Figura 46. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter	131
Figura 47. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter	131
Figura 48. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter	132
Figura 49. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps	133
Figura 50. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps	133
Figura 51. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps	134
Figura 52. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps	134
Figura 53. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps	135
Figura 54. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps	135
Figura 55. Gráfica de los resultados de PCR en tiempo real	139

Figura 56. Gráfica de los resultados de PCR en tiempo real 139

Figura 57. Gráfica de los resultados de PCR en tiempo real 140

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los procesos que caracterizan el deterioro ambiental actual, es la permanente pérdida de valiosa información genética, de especies animales y vegetales y de ecosistemas enteros, es decir, de lo que se aglutina bajo el término Biodiversidad. Es un bien sobre el cual el conocimiento científico actual es limitado, hay incertidumbres irreductibles e incluso ignorancia, por lo cual se necesita abordar su problemática mediante la confrontación de diferentes formas de valoración, que escapan al reduccionismo de la valoración monetaria.

La conservación de la diversidad del maíz nativo en México está siendo tema de debate debido a la posibilidad de introducir variedades de maíz transgénico para cultivo y consumo humano. Lo anterior es resultado del comercio internacional de las modernas tecnologías de producción basadas en el uso de semillas mejoradas genéticamente.

La planta de maíz es una gramínea (especie de pasto) (Familia: Graminae) anual, *Zea mays ssp.*, *Zea mays* L., que produce el grano de maíz (técnicamente, el fruto) en la infrutescencia o mazorca. El maíz es un cultivo muy versátil que se destina al consumo humano y animal como grano o procesado de múltiples maneras. La mayor parte de su producción se concentra en América y, Estados Unidos, que es el mayor productor, con aproximadamente, 40 por ciento de la producción mundial, seguido de China, Brasil y México. En éste último el maíz es el cultivo más importante por área sembrada (más de ocho millones de hectáreas en el año agrícola 2008) y el segundo en términos de producción gruesa (18.99 millones de toneladas en 2008 incluyendo un millón de hectáreas del área sembrada con variedades de híbridos mejorados) (SIAP / SAGARPA, 2009).

Toda evidencia arqueológica y biológica señala que el maíz se originó y se ha diversificado en México, quizás en el occidente del país (Benz, 1986) o en la cuenca del Balsas (Iltis, 1987; Doebley, 1990) entre 7,500 y 10,000 años (Wang *et al.*, 1999; Tenailon *et al.*, 2001). México ha aportado al menos 50 razas de maíz adaptadas a diferentes condiciones climáticas y altitudes que van desde 0 hasta 2,700 msnm

(Hernández-X., 1985; Sánchez, 1993; Iltis y Doebley 1980). Además a las razas principales se suma una gran cantidad de subrazas y variedades locales aún no bien estudiadas.

Los teosintles o maíces silvestres tuvieron y tienen una función importante en la generación de esta variedad de razas de maíz en México (Welhausen *et al.*, 1952; Wilkes, 1972 y 1977; Hancock, 1992). En su mayor parte, los teosintles han sido estudiados y establecidos su distribución geográfico (Sánchez y Ordaz, 1987) y son reconocidos como los parientes silvestres más cercanos del maíz (Doebley e Iltis, 1980; Doebley, 1980). De hecho, uno de los teosintles se plantea como posible ancestro del maíz: *Zea mays* subesp. *parviglumis* (Doebley, 1990; Iltis, 2000). Otro de los teosintles, *Zea diploperennis* (Iltis & Doebley, 1980; Matsuoka, 2002), goza de particular interés porque es perenne y diploide y puede ser la base para el mejoramiento de razas cultivadas que puedan permanecer y no tener que cultivarse cada año. Además de su importancia como ancestro del maíz o fuente de variabilidad genética para mejoramiento, el teosintle tiene un alto potencial como planta forrajera, en particular para la engorda de ganado vacuno y equino (Miranda *et al.*, 2001), aunque en la mayoría de los casos es una maleza. *Zea mays* L. representa un recurso estratégico sobre todo para la agricultura de subsistencia, que normalmente se lleva a cabo en suelos de mala calidad agrícola, propicios para el crecimiento de los teosintles.

La biotecnología moderna ofrece ampliar la diversidad agrícola a través del manejo de variedades transgénicas, que en maíz se dispone de la inserción de genes que confieren resistencia a plagas o a herbicidas. Sin embargo aún no se conoce el posible riesgo sobre la biodiversidad al adoptar variedades transgénicos en países donde los cultivos tuvieron su origen y se diversificaron. Tal situación se presenta ahora en México, país que es centro de origen y domesticación del maíz, donde en caso de que se presentara un efecto adverso a largo plazo, el costo ambiental podría no tener comparación con los beneficios, no solamente a nivel económico sino en pérdida de biodiversidad y recursos por la contaminación genética (Anido, 2005).

La liberación de maíz transgénico en México, autorizada o ilegal, con la posible

dispersión de su ADN en poblaciones de maíz nativo, ha generado preocupación en el medio científico y político. Hay quienes promueven la liberación de maíz transgénico, prometiendo satisfacer la demanda alimenticia futura, asegurando inocuidad en la salud de los consumidores de estos productos y seguridad para la diversidad genética nativa. Otros, no están en contra de dicha liberación, sino que solicitan resultados experimentales confiables que comprueben la inocuidad en la salud del consumidor y la seguridad para la diversidad genética nativa de maíz antes de tomar esa decisión.

La experiencia de resultados negativos por falla en la legislación y reglamentación en la adopción de una nueva tecnología agrícola durante la llamada “revolución verde”, nos compromete a utilizar los avances científicos de manera prudente. Se le bautizó como “revolución verde” en los círculos internacionales, al importante incremento de la producción agrícola que se dio en los años 60 (premio Nobel Norman Borlaug). Técnica de producción moderna que se basaron en la mejora genética, aplicación de agroquímicos y siembras de riego, para la explotación intensiva de monocultivos (HYV's) (Marielle, 2001). La aplicación desmedida de agroquímicos ha generado contaminación, que demuestra la necesidad de utilizar los avances científicos de manera prudente.

La idea principal de la revolución verde y de la ingeniería genética es positiva en la medida que aporten al aseguramiento de la alimentación futura de la humanidad; no obstante su promoción ha estado asociada a intereses económicos para la comercialización, en ocasiones poco responsable con la sociedad y el ambiente que pueden poner en riesgo al ambiente, la salud, y el patrimonio natural y cultural. Es necesario establecer medidas precautorias para evitar consecuencias ambientales adversas y en la salud.

La Ingeniería Genética, rompe con las barreras impuestas por la incompatibilidad sexual y hace posible introducir en plantas, genes provenientes no sólo de otras especies vegetales evolutivamente distantes, sino incluso de hongos, virus, bacterias y animales; esta modificación se lleva a cabo en un ciclo. Lo anterior se basa en el principio de que el código genético de los organismos vivos es universal, lo que permite

la transgénesis (FAO, 2003). Es por ello que la obtención de plantas transgénicas (portadoras de un gen ajeno o heterólogo) empleando alguna de las técnicas disponibles para tal efecto, representa hoy en día uno de los medios más versátil y preciso para producir variedades vegetales mejoradas (Herrera-Estrella, 1983; Quintero, 1991; Zapata, 2001).

Sería un error decir que no se deben introducir técnicas modernas en los cultivo agrícola, siempre y cuando se demuestre que ofrece ventajas, en términos de costo beneficio económico-práctico y que no represente riesgos para la salud, el ambiente y la biodiversidad en el futuro (Hodges, 2009); no obstante, de acuerdo con algunas opiniones no existen, por un lado, las regulaciones oficiales necesarias para controlar los efectos ambientales adversos producto de estas actividades, además, se carece de información adecuada a los consumidores sobre los alimentos transgénicos y productos alimenticios procesados con estos.

Los efectos a la salud es materia de debate, la discusión sobre los efectos negativos en la salud humana se concentra en dos temas: reacciones alérgicas (Bartolomé, 2001) y resistencia a antibióticos (Covantes, 2000).

Aunado a lo anterior las actitudes por maximizar ganancias por parte del capital privado acentúa estos problemas, por lo que es necesario realizar arreglos institucionales que frenen estas tendencias.

En México existen muchas rutas posibles y muchos estados para introducir los transgenes a las poblaciones locales de maíz. El estado de Veracruz es una de esas puertas de entrada al contar con tres de los más importantes puertos para el intercambio comercial mundial (Gobierno del Estado, 2004) que son el puerto de Veracruz, Coatzacoalcos y Tuxpan.

Hasta 1998 la regulación en el movimiento transfronterizo de granos y semillas era igual para productos cultivados tradicionalmente como para productos de origen transgénico, y a partir de ese año empezaron a crearse regulaciones en un régimen especial para este último tipo de productos, con el fin de actuar de conformidad con el

Protocolo de Cartagena del cual, a la fecha, México es signatario. La aprobación de regulaciones para el cultivo de transgénicos ha avanzado a diferentes velocidades en diferentes naciones. La inevitable dispersión internacional de cultivos transgénicos puede llevar a estos productos a lugares donde sus posibles efectos sobre la salud, ambiente o socioeconomía sean diferentes y desconocidos en comparación con los efectos que se producen en el país donde se originaron (Ortíz-García *et al.*, 2005).

Para analizar el impacto que la adopción del cultivo de maíz transgénico puede tener en un país como México, que es centro de origen y diversificación de dicho cultivo, se llevó a cabo la presente investigación. El análisis del estado actual de los cultivos de maíz nativo (libres o con presencia de transgénicos), en comunidades aledañas a tres puertos comerciales más importantes en la república mexicana, país con legislación que protege la diversidad del maíz por ser un país de origen, nos ha parecido un tema apasionante de investigación para abordarlo desde la perspectiva de la Agroecología.

2. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

El impacto de la adopción de cultivos de maíz transgénico en un país de origen como México, puede ser positivo si se toman todas las medidas pertinentes para su control y manejo, en un análisis caso por caso, de lo contrario las repercusiones negativas serán irreparables pudiendo incidir directamente en su riqueza ambiental, con las consecuencias secundarias ineludibles sobre: la economía rural, la sustentabilidad del gremio campesino con los resultados experimentados con la revolución verde de extrema pobreza, migración y pérdida cultural entre otros. El punto más importante por controlar, al adoptar esta nueva tecnología de la Ingeniería Genética, es el flujo génico de estas variedades transgénicas hacia variedades nativas.

2.1. Flujo génico de maíz

Son muchos los puntos de debate con relación a los efectos difíciles de predecir o inesperados de la liberación al ambiente de animales o plantas transgénicas.

En el caso del maíz en México, los principales riesgos de la liberación de transgénicos

al ambiente, desde el punto de vista ecológico, son la introducción no intencional (que no se puedan contener en las áreas aprobadas para su cultivo) de los transgenes a otras poblaciones (de variedades tanto cultivadas como silvestres) para las cuales dichas transformaciones genéticas no fueron diseñadas, lo cual resultaría principalmente en dos aspectos: (1) la posibilidad de introgresión (que los transgenes entren y persistan) de las variedades transgénicas hacia las razas de maíces locales o criollos y hacia los parientes silvestres del maíz que se encuentran en México, y (2) las consecuencias biológicas de esta introgresión. Otro posible riesgo ecológico es el derivado del proceso de modificación genética por medio de técnicas de ADN recombinante, debido a que no se conoce completamente el proceso de transformación genética de plantas y animales, lo cual depende de la complejidad de los sistemas ecológicos (Álvarez-Buylla, 2004a).

La introducción de transgénicos a otras poblaciones, cultivadas o silvestres, para las que no fueron diseñadas puede acarrear las siguientes consecuencias: pueden ser sustituida o eliminada, hibridizarse o adquirir transgenes que reduzcan su potencial agrícola o adaptabilidad a su medio agrícola por cercanía a la entrada de híbridos mejorados o transgénicos, pueden desaparecer las razas endémicas de sitios en los que su siembra está en decremento por efectos de la migración de la población activa, en muchos sitios sólo quedan agricultores de más de 50 años cultivando maíz (Barahona, 2006).

El maíz es un grano de polinización abierta o fertilización cruzada. Por lo tanto, las distintas variedades de maíz locales y mejoradas (híbridos mejorados, comerciales) se pueden entrecruzar de manera natural entre sí y con sus parientes silvestres, los teosintles. En caso de crecer en cercanía, las variedades transgénicas podrían, de manera natural, polinizar a las variedades nativas y a los maíces silvestres o teosintles. Lo que traería consecuencias de contaminación génica y problemas de índole legal a los productores que estarían sembrando sus semillas contaminadas con genes patentados por compañías que hacen el trabajo de ingeniería genética.

En México, las prácticas de almacenamiento de semillas para futuras temporadas, el

intercambio de éstas sin regulación estricta entre localidades, el desconocimiento de los agricultores sobre qué es una variedad de maíz transgénico, sus beneficios y posibles riesgos en el ambiente, en la salud, en su economía y en sus aspectos sociales, podrían dispersar alguna variedad nativa o criolla con introgresión de caracteres transgénicos hacia otras localidades, puede también hacer que las áreas en las cuales ocurra la introgresión sean mayores a las que se esperan por el flujo génico vía polen.

Se ha documentado introgresión de caracteres genéticos de variedades mejoradas a nativas cuando ambas crecen incluso a distancias mayores de varios cientos de kilómetros (National Academy of Sciences, 2002). Por lo tanto, el flujo génico de maíz transgénico y la introgresión a variedades locales cultivadas y silvestres será difícil de evitar una vez que crezcan plantas transgénicas en los campos mexicanos. Además, los individuos de teosinte y maíz portadores de los transgenes pueden constituirse en puentes para la introgresión de los transgenes a nuevas variedades.

Se han destacado el estudio y la importancia del flujo de las variedades transgénicas a las silvestres, pero el flujo de cultivo transgénico a no transgénico es igualmente importante. Los riesgos del flujo génico de maíz transgénico y su introgresión a variedades locales o variedades mejoradas son:

2.1.1. Presencia de transgenes en variedades criollas de maíz en México

Además de que en México se mantiene desde 1998 una moratoria de facto a la siembra semicomercial y comercial de maíz transgénico, reportes recientes apuntan a que variedades de maíz criollo en áreas remotas de Oaxaca pueden actualmente tener transgenes provenientes de distintas líneas desreguladas en Estados Unidos (Comisión de Cooperación Ambiental de Norte América, 2004). Esto ha despertado una polémica de trascendencia por las consecuencias biológicas, agrícolas y socioeconómicas que ese fenómeno podría alcanzar.

2.1.2. Persistencia de transgenes después del flujo génico

Una vez realizada la introgresión de la variedad de maíz transgénico, éste puede persistir después que llega a una población nativa o cultivo local, pero cada caso es diferente, tanto en la posibilidad de persistencia de los transgenes después de su introgresión a variedades locales no transgénicas o a los teosintles, como el efecto biológico de su introgresión.

2.1.3. Generación de malezas por resistencia a herbicidas y plagas

Los transgenes que por ejemplo proporcionan resistencia a herbicidas, en principio no se esperaría ninguna ventaja adaptativa del portador en un ambiente natural en el que no se utiliza el herbicida. Sin embargo, en muchos casos los cultivos y sus parientes silvestres se distribuyen en el mismo ambiente o en su proximidad. En estos casos, la transferencia de tolerancia a herbicidas puede hacer plantas silvestres difíciles de controlar (Ellstrand *et al.* 1999).

2.1.4. Evolución de insectos resistentes y generación de nuevas plagas

El uso de los transgénicos que expresan Bt (portadores del gen de *Bacillus thuringiensis*, tóxico para lepidópteros plaga), puede llegar a ser indiscriminado y la exposición de la plaga a la toxina puede llegar a ser mucho mayor y más directa que la experimentada en las prácticas orgánicas. La generación de poblaciones plaga con resistencia a Bt sería negativa porque se perdería, además de la efectividad de los cultivos Bt, la posibilidad de utilizar su cualidad como insecticida biológico y se tendrían plagas más difíciles de controlar.

2.1.5. Efectos no esperados

La expresión de toxinas de las variedades transgénicas, puede dañar a insectos que no son plagas y sí son benéficos. El estudio más conocido es el de la mariposa monarca y el polen de maíz Bt (Losey *et.al*, 1999).

2.1.6. Transferencia horizontal: transferencia de la resistencia a antibióticos

Se ha extendido la polémica en torno a la posibilidad de que cualquiera de las secuencias insertadas por la tecnología de ADN recombinante se pueda transferir horizontalmente a bacterias, virus u otros organismos rompiendo las barreras naturales al entrecruzamiento entre especies emparentadas. Esto ha ocurrido en la historia evolutiva natural de la vida en el planeta. La duda es si las nuevas combinaciones creadas por la tecnología de ADN recombinante pueden implicar riesgos novedosos para las relaciones ecológicas. Las consecuencias de las transferencias horizontales son difíciles de predecir por ahora, pero podrían ser importantes, por ejemplo, en caso de generación de nuevos microorganismos patógenos. Este tema adquiere una relevancia inmediata con relación a la posible transferencia de los genes de resistencia a antibióticos, que portan casi todas las plantas transgénicas desreguladas hasta ahora, a microorganismos que podrían ser patógenos y volverse resistentes a varios antibióticos. El desarrollo de bacterias resistentes a antibióticos no es un problema nuevo, pero sí es un problema creciente relacionado con el uso indiscriminado de los antibióticos (Kruse y Sørum, 1994).

Resulta de muy alta prioridad saber a ciencia cierta si ha ocurrido flujo génico e introgresión de transgénicos a variedades locales. Dado que el flujo génico y la introgresión de variedades transgénicas a variedades locales de maíz que se usan para alimento humano o animal son claramente posibles, si no un hecho, es particularmente preocupante que pueda haber introgresión en variedades utilizadas para el consumo animal o humano por variedades creadas para producir sustancias industriales o fármacos. Estos desarrollos podrían afectar la seguridad alimentaria, de ahí que resulte prioritario evaluarlos y en su caso tomar medidas de contención o freno. Otros aspectos en los que resulta importante hacer más investigación por su posible impacto son: transferencia horizontal incluyendo la transferencia de la resistencia a antibióticos; acumulación en el ambiente de ADN desnudo, como posible desecho biotóxico, y posible inestabilidad genómica de los transgenes.

3. MARCO TEORICO CONCEPTUAL

La agroecología ha sido considerada como una disciplina o ciencia, teniendo como unidad de análisis al agroecosistema; sin embargo, sus componentes teóricos y metodológicos son derivados de herramientas científicas disponibles o las complementa con la intervención de varias disciplinas, por lo que la agroecología es algo más que una disciplina per se. La agroecología se fortalece con el pensamiento de sistemas y el enfoque de sistemas; además, se robustece con aportaciones teóricas y metodológicas de la disciplina, la multidisciplinaria, la interdisciplinaria, y toma en cuenta el conocimiento local que es donde se aplican los conceptos y principios ecológicos, sociales y económicos; de aquí que la agroecología deja de ser una disciplina para convertirse en una transdisciplina. Tales principios son aplicables a la agricultura moderna, que más que favorecer perjudica a la base de los recursos naturales, al estar sujeta a los precios del mercado globalizado. Esa situación urge a la agricultura mayor armonía con el ambiente, los recursos naturales y brindar a la sociedad alimentos y productos agrícolas inocuos. Es por ello que la agroecología como transdisciplina tiene la oportunidad, y tal vez la responsabilidad, de enfocarse más al análisis, diseño, desarrollo y evaluación de la agricultura y de sus agroecosistemas, tanto de alta o baja dependencia de insumos externos; valorando su interdependencia entre los diferentes niveles jerárquicos. Sin duda, considerando a la agroecología como una transdisciplina se puede contribuir más favorablemente al aumento de la sostenibilidad de los agroecosistemas y de la base de los recursos naturales (Ruiz-Rosado, 2006).

Para analizar o resolver los problemas agrícolas, en sentido amplio, Janssen y Goldsworthy (1996) han utilizado seis formas de integración de las ciencias agrícolas. A principios de los años 60 lo que predominó fue el manejo de la granja, que incluyó economía agrícola, ingeniería, planeación y economía familiar. En los 70, estimulada por la revolución verde, la ecología vino a ser una forma más de enfrentar los problemas agrícolas a través de la fisiología, patología, agronomía, genética y entomología. Durante los 70, el sistema de mercado integró a la agronomía, procesamiento, nutrición y economía. De mediados de los 70 a mediados de los 80, la investigación en sistemas de granja (farming systems research) fue un importante

enfoque, con disciplinas como la antropología, ciencias sociales, economía y agronomía. La agroecología como un enfoque holístico (del griego *holos*: todo, entero) estaba en sus etapas primarias. Para 1985, la producción sustentable vino a ser de mayor importancia, e incluyó disciplinas tales como manejo de plagas, manejo del agua, ciencias del suelo, agronomía, economía de los recursos; posteriormente integró geografía, meteorología, hidrología y sociología. Recientemente han sido integrados los sistemas de información geográfica (Jones *et al.*, 1993; Patanothai, 1997; Ruiz-Rosado, 2001a, b) y los métodos de agricultura de precisión (Pierce y Nowak, 1999). Nuevas disciplinas son integradas en el discurso de agroecología para solucionar, o mejorar, los problemas de los sistemas de producción con alta o baja dependencia de insumos externos. De aquí que las ventajas y oportunidades de adoptar criterios agroecológicos en los diferentes niveles de la producción agrícola es evidente.

Durante las décadas de los años 70 y 80 se dieron movimientos que sentaron las bases para la construcción del paradigma agroecológico. Estos fueron: la respuesta europea a los cambios de paisaje y a la disminución de la calidad de los recursos naturales, el círculo vicioso del uso de plaguicidas y su efecto en la salud humana en los EEUU y pérdidas de la biodiversidad, la resistencia Latinoamericana a la pérdida del conocimiento tradicional, y la crítica al paradigma científico (Trujillo y Gliessman, 2003). Además influyó la baja o nula eficiencia de los paradigmas convencionales de la ciencia para atender satisfactoriamente a los problemas crecientes de la sociedad.

Teniendo sus raíces en las ciencias agrícolas, en ecología, análisis de agroecosistemas milpa-solar, movimientos ambientalistas y en estudios del desarrollo rural (Altieri, 1995), la agroecología provee un marco metodológico para lograr un profundo conocimiento e interpretación de la naturaleza de los agroecosistemas y los principios por los cuales funciona (UNDP, 1995). El reto de la agroecología es determinar un enfoque de investigación que refleje de una forma concisa la naturaleza de la agricultura como una evolución entre la cultura y el ambiente tanto en el pasado como en el presente (Gliessman, 1990a). La agroecología provee el conocimiento y metodologías necesarias para desarrollar una agricultura que por un lado sea ecológicamente buena, y por el otro presente alta productividad y sea económicamente

viable (Gliessman, 2002); de esta forma la agroecología legitima la importante influencia de varias disciplinas en el pensamiento agroecológico.

Tomando en cuenta las tendencias de los sistemas agrícolas en los países denominados desarrollados y en desarrollo, Ruiz-Rosado (2001) sugiere que la agroecología debe ser considerada como una forma de pensar y actuar holísticamente para el análisis, diseño, desarrollo y evaluación de cualquier sociedad rural y urbana; de igual forma sugiere que debe ser puesto igual énfasis en lo social, económico y ambiental, como discuten Guzmán-Casado *et al.* (1999). De acuerdo a Janssen y Goldsworthy (1996) nuevos tipos de campos o enfoques para integrar el análisis de problemas agroecológicos y obtener soluciones dependen de dos factores críticos. Uno es entender las interacciones entre los problemas y la habilidad para enfrentar e interpretar esa interacción con la metodología de investigación seleccionada, y el otro factor es la preocupación pública y los problemas globales que se tienen en estos días. Esa situación sugiere que la agroecología tiene que desarrollar sus conceptos y metodologías adecuadas para cada situación en cuestión.

La agroecología ha sido referida por diferentes autores como un enfoque holístico para analizar, entender y desarrollar sistemas agrícolas de alta o baja dependencia de insumos externos. El análisis de las interacciones ecológicas que ocurren en la agricultura y la importancia de los factores económicos y ecológicos son mencionados por Gliessman (1990b, 2002), Altieri (1995) y Guzmán-Casado *et al.* (1999) La agroecología se apoya con el enfoque de sistemas para apreciar mejor los problemas reales y necesariamente se integra los conocimientos de la disciplina, multidisciplina, interdisciplina y el conocimiento local para lograr una transdisciplina que fortalezcan el enfoque holístico.

El enfoque holístico considera una entidad compleja o sistema, que es más que la suma de sus partes, y porque la sustentabilidad agroecológica a cualquier nivel jerárquico es compleja por naturaleza y debe considerar diferentes formas de evaluación, es por lo que una nueva generación de científicos es requerida, con nuevas actitudes y nuevos enfoques. Muchos de los avances científicos innovadores suceden

en la interfase entre disciplinas. Los límites tradicionales disciplinarios tendrán que abrirse tanto para las ciencias sociales como en las ciencias naturales, que incluyen a las ciencias agrícolas, ingeniería, ciencias económicas, así como en las ciencias médicas y de la salud (NERC, 2000).

Para alcanzar un adecuado análisis, diseño, desarrollo y evaluación de la agricultura desde el punto de vista agroecológico y para manejar los agroecosistemas de una forma más sostenible, es imprescindible identificar y tomar en cuenta el papel que tiene cada elemento o proceso dentro del agroecosistema y la racionalidad en su manejo. De esta forma, a través de la agroecología como una transdisciplina, se tendrá más confianza y certeza en la transformación de la agricultura con un manejo más sostenible a corto, mediano y largo plazo de los recursos naturales para beneficio de la sociedad.

En la actualidad, una de las necesidades que esta enfrentando la humanidad es la producción de los alimentos de origen vegetal y animal sin deteriorar el medio ambiente y los recursos naturales (Enkerlin *et al*, 1997).

Los sistemas de agricultura altamente tecnificados, a pesar de que han logrado, hasta ahora, aumentar la producción de alimentos en el mundo, plantean una serie de problemas que aun no tienen soluciones o alternativas claras. Entre ellos: la dependencia creciente de combustibles fósiles, y de agroquímicos (insecticidas, herbicidas, fertilizantes, fungicidas), la pérdida de variabilidad genética de los principales cultivos, el agotamiento de la fertilidad de los suelos, el riesgo de erosión y degradación de los mismos, contaminación de las aguas y el suelo, e incluso de los mismos productos agrícolas, aumento de la susceptibilidad a plagas y enfermedades, erosión cultural, entre otros.

Estas prácticas están produciendo una serie de perjuicios ambientales que ponen en peligro: 1) la integridad y/o calidad del medio ambiente, regional y local y 2) la sustentabilidad del mismo sistema, tal cual lo conocemos en la actualidad. El avanzar hacia una agricultura sustentable es actualmente un objetivo mundial y nacional. El

desafío que se plantea es la necesidad de producir un cultivo económicamente viable, preservando al mismo tiempo la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global. Para ello, se deben considerar las interacciones de todos los componentes físicos, biológicos y socioeconómicos de los sistemas de cultivo, y debe integrarse este conocimiento al nivel de comunidad. El enfoque agroecológico es más que la ecología aplicada a la agricultura, pues tiene una perspectiva cultural que incluye al hombre y el impacto que él ejerce sobre los sistemas agrícolas.

El tradicional sistema agrícola mesoamericano es referido a la “milpa”, definido como un campo con cultivos asociados con tres principales especies, maíz, frijol y calabaza (*Zea mays*, *Phaseolus spp.*, and *Cucurbita spp.*), frecuentemente con otras especies menores (e.g. *Capsicum spp.*, *Lycopersicon esculentum*) creciendo con hiervas comestibles, localmente llamadas quelites (e.g. *Chenopodium spp.*) son toleradas y cosechadas. Una característica de la cultura y agricultura del campesino (palabra que significa agricultor de escasos recursos en Latinoamérica) es la existencia de un área con alta diversidad de especies animales y vegetales localizadas cerca de la casa familiar (y muchas veces a la milpa) llamada solar. La milpa y el solar forman el sistema agrícola milpa-solar.

El sistema milpa-solar fue modificado con la llegada de los españoles, quienes introdujeron nuevas especies de plantas, animales domesticados (gallinas, puercos, ovejas y ganado) y herramientas.

Elementos sociales y biológicos del sistema del cultivo de maíz, evolucionaron en la contemporánea milpa-solar. Elementos sociales incluyen la selección agrícola y el intercambio de semilla, selección post-cultivo, entrecruzamiento de varias especies, movimientos de semilla entre parcelas y producción para consumo humano (subsistencia). Los campesinos rezan y agradecen a dios por sus jardines y solares que son un recurso para su vida y para te su identidad.

Elementos biológicos incluyen flujo génico a parientes silvestres como *teosinte*, heterogeneidad climática, y adaptación de los cultivos a diferentes microclimas.

Las principales ventajas de los agroecosistemas milpa-solar comparado con el monocultivo de maíz, son la alta producción de riqueza y diversidad de cultivos para la alimentación en áreas pequeñas (menos de dos hectáreas). La mayor disponibilidad y variedad de alimentos, y mejor estatus nutricional de los miembros del hogar, proveen suelos fértiles a través del uso de compostas, incrementan el ingreso con la venta de excedentes de alimentos, tienen un eficiente uso de los recursos naturales, reciclado de nutrientes, producción de ganado sin agresión al medio ambiente de manera sustentable y preservación mantenimiento de la biodiversidad. En otras palabras estos son agroecosistemas sustentables.

El sistema milpa-solar ofrece servicios vitales al medioambiente, es el reservorio mundial de genes de maíz, incluyendo al *Teosinte*, el ancestro del maíz. La introducción y preservación del sistema milpa-solar tiene el potencial de revertir el proceso de degradación de la tierra que toma lugar donde es practicado el monocultivo de maíz y promete un sistema modelo que es más sustentable y amigable al ambiente. Otro servicio ambiental del predominantemente de temporal sistema milpa-solar incluye: reducción del riesgo de inundaciones, mejorar la calidad del agua, conservación de suelos, control de erosión y control climático

La amenaza más importante a nivel nacional para la existencia del sistema milpa-solar llego por la promoción activa del gobierno mexicano de políticas para estimular el monocultivo del maíz, una política seguida durante los últimos treinta años (Mariaca *et al.*, 2007).

De los 12 millones de personas indígenas en el México rural, se estima que el 93% vive en la pobreza. Cuando la agricultura movio una muy diversa, rica y nutricionalmente balanceada dieta otorgada por el sistema milpa-solar, la baja nutrición llegó a ser endémica en la mayoría de las regiones mesoamericanas, la nueva dieta es principalmente basada en maíz.

Un riesgo mundial para el sistema milpa-solar es por la introducción de maíz transgénico. México no es autosuficiente en la producción de maíz, así que importa una

gran cantidad de maíz de estados Unidos de América (algunas veces más allá de lo necesario)

Los agroecosistemas milpa-solar ofrecen un sistema modelo con grandes posibilidades de replicación en otras partes del mundo con condiciones similares

Son importantes a nivel mundial los agroecosistemas milpa-solar como reservorio de genes de maíz incluyendo el *Teosintle*, el ancestro del maíz. México tiene tanto la mayor cantidad de diversidad racial y diversidad alélica entre razas. Herencia mundial preservada a través de siglos por el agricultor campesino en los agroecosistemas milpa-solar. La preservación de estos agroecosistemas con los programas de mejoramiento de maíz, garantiza el suministro de alimentos para el mundo (Castelán, 2002).

En un agroecosistema de una milpa-solar, la agroecología saca el mayor provecho de los procesos naturales y de las interacciones beneficiosas en la milpa-solar con el fin de reducir el uso de insumos no agrícolas y mejorar la eficiencia de los agroecosistemas. Las tecnologías recalculadas tienden a mejorar la biodiversidad funcional de los agroecosistemas así como la conservación de los recursos existentes en la milpa-solar. Las tecnologías promovidas, tales como cultivos de cobertura, abonos verdes, cultivos intercalados, agrosilvicultura y las mezclas de cultivos y ganadería, son multifuncionales en la medida que su adopción generalmente significa cambios favorables en diversos componentes de los agroecosistemas al mismo tiempo.

La complejidad de los agroecosistemas que prevalecen en el trópico requieren el uso del análisis de los agroecosistemas, como un método apropiado a las condiciones tropicales y a las características de la producción en el trópico (Hart, 1985).

Actualmente estamos entrando en una nueva era de la agricultura, de la mano de las nuevas biotecnologías, con un papel central de la genética molecular. Ello se ha debido a un auge espectacular de los conocimientos básicos de biología vegetal y a la aplicación de las técnicas de ingeniería genética. A partir de ahora, la "revolución" agrícola dependerá menos de innovaciones mecánicas o químicas, y y más un uso

intensivo de saber científico y de técnicas moleculares y celulares.

Pero el avance de la ciencia se ha desarrollado a pasos agigantados, la biotecnología ha incursionado en la agricultura de manera que por medio de la ingeniería bioquímica ha desarrollado nuevos productos con ADN ajeno a el creando nuevos organismos con características nuevas, con las cuales no contaba en su forma original, con lo que nace un nuevo paradigma en la agricultura, la creación de Organismos Genéticamente Modificados (OGM's), lo que involucra no solo a la producción comercial más económica, también el entorno ecológico, la sociedad campesina, las posible repercusiones en la salud del consumidor, la biodiversidad del cultivo original, los valores culturales, entre otros. Estos se pueden ver de la siguiente manera:

La biodiversidad es la variedad de vida en los diferentes niveles de organización biológica, como el genético, el de especies y el ecosistema. En los ecosistemas agrícolas (agroecosistemas), es especialmente importante el mantenimiento de la diversidad biológica tanto para la producción de alimentos como para la conservación de las bases ecológicas que aseguran la vida y el sustento de las poblaciones rurales (Álvarez, 2005).

Por otro lado, las políticas de producción agrícola no contemplan la importancia de la biodiversidad agrícola como “insumo” agrícola a ser manejado, y frecuentemente chocan con actividades relacionadas con la diversidad biológica, la conservación del agua y el manejo forestal, que tienen un efecto directo o indirecto sobre las acciones para reducir la pobreza en las comunidades rurales.

Aunque la biotecnología tiene la capacidad de crear una variedad mayor de plantas comerciales, las tendencias actuales son abrir amplios mercados internacionales para un solo producto, creando así las condiciones para la uniformidad genética en el paisaje rural (Mander *et al.* 1996).

En un país como México, el tema de la biodiversidad toma mayor importancia cuando la diversidad agrícola en riesgo es un “producto de origen”, la posible pérdida del germoplasma de donde parten todas las variedades mejorados tanto por

fitomejoramiento tradicional como por productos de la ingeniería genética (OGM's)

Además, en estos momentos el maíz está en un momento clave determinado por la contaminación de su centro de origen (México) con secuencias recombinantes patentadas por algunas de las corporaciones monopólicas. Ante este hecho, el gobierno mexicano está impulsando modificaciones reglamentarias que tienden a legalizar dicha contaminación para abrir al mercado monopólico de los transgénicos al maíz mexicano. Esto tiene implicaciones socioeconómicas grandes con repercusiones potencialmente muy negativas para los sectores mayoritarios de productores y consumidores de México y del mundo, pero también impactos potenciales en el ambiente, la alimentación y la salud de los mexicanos con dimensiones y efectos impredecibles, algunos potencialmente devastadores (Álvarez-Buylla, 2009).

La conservación de la biodiversidad es más que una inversión para el futuro. De hecho, México no tiene un futuro si no conserva su diversidad biológica. La multiplicidad de usos y el valor y la importancia que históricamente se le han reconocido y conferido a la biodiversidad de nuestro país, están en función de los bienes directos e indirectos que ofrece y también, en cierta medida, de la percepción que de aquéllos se tiene. La realidad es que la biodiversidad de nuestro país está, en términos generales, subvaluada en todos los ámbitos. Incluso el valor económico ha sido pasado por alto en los análisis y decisiones sobre el uso y destino de estos recursos, en la definición de políticas y de estrategias de inversión, y en general, en la planeación del desarrollo del país.

En la mayoría de los países no existen regulaciones estrictas de bioseguridad para tratar con los problemas medioambientales que pueden desarrollarse cuando plantas diseñadas por ingeniería genética son liberadas en el ambiente (Hruska y Lara Pavón 1997). La preocupación principal es que las presiones internacionales para ganar mercados y aumentar las ganancias están empujando a las compañías a que liberen cultivos transgénicos demasiado rápido, sin consideración apropiada de los impactos a largo plazo en las personas o en el ecosistema (Mander y Goldsmith 1996).

En el contexto rural mexicano se pueden originar graves problemáticas de índole productivo, social y ambiental que aquejarían no solamente los agroecosistemas sino también a las comunidades rurales, estas situaciones se verán reflejadas entre otros aspectos, en la degradación ambiental de los suelos, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación de las aguas, la alteración de los ciclos de vida, la pérdida de la agrobiodiversidad, la seguridad y soberanía alimentaria, el desarraigo y erosión cultural, la pérdida de niveles de participación y autogestión comunitaria, pobreza, violencia, marginación, desplazamiento y carencia de opciones de empleo productivo y de proyecto de vida para las comunidades campesinas.

Es objetivo fundamental que estudiantes e investigadores desarrollen un entendimiento profundo de la ecología de los sistemas agrarios y su relación con los procesos sociales, de tal manera que de ello se deriven sistemas de manejo adecuadas a los objetivos de una agricultura sustentable. La estrategia se basa en la solidez de la ciencia adquirida y en asociaciones colaboradoras, para generar, compartir y aplicar conocimientos y tecnologías con el objetivo de incrementar la seguridad alimentaria, mejorar la productividad y la rentabilidad de los sistemas de producción agrícola, y conservar los recursos naturales.

Con el conocimiento y técnicas adquiridas hasta hoy y con la incursión en el nuevo paradigma de la biotecnología aplicada a los agroecosistemas al producir OGM's por medio de la ingeniería genética, así como la otra cara de la moneda que nos impulsa a conservar la agrobiodiversidad y aprovecharla en bien de la comunidad campesina de una manera sustentable, en la que la agricultura orgánica es una opción.

La cuestión clave respecto a la biotecnología, es si se puede lograr que sume sus fuerzas junto con medidas políticas y económicas a nivel mundial, bajo el impulso de un profundo sentido de justicia y equidad, para lograr una transición a una agricultura ecológicamente viable capaz de alimentar al mundo. Federico Mayor, Director General de la UNESCO (<http://www.robertexto.com/archivo8/biotec1.htm>, consultado el 10/02/10), lo expresó claramente: "a menos que distingamos entre desarrollo y crecimiento económico, perderemos el camino hacia el desarrollo sostenible".

La conclusión es que si queremos estrechar el abismo entre países pobres y ricos y garantizar los derechos de las generaciones futuras a un medio ambiente digno, la escala de la actividad económica de los países opulentos debe disminuir al tiempo que se eleva la de los países del sur, mientras simultáneamente se produce un cambio de paradigma económico no centrado en el crecimiento, sino en el desarrollo de las potencialidades humanas más profundas.

En este contexto, una biotecnología sostenible no sería más que una pieza bien encajada dentro de una tecnología ecológica, que a su vez estaría armonizada en los nuevos conceptos de desarrollo integral, que tuvieran seriamente en consideración la carga ambiental permisible en la biosfera, y las aspiraciones profundas de los seres humanos.

Sea como fuere, lo más relevante es que si la biotecnología sigue dominada por la clásica dinámica lucrativa de las grandes empresas occidentales, la agricultura continuará su tendencia a desplazar métodos que minimizan el daño ecológico y la pérdida de suelos a corto plazo, y si no se toman medidas correctoras, existe un fuerte riesgo de que perjudique a algunas economías de países en desarrollo, y nada asegura que, de hecho, resuelva el problema del hambre en el mundo.

Para realizar esta investigación, consecuentemente, se usa el enfoque agroecológico que tiene las ventajas de generar conocimiento del impacto de las semillas de maíz transgénico en otros cultivares de maíz y consumidores; esto puede influir positiva o negativamente en varios aspectos de la agricultura tradicional y moderna.

4. MARCO DE REFERENCIA

El marco de referencia se aborda desde el concepto de los agroecosistemas para un país que es centro de origen y diversificación del maíz, tocando los puntos directamente relacionados, económicos, políticos, sociales, culturales y ambientales.

4.1. México como centro de origen y diversidad de maíz

México es un país con diversidad de relieves, sierras que cruzan al país en todas

direcciones, formando valles y altiplanos a distintas alturas sobre el nivel del mar y más de siete mil kilómetros de litorales dando lugar a una gran diversidad de ecosistemas, paisajes, cuencas y biorregiones, resultando en una amplia diversidad biológica y como consecuencia de ella, la diversidad de civilizaciones y culturas, así como nuestra notable diversidad gastronómica.

Las investigaciones de los últimos 40 años y los avances de la Biología Molecular, han demostrado que las principales diferencias entre el maíz y el teocintle, al comparar la huella de los marcadores RFLP, se deben a tan solo cinco grupos de genes o mejor dicho, cinco QTL (quantitative trait loci) (Doebley, 2004; Vollbrecht *et al.*, 2005; Gallavotti, 2004; Wang, *et al.* 2005).

Las áreas geográficas donde se encuentran los pequeños agricultores son hoy los centros de diversidad genética de maíces. Presumiblemente, también fueron centros de diversidad genética de maíz en los años 1400 y mucho antes (Benz, 2001; Piperno *et al.*, 2001; Eubanks, 2001), pero sólo con arqueología más completa se podrá contestar esa pregunta de manera definitiva. La genética y los marcadores moleculares pueden decirnos mucho respecto a las relaciones actuales, pero muy poco realmente sobre las relaciones o distribuciones hace 500 ó 5,000 años.

México ha aportado al menos 50 razas de maíz adaptadas a diferentes condiciones climáticas y altitudes que van desde 0 hasta 2,700 msnm (Hernández-X., 1985; Sánchez, 1993; Iltis y Doebley 1980). Además a las razas principales se suma una gran cantidad de subrazas y variedades locales aún no bien estudiadas.

La domesticación del maíz da lugar a la agricultura sostenible que involucra y sostiene a pequeños agricultores que dependen de sí mismos para obtener semilla para el siguiente ciclo agrícola (Badstue *et al.*, 2003). Para estos agricultores, las variedades sembradas conforman su capital agrícola debido a que son su fuente principal de alimentación y de ingreso económico (Smale *et al.*, 2003), y la diversidad genética nativa de este cultivo es reconocida como un recurso genético de gran valor para el mundo entero.

México cuenta con comunidades indígenas en más del 50% del territorio, 3 millones de familias en 30 mil ejidos y comunidades que disponen de 103 millones de hectáreas que representan cerca del 70% de las unidades productivas del país (Toledo, 2008). En manos de ellos está la conservación de las variedades de maíz nativo.

Las investigaciones sobre la conservación de la diversidad de maíz de México se han hecho durante al menos 60 años continuos. El estudio más relevante publicado sobre monitoreo de la diversidad de maíz es la tesis de Ortega-Paczka (1973), en Chiapas. Aunque la erosión genética siempre estará presente por la pérdida de genes del acervo genético del maíz nativo a causa de la eliminación de poblaciones por factores como la adopción de variedades modernas (Plucknett *et al.*, 1992), o por el reemplazo de una especie por otra (Qualset *et al.*, 1997).

La principal causa de la erosión del maíz nativo en México es el impulso y apoyo a los maíces mejorados. El abandono del cultivo se debe principalmente al bajo precio del grano de maíz, que se ha agudizado en los últimos años con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte y el consecuente dominio de las harinas industrializadas importadas. La pérdida de las variedades nativas empora por su desplazamiento por otros cultivos (entre ellos narcóticos) y por la urbanización. Otra causa es la dedicación de las nuevas generaciones a otras actividades, cambios en sus patrones de consumo y la simplificación de los procesos agrícolas, problemas sociales como movimientos armados campesinos y la represión gubernamental. Las catástrofes naturales como sequías o tormentas tropicales se suman a los problemas de erosión del maíz nativo.

Aun con todas las adversidades por las que ha pasado, el cultivo de maíz nativo sigue siendo un alimento básico para los mexicanos. Para la alimentación y la agricultura este recurso filogenético es la materia prima indispensable para el mejoramiento genético de los cultivos, ya sea por medio de la selección de los agricultores, el fitomejoramiento clásico o las biotecnologías modernas. Son esenciales para la adaptación a los cambios imprevisibles del medio ambiente y las necesidades humanas futuras. La contribución pasada, presente y futura de los agricultores de todas las

regiones del mundo, en particular los de los centros de origen y diversidad, a la conservación, mejoramiento y disponibilidad de estos recursos, constituye y debe considerarse como una sólida base de los derechos del agricultor.

4.2. Estudios sobre la posible introgresión de variedades transgénicas a variedades criollas de maíz en México

Probablemente debido a que se ha reportado contaminación transgénica en los maíces criollos de Oaxaca por Quist y Chapela (2001) y la consiguiente controversia desencadenada al publicarse su trabajo en la revista Nature (2001), hasta la fecha México no se ha permitido el cultivo de maíz transgénico (MT), aunque si se permite su consumo humano y la variedad de maíz MON 863 es un ejemplo de ello (SSA, 2003).

El hecho de que el maíz sea un grano de polinización abierta o fertilización cruzada (Frankel y Galun, 1977), aumenta el riesgo de contaminación, debido a que fácilmente ocurre entrecruzamiento natural entre variedades, entre razas e incluso entre el maíz con cualquiera de sus parientes silvestres, los teocintles. De aquí la importancia y necesidad de mantener la diversidad genética nativa mexicana del maíz y de sus parientes silvestres, hasta que se tenga evidencia científica suficiente que pruebe que el uso de maíz transgénico es inofensivo para dicha diversidad genética. Un importante paso en la tarea de conservar dicha diversidad es el continuo monitoreo del estatus genómico de cultivos locales a lo largo del país, tratando de mantenerlos libres de ADN transgénico tal y como lo sugiere el Protocolo de Cartagena para la protección de la biodiversidad local.

4.2.1. Flujo génico

La dispersión a largas distancias puede ocurrir, aunque en baja frecuencia, por movilización del polen. Sin embargo, el hecho de que una fracción del polen viaje distancias considerables hace que el aislamiento absoluto sea una práctica casi imposible. Además, la progenie de plantas polinizadas de manera no intencional por variedades transgénicas puede servir de “puente” para transferir esos transgenes a otras variedades cultivadas o a sus parientes silvestres, como lo afirma la National

Academy of Sciences (2002).

Es menor la evidencia de flujo entre cultivares (Ellstrand, 2001); sin embargo, dada la evidencia resumida en el párrafo anterior, es posible esperar altas tasas de entrecruzamiento entre distintas variedades cultivadas de una misma especie. De hecho actualmente se dispone de varios casos documentados de flujo de transgenes a variedades para las cuales no fueron diseñados. Éste es el caso, por ejemplo, de la canola (Hall *et al.*, 2000). Estos casos y otros apuntan hacia el hecho de que la contención de transgénicos será prácticamente imposible una vez que se comercialicen o desregulen (Hodgson, 2002), a menos de que se desarrollen métodos muy eficientes para su contención. Es difícil mantener a una variedad de maíz genéticamente aislada de las variedades circundantes, a pesar de que se ha determinado que para la producción de semilla certificada es suficiente separar 200 metros las parcelas, aunque esta distancia limita bastante el flujo génico no lo impide totalmente.

Un estudio realizado en el estado de Nayarit en México sugiere que a 200 m ocurre flujo génico entre una fuente experimental y una variedad receptora, aunque no lo hay a 300 m. Por otro lado, en la India se establece que la distancia mínima es de 400 m (Tunwar y Singh, 1988), mientras que para la FAO es de 600 m (Kelly y George, 1998). Quizá lograr desfaseamientos en las fenologías de las variedades sea una forma de aislamiento más eficiente que la separación física (Kelly y George, 1998).

En resumen, en el campo mexicano parece bastante difícil aislar una variedad transgénica de otras y de las poblaciones derivadas de teosintles. Estimulados por el riesgo de flujo génico no deseado, se hacen esfuerzos por incorporar en las construcciones transgénicas secuencias que afecten la viabilidad del polen y por tanto impidan el flujo de genes vía polen transgénico (Paul Scout, 2007).

4.2.2. Presencia de transgenes en variedades criollas de maíz en México

En el año 2001-2002, Quist y Chapela publicaron la evidencia de la presencia de estructuras de ADN transgénico en muestras de cultivos de maíz nativo en el estado de Oaxaca, constituyendo así la primera evidencia publicada de la presencia de

transgenes en cultivos criollos de maíz en México. Dichos autores detectaron la secuencia promotora 35S utilizando técnicas de PCR y bandas marcadoras de ADN; este promotor se ha utilizado en prácticamente todos los desarrollos biotecnológicos de plantas transgénicas hechos hasta ahora. La secuencia 35S se presentó también en muestras de granos de maíz en almacenes locales de agencias gubernamentales mexicanas como DICONSA, la cual distribuía subsidios alimenticios en México. Se asumió que estos granos transgénicos habían sido importados de los EEUU y pudieron haber sido sembrados por los agricultores; sin embargo, pudo ser posible alguna otra ruta de flujo génico como ser paso de rutas comerciales que transportan maíz importado del cual no se tuviera certeza que fuera o no maíz transgénico, o el regreso de inmigrantes con alguna muestra de semilla que les haya llamado la atención por sus propiedades de rendimiento o resistencia a plagas (Comisión de Cooperación Ambiental de Norte América, 2004). Quist y Chapela (2002) también encontraron la secuencia del terminador NOS de *Agrobacterium tumefaciens*, por técnicas de PCR en dos de los cuatro campos analizados, y en una de las mazorcas colectadas se detectó la secuencia de la endotoxina Bt del gene Cry1Ab que codifica para la proteína insecticida Bt (*Bacillus thuringiensis*). Sin embargo, una nota publicada poco después del estudio de Quist y Chapela, Hodgson (2002) refuta los hallazgos de Chapela. Su principal argumento se basa en un estudio, publicado en la página electrónica del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), (Christou, 2002), donde se muestra que análisis de investigadores de este centro no encontraron, siguiendo la técnica de PCR, la construcción transgénica que contiene el gen promotor 35S del virus del mosaico de coliflor en muestras de maíz de Oaxaca colectado entre 1999 y 2001. Meses después de la publicación de Quist y Chapela apareció en Nature una carta de su editor (Editorial Note, 2002) en la que señala que la revista no se hace responsable de lo publicado por Quist y Chapela. El deslinde se basa en las conclusiones de un grupo de científicos que cuestionan tanto las técnicas utilizadas como el reporte original, los resultados y las conclusiones de Quist y Chapela. Dos de las cartas recibidas por Nature, con críticas a Quist y Chapela, se adjuntan a la nota del editor (Metz y Fütterer, 2002; Kaplinsky, *et al*, 2002). Los científicos argumentan que la técnica de PCR puede estar sujeta a manipularse especialmente cuando se usan dos

rondas de la reacción para obtener bandas positivas. También argumentan que para poder asegurar la presencia de transgenes en el genoma de los maíces criollos es necesario contar con experimentos de hibridación tipo Southern. Finalmente cuestionan las conclusiones del artículo de Quist y Chapela, según las cuales los transgenes se encuentran en múltiples contextos genómicos en los maíces criollos. En este caso demuestran que varias de las secuencias clonadas por Quist y Chapela a partir de la técnica PCR inversa (i-PCR) son artefactuales y se deben a que el genoma de maíz reviste secuencias muy similares a ciertas regiones de las secuencias del promotor del 35S utilizado en las variedades transgénicas objeto de las búsquedas de Quist y Chapela. Sin embargo, los dos grupos concluyen que es muy probable encontrar los transgenes en las variedades criollas, a pesar de que, por falta de resultados contundentes, es prematuro derivar conclusiones sobre su efecto en la diversidad de maíces locales. También rechazan la posibilidad de que los transgenes sean inestables. En el mismo número, Quist y Chapela (2002) publicaron una carta con datos nuevos de hibridación de muestras no digeridas (dot-blot) que corroboran sus hallazgos y reconocen que algunos (no todos) de sus resultados de i-PCR pueden ser artefactuales. Sin embargo, reafirman su conclusión de que los transgenes están presentes en las variedades criollas de México.

En un trabajo reciente de Ortiz-García y colaboradores (2005), no detectaron secuencias transgénicas con marcadores altamente sensibles de técnicas de PCR en muestras del estado de Oaxaca colectadas en el 2003 y 2004. Sin embargo, se considera necesario un monitoreo frecuente de introgresión de transgénicos en todo el país (Perales *et al.*, 2003 (a y b)), debido a que existen muchas rutas y otros estados además de Oaxaca por los cuales viejos o nuevos transgenes pudieran expandirse potencialmente y multiplicarse dentro y entre la población de maíz nativo en México (Comisión de Cooperación Ambiental de Norte América, 2004).

Motivados por los estudios de Quist y Chapela, el INE y la CONABIO muestrearon también granos cultivados en tierras de Oaxaca y Puebla en el 2000, encargando a dos laboratorios (Laboratorio del CINVESTAV de Irapuato, y la UNAM) la elaboración de estudios más exhaustivos para documentar la posible introgresión de transgenes a

variedades criollas en México. Ambos laboratorios utilizaron métodos estándar de técnicas de PCR y reportaron la presencia de la secuencia del promotor 35S en el material muestreado. Observaron actividad de la proteína Bt, de hibridación tipo Southern y de resistencia a BASTA. Los primeros estudios derivados de este esfuerzo se enviaron a la revista Nature, pero no fueron publicados con base en una serie de críticas técnicas, los cuales se están evaluando y en su caso repitiendo algunos experimentos antes de someter nuevamente el estudio para su publicación. Los resultados disponibles hasta el momento apuntan a que sí hay transgénicos en los maíces criollos colectados. Este estudio está aún en proceso, sin embargo, se esperan pronto los resultados definitivos.

Uno de los laboratorios encargados de la evaluación de la presencia de transgenes en maíces criollos de Oaxaca y Puebla (Departamento de Ecología Evolutiva en el Instituto Nacional de Ecología, de la Universidad Nacional Autónoma de México, a cargo de la Dra. Elena Álvarez Buylla Roces (2004b), evaluaron la frecuencia de dos marcadores genéticos presentes en el maíz transgénico: el promotor CaMV35S y el terminador NOS, obtuvieron resultados que sugieren fuertemente la presencia de transgenes en los maíces criollos colectados en Oaxaca y Puebla. Fenotípicamente las mazorcas colectadas eran parecidas a diferentes razas criollas como son "bolita", zapalote chico, tabloncillo harinoso y olotón-tehua cónico, lo cual sugirió que las semillas que dieron origen a dichas mazorcas no eran del tipo transgénico comercial, lo cual refuerza la idea de que ha habido eventos de introgresión. También la Comisión Interministerial en Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados confirmaron la presencia de ADN transgénico en maíz nativo mexicano cultivado en Oaxaca en el 2000 y 2001 (Escurrea *et al.*, 2001). Dentro de la investigación de introgresión de secuencias transgénicas en alimentos procesados, la Universidad Autónoma de Coahuila en un trabajo de investigación doctoral a cargo del Dr. Toledo, se detectaron residuos de maíz genéticamente modificado en alimentos tradicionales mexicanos (Valdez, 2003).

4.2.3. Persistencia de transgenes después del flujo génico

Una vez que la introgresión ocurre, el efecto biológico de los transgenes depende del

efecto biológico del gen insertado (Ellstrand y Hoffman, 1990). Se cuenta con datos de efectos biológicos con relación a algunas de las variedades transgénicas aprobadas y liberadas en Estados Unidos (Muñoz-Furlong, 2004), en total, hasta el momento, agbios reporta 22 variedades de alimentos modificados genéticamente (www.agbios.com, Base de datos de cultivos GM, 31 agosto 2009). Los transgenes en estas variedades confieren al maíz resistencia a herbicidas, resistencia a una o varias plagas de lepidópteros, esterilidad masculina o una combinación de estas tres características. Para cada caso son diferentes, tanto la posibilidad de persistencia de los transgenes después de su introgresión a variedades locales no transgénicas o a los teosintles, como el efecto biológico de su introgresión.

Si la adecuación de los híbridos portadores del transgén es igual a la de los individuos sin el transgén, no hay efectos biológicos en la población receptora. Pero si el transgén produce un aumento en la adecuación, su frecuencia aumentará en cada generación hasta llegar a uno; es decir, hasta fijarse en la población receptora. En contraste, si el transgén provoca un decremento en la adecuación de los individuos que lo portan en comparación con los que no lo portan, entonces su frecuencia disminuirá en cada generación hasta llegar a cero o perderse (Ellstrand, 2003). Éste es el caso más simple. En el caso en que el flujo génico es recurrente y proviene de una fuente uniforme, aún cuando los transgenes sean neutrales, los individuos que los portan aumentarán en frecuencia con cada generación. Es claro que en este caso los transgenes que confieren ventajas se fijarán muy rápido; pero si confieren desventajas, también se mantendrán a frecuencias intermedias, que dependerán del balance entre la presión de selección negativa por la desventaja que confieren y la tasa de flujo génico (Ellstrand, 2003).

4.2.4. Generación de malezas por resistencia a herbicidas y plagas

Existe evidencia suficiente de que los cultivos obtenidos por fitomejoramiento, para resistir a plagas y enfermedades, pueden hibridarse con sus parientes silvestres y propiciar la evolución de malezas. En el caso de plantas transgénicas con modificaciones que proporcionan resistencia a plagas que no se encuentran en los

parientes silvestres, el flujo de transgenes puede tener un valor selectivo distinto, en parte porque en estos casos no existe una historia coevolutiva entre el cultivo y la plaga o patógeno. Como se dijo líneas arriba, en el caso de transgenes que proporcionan resistencia a herbicidas, en principio no se esperaría ninguna ventaja adaptativa del portador en un ambiente natural en el que no se utiliza el herbicida. Sin embargo, en muchos casos los cultivos y sus parientes silvestres se distribuyen en el mismo ambiente o en su proximidad. En estos casos, la transferencia de tolerancia a herbicidas puede hacer plantas silvestres difíciles de controlar, como en el caso de los parientes silvestres de las plantas cultivadas. Por ejemplo, los parientes silvestres de la canola con introgresión se pueden volver difíciles de manejar. En canola hay ahora cuatro variedades resistentes a herbicidas (tolerancia a Bromoxnyl de Rhone-Poulenc Rorer, que es ahora parte de Bayer Cropscience) y la variedad “pursuit” generada por mutagenesis (Hall *et al.* 2000). En el afán de buscar plantas resistentes distintas a las silvestres se han generado plantas triple-resistentes, recombinaciones genéticas de las tres líneas originales. Aunque estas plantas aún pueden manejarse con otros herbicidas, es claro que se pueden enfrentar problemas agrícolas difíciles de solucionar una vez que hay introgresión de genes de variedades transgénicas que confieren resistencia a herbicidas en poblaciones silvestres que crecen cerca del cultivo tratado con herbicidas (Papa *et al.*, 2004). No obstante que la tendencia actual es producir herbicidas cada vez menos nocivos para el ambiente, si se inicia una carrera de inserción de transgenes para mantener el valor comercial de los productos, se puede llegar a casos como el anterior y esto puede también conducir a la necesidad de utilizar herbicidas cada vez más poderosos y más nocivos para el ambiente. Una medida para evitarlo sería no introducir más de un tipo de resistencia en cultivos que pueden entrecruzarse, como es el caso del maíz.

Para el caso particular del maíz, la introducción de resistencia a herbicidas podría ser problemática en sitios en donde el teosinte se considera maleza y se controla con el herbicida. En este caso, la inserción del transgén de resistencia en el teosinte llevaría a la evolución de una maleza difícil de manejar.

Algo similar podría ocurrir con la resistencia a plagas por la expresión de la proteína

“Cry”, cuya toxicidad depende de la especie de insecto y de la variante proteica utilizada (Sears *et al.*, 2001). Es previsible que si esta resistencia pasa a un teosinte que naturalmente se controla por lepidópteros susceptibles a la proteína expresada en las plantas transgénicas, también podría darse la evolución de supermalezas. Sin embargo, en este caso el teosinte sería resistente a la plaga de lepidóptero pero no a un herbicida adecuado para su control.

4.2.5. Evolución de insectos resistentes y generación de nuevas plagas

Existen diversas variedades desreguladas en Estados Unidos, modificadas genéticamente para expresar la proteína Cry1Ab de una bacteria del suelo muy común: *Bacillus thuringiensis*. La mencionada proteína forma cristales que se solubilizan en el intestino medio de determinados insectos, en este caso el gusano barrenador europeo *Pieris rapae*, la larva del lepidóptero *Ostrinia nubilalis*. Una vez solubilizadas estas toxinas se activan y se pegan a las membranas de las células columnares del intestino formando canales iónicos que provocan la ruptura de las células epiteliales y consecuentemente la muerte del insecto (Strizhov *et al.*, 1996). En este caso, aumentarán las probabilidades de que se seleccionen plagas con resistencia a estas proteínas tóxicas. El *B. thuringiensis* se ha usado como insecticida microbiano, incluso en agricultura orgánica, por más de 30 años. Debido a que se degrada relativamente rápido en el ambiente, los insectos se ven expuestos de manera limitada y es quizá por esta razón que no se ha registrado resistencia al Bt usado de esta forma. Esto ha sustentado el desarrollo biotecnológico de resistencia a plagas mediante la expresión de Bt. Sin embargo, para el caso de los transgénicos que expresan esta toxina, la aparición de plagas resistentes al Bt puede ser más factible si no se usan las prácticas adecuadas. Aunque se han desarrollado varias prácticas para disminuir la velocidad con la que se seleccionan insectos resistentes a las toxinas producto de la modificación transgénica (Andow, 2002). Sin embargo es importante enfatizar que el éxito en el uso de las plantas Bt depende del uso de un plan integral de manejo de plagas que es muy poco factible que se implemente en países como México.

4.2.6. Efectos no esperados de las variedades de semillas transgénicas

Aunque la proteína Cry se produce naturalmente por bacterias del suelo, las proteínas de plantas transgénicas pueden ser cualitativa y cuantitativamente distintas a las producidas naturalmente por las bacterias, y ahora se sabe que las proteínas Cry persisten en el suelo durante periodos mucho más largos que los previstos, se especula sobre sus posibles efectos ecológicos (Stotzky, 2002) y se refrenda la necesidad de hacer estudios a más largo plazo. Además de los efectos sobre organismos “objetivos”, se espera que la introducción de un gen tenga efectos múltiples, algunos no esperados y dependientes del ambiente en donde crece una planta. A los efectos colaterales de los genes se les conoce como pleiotrópicos y ocurren por lo general en los genomas de todos los organismos.

Durante la etapa de desarrollo de los organismos genéticamente modificados (OGM), las industrias y los laboratorios de investigación llevan a cabo programas extensivos de selección en los que se evalúan efectos no esperados en las líneas transgénicas generadas. Estos programas han revelado que sólo una pequeña fracción de las líneas transgénicas obtenidas cumplen todos los requerimientos esperados por los biotecnólogos. La dificultad para encontrar líneas adecuadas tiene relación, además, con el hecho de que la expresión de los transgenes depende de dónde se inserten dentro del genoma de la planta receptora, no se puede predecir con las técnicas actuales de ADN recombinante disponibles. Además, los estudios incluyen ambientes relativamente limitados y exploran efectos en los fenotipos a corto o, rara vez, a mediano plazo. Es necesario, por lo anterior, mantener monitoreos sistemáticos en todos los ambientes donde se liberen los OGM, puesto que su expresión puede resultar influenciada por el medio y la recombinación. La literatura sobre efectos no esperados de la modificación genética tiene un interesante ejemplo relacionado con diferentes eventos de maíz Bt. Saxena y Stotzky (2001) compararon diferentes híbridos de maíz Bt, correspondientes a tres eventos transgénicos distintos, con sus respectivas líneas isogénicas relacionadas con el contenido de lignina. Encontraron en el tallo de las plantas de maíz transgénico un contenido de lignina significativamente mayor (33-97 por ciento) que sus respectivas líneas isogénicas. Esta tendencia se mantuvo tanto en

plantas crecidas en cámaras de crecimiento como en plantas en el campo. Más aún, el contenido de lignina fue consistentemente mayor en plantas genéticamente modificadas crecidas en el campo que en las que se desarrollaron en los ambientes controlados. Los autores analizan una serie de implicaciones ecológicas que esta característica, producto de interacciones genéticas, podría acarrear al ambiente. Algunas interacciones genéticas son potencialmente benéficas, como la mayor resistencia mecánica de los tallos o el efecto positivo de la lignina sobre la materia orgánica del suelo y el control de la erosión. Otras son potencialmente nocivas, como la mayor permanencia de la proteína tóxica en el suelo y la baja digestibilidad del maíz transgénico usado como forraje. El punto central, sin embargo, es lo inesperado del efecto y lo poco que se sabe hasta ahora del mecanismo genético y metabólico que vincula la producción de la proteína Cry1Ab con la producción de lignina y probablemente con otros procesos hasta ahora inexplorados.

4.3. Seguridad de los alimentos generados por ingeniería genética

Literalmente, miles de productos alimenticios e industriales dependen de ingredientes derivados del maíz. El maíz y los productos procesados del maíz no suponen un riesgo para la salud del hombre, animales domésticos o salvajes. El maíz es uno de los forrajes más importantes producidos en todo el mundo, y la producción anual en Estados Unidos es de aproximadamente 200 millones de toneladas. De éstas, el 40%-50% se usa para alimentar a los animales directamente con grano; otras 1.5 a 2 millones de toneladas de co-productos de las industrias de la molienda seca y húmeda son utilizadas directamente o en alimentos, y balanceados. Unas 40 millones de toneladas adicionales se exportan a países europeos y asiáticos, donde se usan mayormente como forraje (FAO, 2001).

Hasta hoy, la evaluación de la seguridad de los alimentos nuevos y generados por ingeniería genética se ha basado en el principio de que estos productos pueden compararse con los alimentos tradicionales que tienen un historial de uso considerable. Aún más, esta comparación puede basarse en el examen de los mismos factores de riesgo que ya se han determinado para su par no transgénico “Equivalencia sustancial”.

La finalidad es determinar si el alimento nuevo presenta algún otro riesgo adicional, o mayor, en comparación con su par tradicional, o si puede intercambiarse con el tradicional sin afectar la salud o el estado nutricional de los consumidores. No se busca establecer un valor absoluto de seguridad, sino más bien la seguridad relativa del nuevo producto tal que haya una certidumbre razonable de que su uso no producirá daños intencionales bajo las condiciones de procesamiento y consumo (FAO/WHO 1996).

Los productos nuevos en los que se han modificado los perfiles nutricionales desafiarán nuestra capacidad de evaluar las consecuencias no intencionales. Un ejemplo está relacionado con el “arroz dorado”, modificado genéticamente para expresar mayores niveles de beta caroteno, un precursor de la vitamina A. Inesperadamente, se observó que esta modificación era acompañada por un aumento en los niveles de xantofilas, un aumento que no hubiera sido detectado por los análisis nutricionales comunes pero sí por el análisis de cromatografía líquida de alta presión (HPLC) para los carotenoides (OMS, 2000).

El objetivo del proceso de evaluación de riesgo para un alimento genéticamente modificado es examinar las consecuencias intencionales y no intencionales de una modificación específica, incluyendo a los tóxicos, en comparación con un par que tenga un historial de uso seguro. Dentro de este marco general deben considerarse las variaciones caso por caso (OECD, 1993).

Se ha aislado ADN transgénico en tamal, tortilla y pinole donde se obtuvieron segmentos amplificados del gen Cry (184 pb), mientras que en atole se obtuvieron segmentos de 123 pares de bases (pb). Se logró amplificar segmentos cortos de la secuencia del promotor CaMV (123 pb) en todos los productos analizados. Con las combinaciones de cuatro primers sólo se lograron amplificar segmentos de ADN menores a 250 pb. La identificación de segmentos de ADN transgénicos de longitudes pequeñas, en los alimentos, significa que estos no se degradan durante el proceso de elaboración de los productos, mientras que las secuencias mayores a 250 pb fueron difíciles de identificar debido a su degradación (Valdez, 2003).

Investigaciones acerca de la seguridad alimentaria de cultivos transgénicos más allá de su “equivalencia substancial”, son el caso de los estudios de Pusztai dentro de los cuales se encuentra un experimento de laboratorio en el cual alimentó a ratas con papas transgénicas, como resultado se encontró deficiencias inmunológicas (Pusztai, 1999).

4.4. Cultivos de maíz transgénico a nivel mundial

La mayor parte del cultivo de maíz se concentra en el Continente Americano, siendo el mayor productor Estados Unidos, aproximadamente 40 por ciento de la producción mundial, seguido de China, Brasil y México. En México, el maíz es el cultivo más importante por área sembrada (más de ocho millones de hectáreas en 2008 que incluyen un millón de hectáreas de híbridos) y el segundo en términos de producción (18.99 millones de toneladas en 2008) (SIAP/SAGARPA, 2009).

Siendo EEUU el principal exportador de maíz, con 54.6 millones de hectáreas sembradas con variedades transgénicas de varios cultivos, poco más del 50% de esa área agrícola dedicada al cultivo de maíz (James, 2006) y tomando en cuenta que luego de la cosecha no se etiqueta ni se separa el maíz transgénico, mezclándose con el grano no transgénico, las importaciones mexicanas de maíz estadounidense pueden ser transgénicas (Dyer, 2002). México como país de origen del maíz y con el posible introducción sin control adecuado de variedades de MT, se encuentra en riesgo sobre la diversidad genética de sus razas nativas e inocuidad en su consumo como alimento humano y debido a lo anterior requiere un marco regulatorio que garantice la disipación de dicho riesgo. Las importaciones anuales de maíz proveniente de EEUU del 2000 al 2006, país donde se han desregulado varias variedades derivadas de la ingeniería genética, son del orden de 7.5 millones de toneladas (SIAP-SAGARPA, 2007). También es importante que la aplicación de las reglas evite o reduzcan los riesgos para la salud humana.

El último reporte del ISAAA (James, 2008) destaca que de los 1.5 mil millones de hectáreas de tierra cultivable en el mundo, 125 millones de hectáreas (el 8 %) fueron

sembradas con cultivos biotecnológicos, cifra que se ha multiplicado por 74 desde 1996, de modo que los cultivos transgénicos se han convertido en la tecnología agrícola de más rápida adopción, al superar de manera acumulada desde su implementación los 800 millones de hectáreas y de los 25 países productores de cultivos biotecnológicos, 15 son países en desarrollo, frente a 10 países industrializados. Los más importantes fueron, en orden de superficie: Estados Unidos, Argentina, Brasil, India, Canadá, China, Paraguay, Sudáfrica, Uruguay, Bolivia, Filipinas, Australia, México, España, Chile, Colombia, Honduras, Burkina Faso, República Checa, Rumania, Portugal, Alemania, Polonia, Eslovaquia, y Egipto (James, 2008). Cabe notar que los primeros ocho países de la lista cultivaron más de un millón de hectáreas cada uno, lo que constituye una base amplia y estable para la futura adopción mundial de los cultivos biotecnológicos. Se han adicionado 30 sumando 55, incluyendo a Japón que no produce cultivos biotecnológicos, que han aprobado desde 1996 la regularización de cultivos biotecnológicos para su importación, uso en alimentos para humanos y animales, y para su lanzamiento en el medio ambiente. De acuerdo a lo reportado por ISAAA (James, 2008) se han concedido un total de 539 aprobaciones para 107 eventos en 21 cultivos. El maíz genéticamente modificado ocupó 24 % de los 157 millones de hectáreas de maíz sembrado a nivel mundial.

De los 55 países que han aprobado cultivos transgénicos, los Estados Unidos es el primero en la lista, seguido por Japón, Canadá, Corea del Sur, Australia, las Filipinas, México, Nueva Zelanda, la Unión Europea (UE) y China. El maíz tiene la mayoría de los eventos aprobados (35) seguido por el algodón (19), la canola (14), y la soja (7). El evento que ha sido aprobado en la mayoría de los países es el evento con tolerancia a herbicida en soja GTS-40-3-2, con 21 aprobaciones (UE=25- contada como 1 aprobación solamente), seguidas por el maíz con resistencia a insectos (MON 810) y el maíz con tolerancia a herbicida (NK603), ambos con 18 aprobaciones, y el algodón resistente del insecto (MON 531/757/1076) con 16 aprobaciones en todo el mundo. (James, 2006). En 1996, los gobiernos de Argentina y Canadá aprobaron la liberación comercial del maíz transgénico (AGBIOS 2005). En contraste, México impuso una moratoria de facto a la liberación ambiental de maíz genéticamente modificado, que

comenzó en 1998 y terminó en el 2005, cuando entro en vigor, de acuerdo con lo reglamentado por la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados, como una política de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Diario Oficial de la Federación, 2005).

4.5 Situación política en torno a la importación, tránsito y destino de semillas de maíz transgénico

La reglamentación oficial en torno a los cultivos transgénicos y su introducción al país, parte del Protocolo de Cartagena que promueve la bioseguridad al regular el movimiento transfronterizo, el tránsito, la manipulación y la utilización de todos los organismos vivos modificados que puedan tener efectos adversos para la conservación de la diversidad biológica o para la salud humana. México adoptado el Convenio Sobre la Diversidad Biológica el 29 de enero del 2000, ratificándolo en julio del 2002 y entrando en vigor en nuestro país el 18 de marzo de 2005 como Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (OGMs) (DOF, 2005) a la que se incorpora el Principio Precautorio (Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992). En base a este convenio se fundamenta la normatividad en México y se busca de esa manera lograr un marco regulatorio que garantice la ausencia de dicho riesgo. Deberá aplicarse tomando en cuenta tratados y acuerdos internacionales de los que México sea parte, como es el caso del TLCAN. La liberalización comercial del maíz transgénico en el marco del TLCAN, afectará directamente la producción de variedades de maíz criollo por su desplazamiento del mercado interno. Los pequeños productores y comunidades de autoconsumo, enfrentan condiciones de producción cada vez más insostenibles lo que redundará en el abandono del cultivo de maíces locales y la búsqueda de alternativas; entre, el cultivo de maíz transgénico la producción de otros granos o simplemente la emigración, serán su opción implicando la pérdida de una importante parte de la diversidad genética del maíz en el mundo, y la alternativa de aspirar al desarrollo económico del sector (Reyes, *et al.* 2005).

México ha sido, desde la entrada en vigor del TLCAN, uno de los principales

importadores del maíz estadounidense (amarillo y blanco) (SAGARPA, 2005). El maíz importado desde los EE.UU. para usar como alimento, con frecuencia es plantado por los agricultores. Consecuentemente, como se mencionó anteriormente, estudios recientes en México revelan una contaminación muy extendida de variedades GM, inclusive del ilegalizado StarLink, por lo que el 29 de septiembre de 2004, el “Chicago Tribune” informó que un panel de expertos de la “North American Commission for Environmental Cooperation” (Comisión Norteamericana para la Cooperación Ambiental, 2004), publicó un informe recomendando que el maíz estadounidense fuese molido en forma de harina antes de ser exportado a México, para prevenir una posterior contaminación. El controvertido informe no ha sido hecho público (Dellios, 2004).

4.6. Comercio de maíz en México frente a las políticas de importación de semillas

La adopción de semilla híbrida de maíz con fines comerciales tiene muchos obstáculos que comenzaron desde la aprobación del TLCAN en 1994 cuando desaparecen los subsidios para este cultivo en 1995; subiendo lentamente al 21% en el 2002 mientras en EEUU ha estado oscilando en el 40%. En México se subsidia aproximadamente el 16% de la producción agropecuaria en cambio en EEUU es el 33%, los productores mexicanos tienen un promedio de 1.8 ha y en EEUU 29 ha, además, los productores de Estados Unidos tienen un apoyo por hectárea de 120 dólares y los de México de 45 (OECD, 2002). En cuanto a los márgenes negociados del TLCAN los aranceles pactados en el tratado fueron disminuyendo gradualmente hasta desaparecer en el 2008 (SAGARPA, 2007), pero nunca se han cobrado los aranceles de las importaciones fuera de cuota (SECOFI, 1994). Como resultado EEUU se mantiene como el principal productor y exportador de cereales en el mundo y, en consecuencia, es un factor determinante en la fijación de los precios de esos granos (CEFP, 2005). México ha intentado mejorar el ingreso de los productores agrícolas mediante apoyos a la producción; sin embargo, los subsidios, resultan cada vez menores a los que se otorgan en los países desarrollados, como EEUU y Canadá, por lo que cada año se abre más la brecha entre México y sus principales socios comerciales.

La producción total de maíz en México se mantuvo desde la entrada en vigor del

Tratado de Libre Comercio de Norte América, TLCAN, (DOF, 1994) hasta el año 2005 con un promedio del 63% de la producción agrícola nacional, ocupando el 60% de la superficie agrícola cosechada (Nadal, 1999), cayendo del 2006 al 2007 (en promedio 34% de la producción agrícola nacional y ocupando el 50% de la superficie agrícola cosechada). En este periodo las importaciones de maíz desde Estados Unidos de Norte América (EEUU) excedieron la cuota de importaciones sin arancel del TLCAN. En relación a la dinámica de los precios, se puede comentar que al mismo tiempo, los precios nacionales cayeron de US\$ 235.7 por tonelada en 1993 a US\$ 192.5 por tonelada en 1994 con los precios internacionales en US\$ 131 que deslizaron sus precios lentamente a la baja hasta el 2006 empezando a elevarse de US\$140 por tonelada a US\$208.66 por tonelada a febrero del 2008 (SIAP, 2008). Al respecto Dyer-Leal *et al.* (2003) plantea que aunque los agricultores de temporal no han resentido el cambio en los precios debido a su aislamiento del mercado, cesará su producción si los precios siguen cayendo. De igual forma el sector del maíz de temporal ha sido reestructurado en respuesta a los cambios de precios y que los agricultores de subsistencia seguirán sembrando maíz aunque bajen aún más los precios, conservando así la diversidad del maíz mexicano (Dyer-Leal, *et al.*, 2003).

4.7. Veracruz, México, como posible sitio de entrada de semilla de maíz transgénico y diseminación al país y parte de Centro América

Veracruz cuenta con tres de los puertos más importantes de México, ubicados estratégicamente en el norte, centro y sur del Estado, siendo el punto del intercambio comercial de México con Europa, el este de los EEUU y parte de América del Sur (Gobierno del Estado, 2004). En conjunto estos tres puertos operan el 28.48% de la carga del país, así como el 40% del total nacional de los contenedores, y es la más importante entrada de maíz importado a México; sin embargo, en nuestro país no hay información publicada o disponible acerca de la base genética de la semilla importada (Gobierno del Estado, 2005). Stephen (2004) reporta que los embarques de grano genéticamente modificado o no, exportados de los EEUU a nuestro país, no están separados, de manera que las importaciones de grano de México pudieran venir mezclados, lo que podría contribuir a esparcir el maíz transgénico al sur de México y

Centro América.

El estado de Veracruz cuenta con una de las mejores tierras tropicales de México, donde es posible encontrar maíz nativo, predominantemente la raza Tuxpeño, coexistiendo con sus razas presumiblemente progenitoras, Olotillo y Tepecintle. Por lo que es importante para la biodiversidad de México, evitar que existan desviaciones en el destino autorizado de la importación de los granos de maíz genéticamente modificado y que no se utilice como semilla. Esté o no presente la contaminación con maíz transgénico en los cultivos de maíz de Veracruz, es necesario conocer el estatus genético actual de los cultivos de maíz nacional con relación al ADN transgénico.

5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Hoy se reconoce que el paradigma científico vigente, basado en el método de laboratorio de las ciencias naturales, en el cual se analiza una parte aislada de la naturaleza que se mantiene en condiciones excepcionales y reproducibles, no es siempre el más pertinente para ofrecer soluciones a los problemas que ahora reconocemos; si bien dicha perspectiva científica ha permitido una adecuada comprensión de algunas partes de la realidad (el gen, el átomo, la molécula o la célula, entre otros), lo cierto es que la suma de esos conocimientos parciales no permite comprender y ofrecer soluciones para los problemas ambientales complejos (Funtowicz y Ravetz, 2000). Los problemas ambientales que hoy enfrenta la humanidad se caracterizan por su complejidad, a diferencia de los problemas que tradicionalmente ha resuelto el método científico mediante la simplificación y aislamiento de las partes de un todo, para identificar y describir sus relaciones causales a través de efectos estables y predecibles.

La economía ecológica, sostiene que para tomar una decisión razonada sobre los problemas medioambientales, como la conservación de la biodiversidad, no es necesario valorar todos los recursos (genes, especies y ecosistemas) y el conjunto de la naturaleza en estrictos términos monetarios, y por el contrario, postula el principio de inconmensurabilidad de valores, es decir, que los valores relevantes no son reducibles a una sola unidad de medida (Martínez-Alier y Roca, 2000). Debido a lo anterior es

importante el conocer la percepción del agricultor frente a la adopción de cultivos mejorados genéticamente, teniendo en cuenta los subsistemas que integran al agricultor (familia, parcela, recursos) y que marcan el aprecio cultural-ambiental y socio-económico hacia el cultivo de maíz nativo y por lo tanto la importancia en su vida diaria; y la situación actual de los cultivos nativos en cuanto a que se encuentren contaminados o no con variedades transgénicas.

Se han realizado algunos estudios con respecto al flujo genético del maíz transgénico dentro de las razas criollas en México, pero no son concluyentes. Pero pocos son los estudios que se han realizado al respecto del impacto del maíz transgénico en la biodiversidad y la inocuidad para el consumidor, considerando el conocimiento del productor, consumidor, la legislación y realidad de esa situación en el campo maicero veracruzano. Por lo que aún hay una gran incógnita alrededor de ellos, lo que se traduce en “un vacío del conocimiento” del cual se desprenden las siguientes preguntas:

1. ¿Existe un marco regulatorio seguro para proteger la biodiversidad nativa del maíz en México?
2. ¿El consumidor en México tiene conocimiento de qué es un alimento procesado con alimentos transgénicos y sabe qué productos los contienen?
3. ¿El agricultor en México tiene conocimiento acerca de los beneficios y riesgos de la adopción de variedades transgénicas de maíz?
4. ¿Las razas de maíz criollo y/o las variedades mejoradas que se siembran actualmente en México se encuentran contaminadas con maíz transgénico?

6. HIPÓTESIS

6.1. Hipótesis general:

Debido a un marco regulatorio poco confiable existe DNA transgénico en muestras de maíz cultivado en el estado de Veracruz, lo cual es desconocido por sus habitantes.

6.2. Hipótesis específica:

- 1) México no cuenta con un marco regulatorio confiable, relativo a la bioseguridad como centro de origen del maíz, frente a la importación de semillas, que asegure la conservación de la diversidad del maíz nativo, la salud del consumidor y que garanticen los derechos a la información correspondiente para tanto productores como consumidores.
- 2) En el estado de Veracruz es nulo el grado de conocimiento del consumidor, acerca de lo que es un alimento transgénico y qué productos los contienen dentro de los que acostumbra consumir.
- 3) Los agricultores de maíz desconocen lo que es un maíz transgénico y cómo puede afectar esta introgresión a sus cultivos de maíz tradicional.
- 4) Las poblaciones de maíz criollo y/o las variedades mejoradas que se siembran actualmente en el estado de Veracruz se encuentren contaminadas con maíz genéticamente modificado.

7. OBJETIVOS

7.1. Objetivo general:

Analizar si el marco regulatorio sobre variedades de semillas transgénicas en México, protege la agrobiodiversidad del maíz, evitando que el ADN transgénico se mezcle con las variedades de maíz nativo. Además de mantener a los mexicanos informados sobre este tema

7.2. Objetivos específicos:

- 1) Conocer si el marco regulatorio en México relacionada con la bioseguridad como centro de origen del maíz, frente a la importación de semillas, asegura la conservación de la diversidad del maíz nativo, la salud del consumidor y garantizan los derechos a la información de los agricultores y de los consumidores de maíz.
- 2) Evaluar el grado de conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de lo que es un alimento transgénico y qué productos los contienen dentro de los que acostumbra consumir.
- 3) Evaluar la importancia que el cultivo de maíz tiene para el agricultor maicero y así

como conocimiento y percepción del riesgo por contaminación con variedades de maíz modificado genéticamente en el estado de Veracruz, México.

4) Detectar la presencia de maíz genéticamente mejorado en muestras de maíz cultivado actualmente en el estado de Veracruz.

8. MATERIALES Y MÉTODOS

8.1. Material utilizado para explorar la situación del cultivo de maíz criollo y/o mejorado con la posible presencia de maíz transgénico en el estado de Veracruz

Localización/Ubicación de la investigación

La elección del Estado de Veracruz como unidad de estudio estuvo determinada principalmente por tres razones:

La primera es que el estado de Veracruz tiene tres de los principales puertos comerciales de México, siendo uno de los lugares donde se llevan a cabo las importaciones y por lo tanto una de las posibles entradas de los OGM's, dentro de los cuales se encuentran las variedades de maíz transgénico.

La segunda es que contiene una de las mejores tierras tropicales donde es posible encontrar maíz nativo, predominantemente la raza Tuxpeño, coexistiendo con sus razas presumiblemente progenitoras, Olotillo y Tepecintle.

Por último el estado de Veracruz se encuentra en uno de los principales corredores comerciales entre Estados Unidos y América Central, por lo que sería una posible fuente de dispersión de variedades transgénicas al interior del país y a Centro y Sudamérica.

Generalidades sobre el estado de Veracruz (Aguilar, 2005). Superficie de 71,735 kilómetros² (3,7% del total del país); aproximadamente 6.9 millones de habitantes, con 212 municipios. Colinda al este con el Golfo de México; al norte con Tamaulipas; al oeste con San Luís Potosí, Hidalgo y Puebla; al sur y suroeste con Oaxaca, Chiapas y Tabasco.

Se ha dividido en siete grandes regiones: la Huasteca, Totonaca, Centro-Norte, Central, de las Grandes Montañas, de Sotavento y Las Selvas. Latitud de 22° 28' - 17° 09' Norte, longitud de 93° 36' - 98° 39' Oeste. Climas 84.4 % cálido, húmedo y subhúmedo, más fresco en planicies y montañas, alcanzando temperaturas bajo cero en las partes altas. De la superficie total en el Estado (7.1 millones de ha.), el uso del suelo por actividad es: Agrícola 43.23%, Ganadera 26.81%, Forestal 27.48%, Urbana 2.48%. Superficie agrícola por modalidad es en riego y punta de riego 21 % y de temporal 79 %. Ocupa el 8° lugar en producción de maíz a nivel Nacional. (Subsecretaría de Agricultura, C.G.D. y S.I.A.P., con información de las Delegaciones, Distritos y Cader's de la SAGARPA).

Instrumentos aplicados y selección de la muestra

Para explorar la situación del cultivo de maíz criollo y/o mejorado, con la posibilidad de detectar presencia de maíz transgénico, el estado de Veracruz fue dividido en tres zonas; norte, centro y sur, de acuerdo a Geissert (1999). Se eligieron de forma no estadística, por cuotas, seis localidades en cada zona. Los municipios muestreados fueron: (i) Pánuco, Ozuluama, Chicontepec, Tuxpan, Poza Rica y Martínez de la Torre en la región norte; (ii) Perote, Huatusco, Paso de Ovejas-Soledad de Doblado, Ignacio de la Llave, Zongolica y Tezonapa en la región centro; y (iii) Cosamaloapan-Lerdo de Tejada, San Andrés Tuxtla, Acayucan-Isla, Villa Azueta, Coatzacoalcos y Chinameca en la región sur (Figura 1).



Figura 1. Municipios muestreados por zonas en el estado de Veracruz.

Se eligieron de 5 a 6 localidades en cada uno de los municipios seleccionados para muestrear cultivos de maíz nativo y/o híbrido mejorado, así como para la aplicación de dos encuestas.

Obtención del material vegetal. La colecta del material vegetal se llevó a cabo en las siguientes comunidades: seis comunidades al norte de Veracruz Pánuco, Ozuluama, Chicontepec, Tuxpan de Rodríguez Cano, Poza Rica de Hidalgo, Martínez de la Torre

(Cuadro 1); seis comunidades al centro de Veracruz Perote, Huatusco, Zongolica, Paso de Ovejas-Soledad de Doblado, Ignacio de la Llave, Tezonapa (Cuadro 2); seis comunidades al sur de Veracruz Lerdo de Tejada, San Andrés Tuxtla-Santiago Tuxtla, Ignacio de la Llave, Isla, Villa Azueta, Minatitlán (Cuadro 3). En cada comunidad se recolectaron tanto variedades criollas como mejoradas entre ellas; Jasmín, Gallinaza, Negro, Crema, Híbrido 536 (Figura 2).

Cuadro 1. Comunidades muestreadas en el norte del estado de Veracruz, 2006-2007.

Zona	Municipio	Comunidad	Variedad	Año
NORTE	Ozulama	Cuatro Palmas	Criollo Blanco	2006
NORTE	Ozulama	Las Palmas	Criollo	2006
NORTE	Ozulama	Otatay	Perdido en almacen	
NORTE	Ozulama	Ejido Alto del Pozo Viejo	Criollo	2006
NORTE	Ozulama	Ranchería Tanseme	Blanco Original	2006
NORTE	Ozulama	Ranchería Tanseme	Criollo Amarillo	2007
NORTE	Pánuco	Ex. Hd. Chinton "La Quina"	Mejorada Breve	2006
NORTE	Pánuco	Ejido Tampuchi	Criollo Blanco	2006
NORTE	Pánuco	Ejido Palmareales	Criollo Blanco	2006
NORTE	Pánuco	Miradores Cong. Aztlán	Asgrow A-7573	2006
NORTE	Pánuco	Tampalache Isleta Grande	Criollo	2006
NORTE	Pánuco	Tampalache Pileta Gde.	Perdido en almacen	
NORTE	Chicontepec	Pastoría	Criollo Blanco	2006
NORTE	Chicontepec	Mesa de Pedernales	Criollo Blanco	2006
NORTE	Chicontepec	Ignacio Zaragoza	Criollo	2006
NORTE	Chicontepec	La Puerta	Criollo	2006
NORTE	Chicontepec	Ahueteno El Llano	Perdido en almacen	
NORTE	Tuxpan	El Lindero	Criollo Blanco	2006
NORTE	Tuxpan	Comejen	Criollo Blanco/Amarillo	2006
NORTE	Tuxpan	Loma Alta	Criolla	2006
NORTE	Tuxpan	Otatal	Híbrido Blanco Amarillo	2006
NORTE	Tuxpan	Rancho Tampamache	Criollo	2006
NORTE	Tuxpan	Rancho Nuevo	Perdido en almacen	
NORTE	Poza Rica	Rancho las Isabeles	Criollo Bco y Amarillo	2006
NORTE	Poza Rica	Mezcla	Mezcla de Criollos	2006
NORTE	Coatzintla	Chotecozintla	Criollo Blanco	2006

(Cuadro 1. Continuación)

NORTE	Coatzintla	Chotecoatzintla	Perdido en almacen	
NORTE	Martínez de la Torre	Loma de las Flores	Criollo Negro/Blanco	2006
NORTE	Martínez de la Torre	Tierra Blanca	Criollo Blanco	2007
NORTE	Martínez de la Torre	Arrollo de Fierro	Criollo Blanco/Amarillo	2006
NORTE	Martínez de la Torre	Graciano Sánchez 2	Perdido en almacen	
NORTE	Martínez de la Torre	Graciano Sánchez 2	Criollo Blanco	2007
NORTE	Tantoyuca	La Galera	Criollo Costeño	2006

Cuadro 2. Comunidades muestreadas en el centro del estado de Veracruz, 2006-2007.

Zona	Municipio	Comunidad	Variedad	Año
CENTRO	Perote	San José de los Molinos	Criollo Blanco Ancho	2006
CENTRO	Perote	Sierra de Agua	Criollo Arrocillo	2006
CENTRO	Perote	Col. 20 de Nov.	Criolla Arrocillo	2006
CENTRO	Perote	Perote	Maíz Ancho	2006
CENTRO	Altotonga	Estansuela	Arrocillo Amarillo	2006
CENTRO	Altotonga	Estansuela 2	Perdido en almacen	
CENTRO	Huatusco	Comalapa	Criollo Blanco	2007
CENTRO	Huatusco	La Raya	Jazmín	2007
CENTRO	Huatusco	San Martín Tlacotepec	Perdido en almacen	
CENTRO	Huatusco	Mesa del Rancho	Perdido en almacen	
CENTRO	Huatusco	San Diego	Jazmín	2006
CENTRO	Huatusco	Congregación La Raya	Criollo Negro	2006
CENTRO	Huatusco	Chavaxtla	Maíz Crema	2006
CENTRO	Huatusco	Chavaxtla	V-536	2007
CENTRO	Ig. de la Llave	El Mangal 1	Hv-537	2007
CENTRO	Ig. de la Llave	El Mangal 2	Criollo Blanco	2006
CENTRO	Ig. de la Llave	El Zapote	Criollo	2006
CENTRO	Ig. de la Llave	El Vainillal	Perdido en almacen	
CENTRO	Ig. de la Llave	Mayotla	Perdido en almacen	
CENTRO	Tlalixcoyac	Cocuite	Mazorca Verde Muestra 2	2006
CENTRO	Texonapa	Laguna Chica	Criolla	2006
CENTRO	Texonapa	Las Josefinas	Criollo	2006
CENTRO	Texonapa	Las Josefinas	Criollo	2007
CENTRO	Texonapa	El Palmar	Criollo	2006
CENTRO	Texonapa	Ixtacapa el Chico	Criollo	2006
CENTRO	Texonapa	Cedro Quemado	Criollo	2006
CENTRO	Texonapa	Centro	Carril	2006
CENTRO	Texonapa	Ixtacapa el Chico	Criollo	2007
CENTRO	Paso de Ovejas	Bandera de Juárez	Mejorada (Municipal)	2006
CENTRO	Paso de Ovejas	Bandera de Juárez 2	Perdido en almacen	2006
CENTRO	Paso de Ovejas	Paso Panal	Mejorada (Municipal)	2006
CENTRO	Paso de Ovejas	Angostillo	Mejorada (Municipal)	2006
CENTRO	Paso de Ovejas	Canta Ranas	Mejorada (Municipal)	2006

Cuadro 3. Comunidades muestreadas en el sur del estado de Veracruz, 2006-2007.

Zona	Municipio	Comunidad	Variedad	Año
SUR	Santiago Tuxtla	Buenavista	Híbrido	2007
SUR	Santiago Tuxtla	Santiago Tuxtla	Criollo Blanco	2007
SUR	Santiago Tuxtla	Tepesilapa Comun. Amate	Perdido en almacen	
SUR	Santiago Tuxtla	La Cuesta del Amate	Perdido en almacen	
SUR	Santiago Tuxtla	Teta	Criollo	2006
SUR	Santiago Tuxtla	El Banco	Híbrido	2006
SUR	Santiago Tuxtla	Predio el Amate	Criollo	2006
SUR	San Andrés Tuxtla	Comoapan	Criollo	2006
SUR	Lerdo de Tejada	Santa Teresa	Criollo Blanco	2007
SUR	Lerdo de Tejada	Santa Teresa	Criollo Blanco	2007
SUR	Lerdo de Tejada	Centro	Vs-536	2007
SUR	Isla	Nuevo Cantón	Mejorado Enano	2006
SUR	Isla	Rodolfo Fierro	Tuxpeño	2006
SUR	Isla	Arenal, Oro Verde	Novasem Z-30	2006
SUR	Isla	Arenal, Oro Verde 2	Perdido en almacen	
SUR	Isla	Coyolar o Marcial	Perdido en almacen	
SUR	Villa José Azueta	Col. 24 de Febrero	H-536	2006
SUR	Villa José Azueta	Ejido el Maguey	Hibrido Dekalb	2006
SUR	Villa José Azueta	Curasao	Carril	2006
SUR	Villa José Azueta	Centauro del Norte	Criollo	2006
SUR	Nanchital	Ejido Lázaro Cárdenas	Perdido en almacen	
SUR	Ixhuatlan del SE	Ixhuatlan del Sureste	Criollo Tuxpeño	2006
SUR	Ixhuatlan del SE	Ejido de Ixhuatlan	Perdido en almacen	
SUR	Ixhuatlan del SE	Ejido de Ixhuatlan	Perdido en almacen	
SUR	Agua Dulce	El Carrizal	Criollo Olotillo	2006
SUR	Moluacan	Ejido Trancas Viejas	Criollo Crema	2006
SUR	Oteapa	Ejido Oteapa	Zapalote Criollo	2006
SUR	Coatzacoalcos	Guillermo Prieto	Perdido en almacen	
SUR	Cosoleacaque	Rancho Tlalixcoyac	Perdido en almacen	
SUR	Cosoleacaque	Ejido Buenos Aires	Perdido en almacen	
SUR	Chinameca	Ejido Chapopote	Perdido en almacen	
SUR	Chinameca	Ejido Cerrito	Perdido en almacen	
SUR	Chinameca	Ejido Lomas	Perdido en almacen	

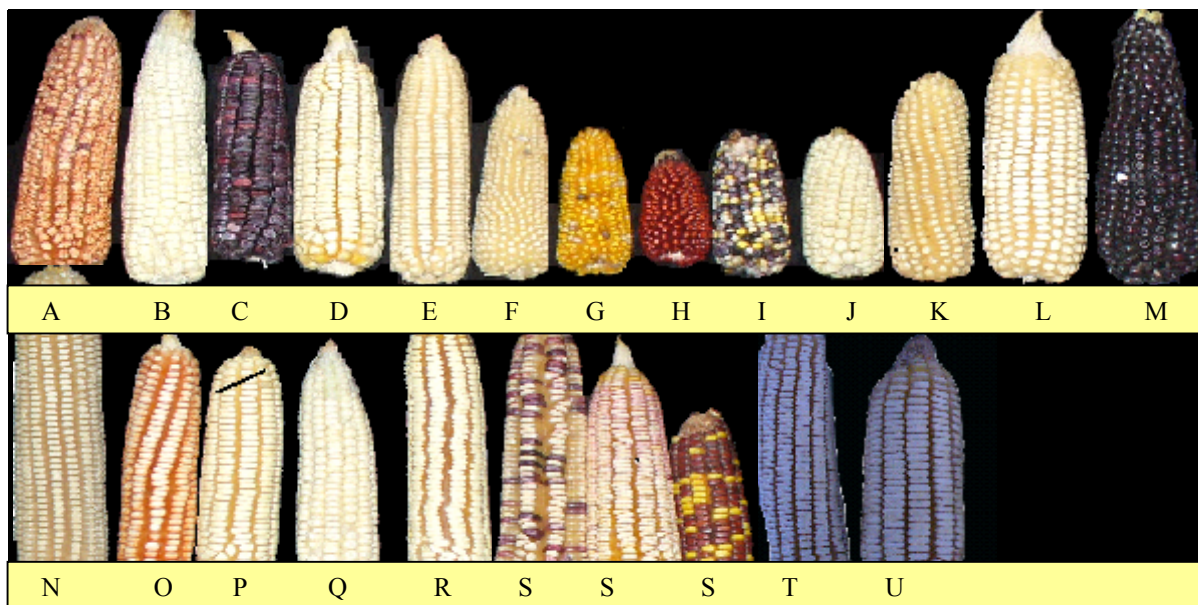


Figura 2. Razas de maíz criollo y variedades mejoradas muestreadas en los 18 Municipios en el estado de Veracruz, de izquierda a derecha: A = Jazmín, B = Gallinaza, C = Negro, D = Crema, E = Híbrido 536, F = Arrocillo blanco, G = Arrocillo amarillo, H = Arrocillo rojo, I = Cacahuatzintle, J = Chino, K = Amarillo, L = Mejorado M-550, M = Arrocillo negro, N = Blanco Ancho, O = Costeño, P = Blanco, Q = Híbrido Elotero A-7573 ASGROW, R = Verde, S = Mezcla de criollos, T = Tuxpeño, U = Zapalote.

8.2. Métodos utilizados para explorar la situación del cultivo de maíz criollo y/o mejorado con la posible presencia de maíz transgénico en el estado de Veracruz

Para explorar la situación del cultivo de maíz criollo y/o mejorado en el estado de Veracruz, con la posible presencia de maíz transgénico, se analizan tres aspectos que son: El marco regulatorio en torno a la protección de la biodiversidad, la percepción y/o conocimiento del agricultor y consumidor respecto a la introducción de estos cultivos y la posible detección de variedades de semillas de maíz transgénico en cultivos nativos.

8.2.1. Análisis del marco regulatorio vigente en México, con respecto a la importación de semillas transgénicas o no transgénicas

El análisis del marco regulatorio en México respecto a la importación de semillas transgénicas o no transgénicas implica: las especificaciones de la ley (qué leyes están involucradas), su reglamentación (si la ley se encuentra reglamentada) y límites para su aplicación (están bien asignadas las responsabilidades para la aplicación de la ley). Puntos que se analizaron en relación con la protección del cultivo de maíz nativo como

producto de origen, derecho de variedades de maíz híbrido, inocuidad alimentaria, y protección de los derechos del agricultor maicero (Cuadro 4).

Cuadro 4. Operacionalización de la hipótesis: México no cuenta con un marco regulatorio confiable, relativo a la bioseguridad de cultivos de origen frente a la importación de semillas, que asegure la conservación de la diversidad del maíz nativo, la salud del consumidor y que garantizan los derechos de los agricultores y de los consumidores de maíz.

Operacionalización de la hipótesis		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Ley involucrada en proteger la diversidad nativa del maíz, asegurar la inocuidad de alimentos de maíz transgénico, y protege los derechos del agricultor maicero.	Reglamentos para la aplicación de la ley Definición de la asignación de responsabilidades para la aplicación de la ley.	Limitada o no para ser aplicada la ley correspondiente

El marco regulatorio vigente en México comprende las siguientes partes.

1) Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Cámara de Diputados, 1917)

2) Instrumentos internacionales

- Protocolo de Cartagena sobre Biodiversidad (11-Sept-2003) (DOF, 2003)
- Codex Alimentarius (1963, FAO/OMS)

3) Leyes

- Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (Cámara de Diputados, 2005)
- Ley General de Salud (Etiquetas, 1997) (Productos biotecnológicos, 1999)
- Ley General de Sanidad Vegetal y Ley de Sanidad Animal (Cámara de Diputados, 1996)
- Ley Federal de Variedades Vegetales (Cámara de Diputados, 1996)
- Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas (Cámara de Diputados, 2007)
- Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (Cámara de Diputados, 1988)
- Ley Federal de Protección al Consumidor (Cámara de Diputados, 1992)

4) Reglamentos

- Reglamento de Control Sanitario de Productos y Servicios (Cámara de Diputados)

1999)

- Reglamento de la LGEEPA en Materia de Evaluación de Impacto Ambiental (Cámara de Diputados, 2000)
- Reglamento de la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas (Cámara de Diputados, 1993)

5) Normas Oficiales Mexicanas

- NOM-056-FITO-1995. Requisitos Fitosanitarios para la Movilización Nacional, Importación y Establecimiento de Pruebas de Campo de Organismos Manipulados Mediante la Aplicación de Ingeniería Genética (11-Jul-96, DGSV, SAGARPA, CNBA)
- Proyecto de NOM-FITO/ECOL-2001 (<http://www.cofemermir.gob.mx/uploadtests/2552.59.59.1.nom%20general%20versi%C3%B3n%20dictamen%20cofemer.doc>)

8.2.2. Evaluación del grado de conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de qué es un alimento transgénico y qué productos los contienen dentro de los que acostumbra consumir

El estado de Veracruz fue dividido en zona norte, zona centro y zona sur de acuerdo a Geissert (1999). Se aplicó una encuesta, para evaluar el grado de conocimiento del consumidor acerca de lo que es un alimento transgénico y qué productos dentro de los que acostumbra consumir los contienen.

Encuesta a consumidores urbanos en el estado de Veracruz

Se aplicó otra encuesta, para lo que se elaboró un cuestionario exploratorio aplicado por distribución no estadística por cuotas, a 300 consumidores urbanos, siendo este un método usado para sondeos de opinión y en investigaciones de mercado, donde el número de muestras o encuestas requeridas en cada estado se calculan por adelantado, de modo que la estratificación sea proporcional (Cochran, 1984).

Este cuestionario se aplicó en enero-febrero del 2007 a 300 consumidores que adquieren alimentos en centros comerciales, se eligieron tres ciudades con el mayor desarrollo urbano en el estado de Veracruz una al norte, otra al centro y la tercera al sur, resultando Poza Rica, Xalapa y Coatzacoalcos (INEGI, 2005), se eligieron plazas

comerciales y se realizaban las entrevistas al azar, entrevistando a 100 individuos en cada ciudad.

Los indicadores analizados: (1) conocimiento de alimentos transgénicos (AT), (2) conocimiento de MT y de alimentos procesados con MT, (3) certeza de no consumir alimentos transgénicos, y (4) consumo de alimentos transgénicos sin conocimiento (Cuadro 5). Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis descriptivo de la frecuencia de la variable por zona a través del programa Excel versión 2003. Las entrevistas fueron semiestructuradas con preguntas directas. Se entrevistaron 100 consumidores por ciudad resultando en 300 cuestionarios contestados.

Cuadro 5. Operacionalización de la hipótesis: Es de bajo a nulo el grado de conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de que es un alimento transgénico y que productos los contienen dentro de los que acostumbra consumir.

Operacionalización de la hipótesis		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de que es un alimento transgénico y qué productos los contienen dentro de los que acostumbra consumir.	Conocimiento de alimentos transgénicos (AT). Conocimiento de MT y de alimentos procesados con MT. Certeza de no consumir alimentos transgénicos. Consumo de alimentos transgénicos sin conocimiento	Si o no tiene conocimiento.

8.2.3. Evaluación de la importancia del cultivo de maíz en la vida diaria de los agricultores y su conocimiento del maíz transgénico y qué implicaciones traería consigo la detección de maíz transgénico en sus cultivos de maíz tradicional

El estado de Veracruz fue dividido en zona norte, zona centro y zona sur de acuerdo a Geissert (1999). Se aplicó un cuestionario, para evaluar la importancia del maíz en la vida diaria del agricultor, el grado de conocimiento acerca de lo que es el maíz transgénico y saber si adoptaría su cultivo o no.

Encuesta a productores de maíz en el estado de Veracruz, México

Se elaboró un cuestionario exploratorio aplicado a 99 productores por distribución no estadística por cuotas de noviembre 2006 a marzo 2007, siendo este un método usado

para sondeos de opinión y en investigaciones de mercado, donde el número de muestras o encuestas requeridas en cada estado se calculan por adelantado, de modo que la estratificación sea proporcional (Cochran, 1984).

Los indicadores para evaluar la importancia del cultivo de maíz en la vida social y económica del agricultor en el estado de Veracruz, están conformados por las siguientes variables independientes: (1-3) Integrantes familiares dedicados al cultivo de maíz por; sexo, edad y escolaridad, (4) superficie agrícola total y superficie dedicada al maíz, (5) uso de semilla criolla o mejorada, (6) porcentaje del cultivo de maíz para autoconsumo, (7) porcentaje, del ingreso total, que corresponde a la venta de maíz, (8) importancia cultural o comercial del cultivo, (9) cultivo que aporta el principal ingreso económico. Una variable dependiente, zona (Cuadro 6).

Asimismo se evaluó el grado de conocimiento y percepción del agricultor, acerca de las consecuencias comerciales, económicas y legales que traería consigo la detección de maíz transgénico en sus cultivos de maíz tradicional. Los indicadores evaluados fueron las variables dependientes: (1-4) conocimiento del posible efecto de la contaminación de su cultivo tradicional con MT en características físicas del cultivo (sabor, olor, textura), salud, precio, consecuencia legal con las compañías que lo producen y venden; y (5) ¿Sembraría MT? Y una variable independiente, zona (Cuadro 6).

Los datos obtenidos fueron sometidos a un análisis descriptivo de la frecuencia de la variable por zona a través del programa Excel versión 2003. Las entrevistas fueron semiestructuradas con preguntas directas. Se entrevistaron 5 ó 6 agricultores por localidad resultando en la aplicación del cuestionario a 33 agricultores por región, con un total de 99 agricultores que contestaron el cuestionario (Figura 3).

Cuadro 6. Operacionalización de la hipótesis: El maíz es muy importante en la vida de los agricultores, desconocen lo que es un maíz transgénico y cómo pudiera afectarlos la detección de maíz transgénico en sus cultivos de maíz tradicional.

Operacionalización de la hipótesis		
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
Importancia del de maíz	Agricultores	Sexo, edad, escolaridad
	Superficie agrícola dedicada al cultivo de maíz	% del total del área cultivada
	Semilla utilizada	Criolla o mejorada
	Autoconsumo	% del total cosechado
	Comercialización	% del total cosechado
	Importancia cultural y comercial	Importancia en su vida diaria
	Participación en el ingreso familiar	Principal o secundario
Conocimiento del MT y consecuencias al adoptarse como cultivo en México	Conocimiento del posible efecto de la contaminación de su cultivo tradicional con MT en características físicas del cultivo (sabor, olor, textura), salud, precio, consecuencia legal con las compañías que lo producen y venden	Sí lo conoce o no
	¿Sembraría MT?	Sí o no



Figura 3. Fotos colectadas durante el muestreo y la aplicación de los cuestionarios, a lo largo del estado de Veracruz: superior izquierda Perote, superior derecha Zongolica, inferior izquierda Azueta, Inferior derecha Tezonapa. 2006.

8.2.4. Determinación de la presencia de transgenes en variedades criollas y mejoradas colectadas en el estado de Veracruz

Para detectar si existen secuencias de maíz transgénico en variedades de maíz criollo y/o mejorado cultivados en el estado se realizó una colecta estatal de semilla de maíz de la cosecha del ciclo agrícola primavera-verano 2005 (colectada en el 2006), en la cual se llevó a cabo una prueba previa tipo ELISA con el propósito de detectar proteínas transgénicas. Después se analizaron las muestras positivas para dichas proteínas por PCR para identificar las secuencias específicas de ADN transgénico, también se realizó una prueba de PCR en tiempo real.

8.2.4.1. Detección de proteína transgénica (Cry 1Ab, Cry 3Bb y RUR), en variedades de maíz mexicano, con equipo de prueba tipo ELISA

La muestra se macera para exponer a la proteína y aplicar el análisis tipo ELISA (Enzyme Linked Immunoabsorbent Assay) (AINA, 2009) con el equipo para detección de proteína Triple Trid Corn, que detecta la proteína transgénica RUR, Cry3Bb y Cry1Ab.

El método de ELISA se fundamenta en el uso de anticuerpos específicos para capturar a la proteína de interés. Este procedimiento es capaz de discriminar proteínas específicas presentes en el producto bajo análisis, de entre cientos de proteínas distintas presentes en la misma muestra. El método de ELISA es extremadamente sensible, versátil y cuantitativo. En general, este procedimiento incluye el uso de anticuerpos, fijado a un soporte, que se unen de manera específica a las proteínas de interés (llamados anticuerpos primarios), por ejemplo a aquellas que son sintetizadas como resultado de la introducción del nuevo ADN (llamadas proteínas transgénicas). Una reacción colorimétrica o fluorimétrica desencadenada por un segundo anticuerpo (o anticuerpo secundario) permite visualizar y medir la cantidad de la proteína de interés mediante una curva patrón de la misma. Una restricción para el uso de pruebas de ELISA en la detección de proteínas transgénicas es la desnaturalización de éstas durante el procesamiento del alimento. Los resultados de esta prueba se estima que

son confiables en un 95% de los casos (Ausubel *et al.*, 1994). Sin embargo, diferentes investigadores han discutido la efectividad de las pruebas de ELISA, en donde existen evidencias de poder dar tanto falsos negativos como falsos positivos (AEIC meeting 2002). Las muestras positivas para la proteína transgénica Cry o RUR serán entonces analizadas basadas en métodos PCR (Figura 4).

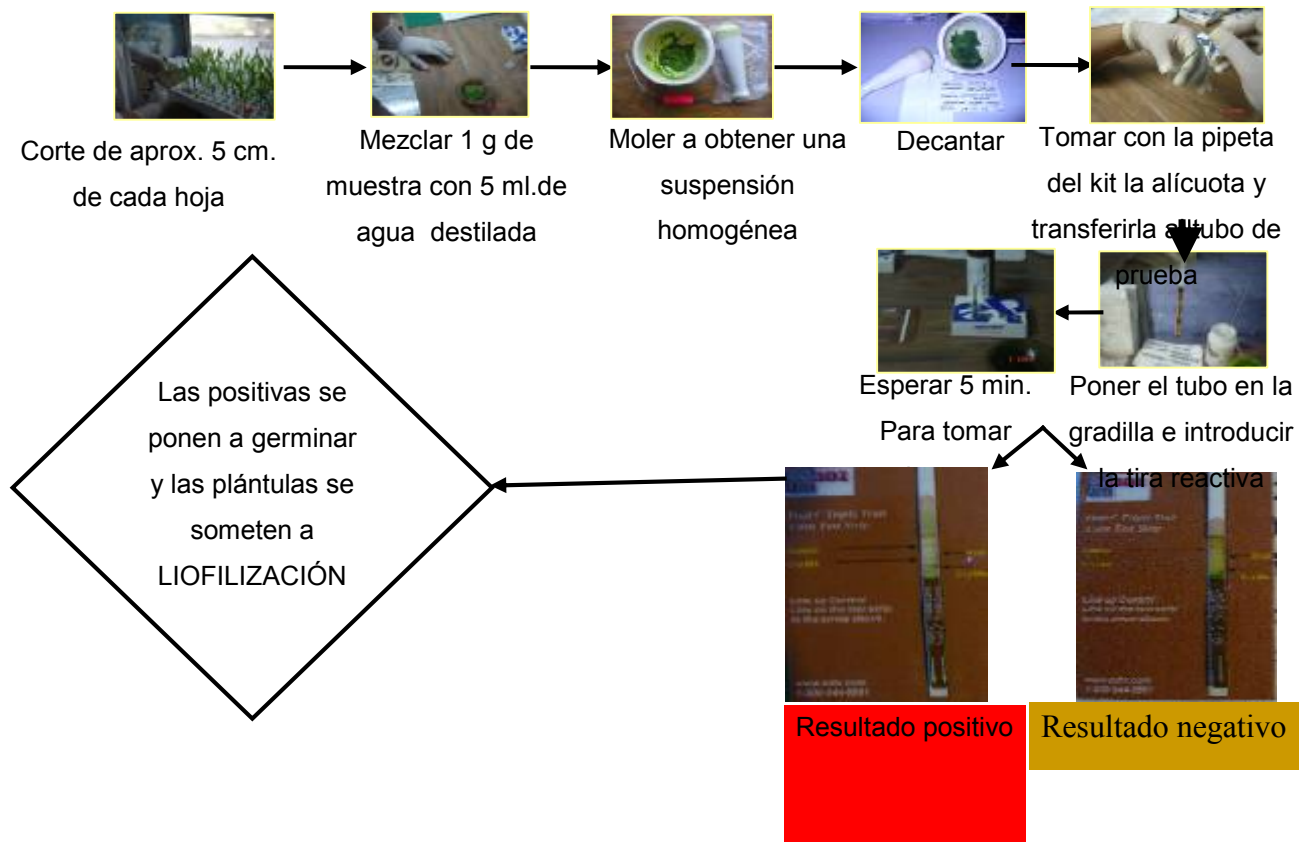


Figura 4. Procedimiento para la extracción de la proteína de las plántulas germinadas, y su posterior análisis con el equipo de detección de proteína transgénica.

Antes de empezar se probó el equipo de detección de proteína transgénica Triple Trid Corn, el cual indica un nivel de detección del 0.5, 1 y 2 % (4, 8 y 16 secuencias modificadas genéticamente, respectivamente, en 800 muestras), por lo que se realizó la prueba en diluciones de 1, 2 y 4 en 200, utilizando como control positivo dos variedades de maíz transgénico, uno con el evento Roundup Ready, el otro con los eventos apilados Roundup Ready + Bt, y como testigo negativo la variedad CP-560, cada muestra se probó por duplicado.

El límite de detección de la proteína Cry 1Ab, fue la marcada con el número 1 que corresponde a 1 muestra de la variedad positiva en 200 muestras (dilución del 0.5 % que corresponde a cuatro secuencias modificadas genéticamente en 800 muestras), dilución que se utilizo (Figura 5). La variedad Cry3Bb resulto positiva en muestras de 16 secuencias modificadas genéticamente en 800 o más (diluciones mayores del 2 % que corresponde a 16 secuencias modificadas genéticamente en 800), en concentraciones más bajas no las detecta y se reportaría como un falso negativo. Las muestras que resultaron negativas para estas proteínas, necesitan ser analizadas por métodos más específicos pero por falta de presupuesto sólo analizamos por PCR las muestras que resultaron positivas.

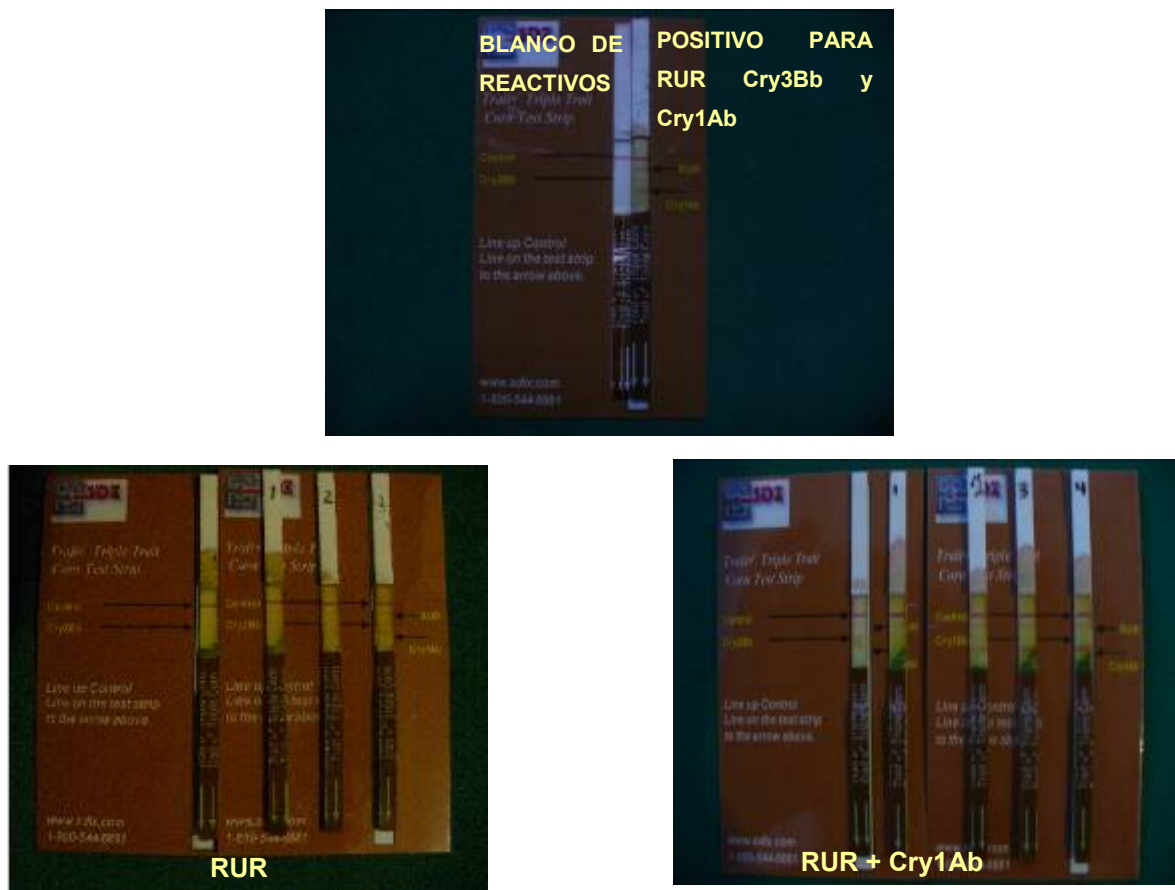


Figura 5. Pruebas preliminares del límite de detección proteica: Arriba muestras positivas sin diluir contra blanco de reactivos. Abajo a la izquierda muestra positiva de Roundup Ready (RUR) a diferentes diluciones. Abajo a la derecha muestras positivas de Roundup Ready + Cry1Ab a diferentes diluciones. 1 = 0.5%, 2 = 1.0%, 3 = 1.5%, 4 = 2.0%, positivo con negativo (variedad CP-560).

Metodología para detección de proteína transgénica en las muestras colectadas. Por

cada muestra se sembraron 400 semillas, y se prepararon de la siguiente manera:

a) En germinadores para 200 semillas se puso en cada orificio una pequeña capa de agrolita sobre la que se depositó una semilla de la localidad a estudiar y se cubrió con otra capa de agrolita. Se regaron diariamente exponiéndose a luz natural en el día y artificial en la noche, a temperatura y humedad relativa ambiental.

b) A los 10 días de germinación, las plántulas alcanzaron una altura arriba de los 10 cm, momento en el que se realizó la prueba para determinar proteína transgénica en hoja.

c) Con unas tijeras o con una navaja se cortó una porción pequeña de una hoja (un centímetro de largo) de cada una de las 200 plantas; se macero en un mortero el tejido de esas plantas y en ese jugo es donde se probó el paquete de detección de proteína transgénica.

d) Se repitió el procedimiento del inciso b al d para la misma muestra, se analiza por duplicado.

Se tuvo un total de 90 muestras problemas a macerar (cada una representada por 200 plántulas) más 2 transgénicos positivos y 1 negativo (cada una con su respectivo duplicado) (Figura 6).

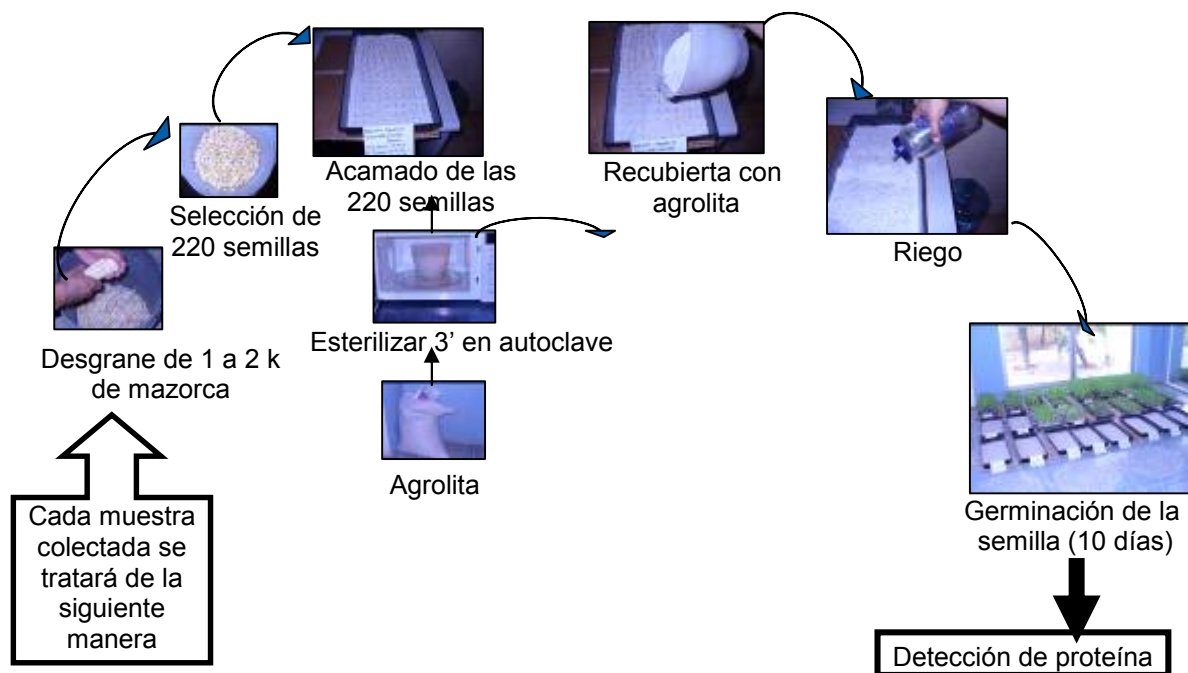


Figura 6. Diagrama de procedimiento: preparación de las muestras, selección de semillas y germinación

8.2.4.2. Confirmación de la proteína transgénica detectada en muestras colectadas en el estado de Veracruz, México, por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) en punto final

Se confirmó si la proteína detectada con el equipo Triple Trid Corn, efectivamente pertenece a la secuencia transgénica que confiere resistencia a herbicida y/o insecticida.

Esta etapa del proyecto se llevó a cabo en el periodo Junio-Noviembre del 2007, en la ciudad de Raleigh, Carolina del Norte en Estados Unidos, en el Laboratorio de Marcadores genéticos de la Universidad del Estado de Carolina del Norte (NCSU por sus siglas en inglés), a cargo del Dr. James Holland, con la supervisión del Dr. Marco Antonio Oropeza Rosas.

De las muestras de maíz nativo colectadas en el estado de Veracruz, México, que ingresaron al laboratorio de marcadores genéticos de la NCSU, 29 ingresaron como hoja liofilizadas (1, 1-A, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17-A, 17-B,20), y 12 en semilla (2, 11, 12, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29) (Cuadro 7).

Como testigos se agregaron 4 muestras positivas: RR1 y RR2 (Roundup Ready resistencia al herbicida glyphosate (Monsanto Company), Bt (Actividad insecticida), RR/Bt (Resistencia a herbicida glyphosate y actividad insecticida).

También como testigos se agregaron 2 muestras negativas: B73 (Variedad mejorada del NCSU), CP 560 (variedad mejorada del CP de Montecillo).

Cuadro 7. Muestras colectadas en municipios del estado de Veracruz, positivas a RuR, Cry3Bb, Cry1aB

Muestra	Liof	Semilla	Zona	Municipio	Comunidad	Variiedad	Año
1	Si	Si	Centro	Texonapa	Las Josefinas	Criollo	2006
1 ^a	Si	Si	Centro	Texonapa	Las Josefinas	Criollo	2007
2	Si	No	Centro	Veracruz	Maseca Ver.	Blanco	2007
3	Si	Si	Centro	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	2006
4	Si	Si	Centro	S. Doblado	Laguna Blanca	Palo Verde 507	2006
5	Si	Si	Centro	Veracruz	API Veracruz	Amarillo	2007
6	si	Si	Centro	Huatusco	Comalapa	Criollo Blanco	2007
7	si	Si	Centro	Huatusco	Chavaxtla	V-536	2007
8	si	Si	Centro	Huatusco	La Raya	Jazmín	2007
9	si	Si	Norte	Pánuco	Ejido Palma Reales	Criollo Blanco	2006
10	si	Si	Norte	Ozuluama	Ej. Alto del Pozo Viejo	Criollo Blanco	2006
11	no	Si	Norte	Ozuluama	Ranchería Tanceme	Blanco Original	2006
12	no	Si	Norte	Ozuluama	Ranchería Tanceme	Criollo Amarillo	2007
13	si	Si	Centro	S. Doblado	Paso Lagarto 1	V-536	2007
14	si	Si	Centro	S. Doblado	Paso Lagarto 2	Palo Verde 507	2006
15	si	Si	Centro	I. de la Llave	El Mangal 1	HV-537	2007
16	si	Si	Centro	I. de la Llave	El Mangal 2	Criollo Blanco	2006
17 ^a	si	No	Centro	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	2007
17B	si	No	Centro	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	2006
20	si	Si	Centro	Veracruz	CP Veracruz	CP-560	2007
21	no	Si	Sur	L. de Tejada	Centro	VS-536	2007
22	no	Si	Centro	Veracruz	API Veracruz	Amarillo	2007
23	no	Si	Norte	Chicontepec	Pastoría	Criollo Blanco	2006
24	no	Si	Norte	M. de la Torre	Graciano Sanchez 2	Criollo Blanco	2007
25	no	Si	Sur	L. de Tejada	Santa Teresa	Criollo Blanco	2007
26	no	Si	Sur	S. Tuxtla	Buenavista	Híbrido	2007
27	no	Si	Norte	M. de la Torre	Tierra Blanca	Criollo Blanco	2007
28	no	Si	Sur	S. Tuxtla	Santiago Tuxtla	Criollo Blanco	2007
29	no	Si	Sur	L. de Tejada	Santa Teresa	Criollo Blanco	2007

Preparación de la semilla. Solo se sembraron las muestras de semillas colectadas en el estado de Veracruz, México, que llegaron en semilla, muestras: 2, 11-12, 21-29 (Figura 7), cuatro muestras de semilla positivas: RR1 y RR2 (Roundup Ready resistencia al

herbicida glyphosate (Monsanto Company)), Bt (Actividad insecticida), RR/Bt (Resistencia a herbicida glyphosate y actividad insecticida) y dos muestras negativas: B73 (Variedad mejorada del NCSU), CP 560 (variedad mejorada del CP de Montecillo). Las muestras que llegaron como hojas liofilizadas se sometieron directamente a la extracción de su ADN.

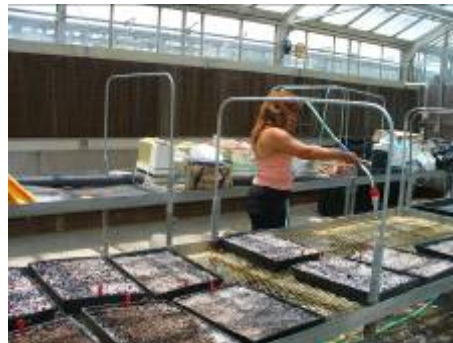


Figura 7. Invernadero de la Universidad del Estado de Carolina del Norte (NCSU) (2007), donde se sembraron las muestras de semilla colectadas en el Estado de Veracruz México.

Elección de la técnica de extracción de ADN

La extracción de ADN se probó por el método CTAB (Saghai-Maroo *et al.*, 1984) y/o la utilización de los plant kits “Charge Switch” (Charge Switch gDNA Plant Kit, Invitrogen), adaptados a las condiciones del laboratorio por el técnico (Biotecnóloga Josse Bloom) (Comunicación personal, 2007) y se realizó un ensayo para encontrar los límites de aceptación de dicho método (Figura 8) (Cuadro 8).



Figura 8. Molino (izquierda) y equipo de extracción de ADN por kit's “Charge Switch” (derecha) del Laboratorio de Marcadores Moleculares de la NCSU (2007).

Cuadro 8. Ensayo de extracción con Kit's "Charge Switch". Cantidad y calidad de ADN stock de 4 muestras positivas y 2 negativas. (A) Extracciones de Araceli. (J) Extracciones de Josse. 1 unidad de $A_{260} = 0.5$ ng de ADN doble cadena / μ l.

Sample ID	Date	ng/ μ l	A_{260}	A_{280}	A_{260}/A_{280}
Bt (A)	07/02/2007	26.52	0.53	0.525	1.01
RR1 (A)	07/02/2007	10.02	0.2	0.213	0.94
RR2 (A)	07/02/2007	10.47	0.209	0.223	0.94
Bt/RR (A)	07/02/2007	16.71	0.334	0.363	0.92
B73 (A)	07/02/2007	20.57	0.411	0.358	1.15
CP560 (A)	07/02/2007	14.9	0.298	0.428	0.7
Bt (J)	07/02/2007	5.5	0.11	0.118	0.93
RR1 (J)	07/02/2007	5.45	0.109	0.151	0.72
RR2 (J)	07/02/2007	2.83	0.057	0.081	0.7
Bt/RR (J)	07/02/2007	7.37	0.147	0.23	0.64
B73 (J)	07/02/2007	17.81	0.356	0.326	1.09
CP560 (J)	07/02/2007	10.15	0.203	0.309	0.66

Es una adecuada calidad de ADN con resultados entre 1.6 y 1.9 al dividir los valores de A_{260}/A_{280}

De acuerdo a los resultados de Bloom (la técnico Josse) (comunicación personal, 2007) los parámetros de referencia para elegir la extracción adecuada de DNA para PCR era más de 2.83 ng/ μ l y $A_{260}/280$ mayor de 0.6. Por lo tanto se seleccionó una extracción mínima de DNA de 10 ng/ μ l y $A_{260}/280$ mayor de 1.0

Con la técnica de extracción por CTAB se obtienen mejores rendimientos y pureza de ADN (Cuadro 9), la desventaja, solo se pueden trabajar máximo doce muestras, y se ocupa mayor cantidad de solventes peligrosos.

Cuadro 9. Cantidad y calidad de ADN: 4 muestras positivas, 2 negativas. Extracción por CTAB.

Muestra	Fecha	ng/ μ l	A ₂₆₀	A ₂₈₀	A ₂₆₀ /A ₂₈₀
Bt (A)	07/06/2007	36.25	0.725	0.482	1.01
Bt (A)	07/06/2007	16.77	0.325	0.210	
RR1 (A)	07/06/2007	3.88	0.078	0.213	0.94
RR2 (A)	07/06/2007	47.87	0.957	0.223	0.94
Bt/RR (A)	07/06/2007	82.06	1.641	0.363	0.92
B73 (A)	07/06/2007	9.67	0.193	0.358	1.15
CP560 (A)	07/06/2007	18.23	0.365	0.428	0.7
RR1 (A)	07/06/2007	4.52	0.090	0.065	1.38

Las extracciones obtenidas por el método CTAB y kit “Charge Switch”, se analizaron con el Spectrophotometer Nanonob (Mina spectrof) (Figura 9), las concentraciones y absorbancia pueden verse en sus respectivas tablas de reporte (Cuadro 10-12).



Figura 9. Spectrophotometer Nanonob Mina spectrof del laboratorio de marcadores moleculares en NCEU.

Cuadro 10. Extracción por CTAB.

Report **Test type: Nucleic Acid** 7/12/2007 1:41 PM

Sample Name Max Buffer Size Buffer Mode

Sample ID	User ID	Date	Time	ng/ul	A260	A280	260/280	260/230	Constant	Cursor Pos.	Cursor obs.	340 row
	Default	7/12/2007	1:25 PM	30.80	0.616	0.427	1.44	1.82	50.00	230	0.338	0.026
Bt	Default	7/12/2007	1:26 PM	14.53	0.291	0.184	1.58	1.93	50.00	230	0.151	0.043
R1	Default	7/12/2007	1:27 PM	24.84	0.497	0.344	1.44	2.14	50.00	230	0.232	0.017
R2	Default	7/12/2007	1:29 PM	-620.99	-12.420	5.665	-2.12	NaN	50.00	230	NaN	-7.023
R2	Default	7/12/2007	1:31 PM	24.44	0.489	0.276	1.77	2.17	50.00	230	0.225	0.067
R/Bt	Default	7/12/2007	1:32 PM	15.64	0.313	0.191	1.64	2.71	50.00	230	0.115	0.092
B73	Default	7/12/2007	1:34 PM	13.77	0.275	0.204	1.35	2.32	50.00	230	0.119	0.020
11-1	Default	7/12/2007	1:34 PM	75.82	1.516	0.903	1.68	2.17	50.00	230	0.700	0.026
11-1	Default	7/12/2007	1:36 PM	46.16	0.923	0.539	1.71	2.10	50.00	230	0.439	0.053
24-1	Default	7/12/2007	1:38 PM	68.57	1.371	0.601	1.71	2.12	50.00	230	0.648	0.034
29-1	Default	7/12/2007	1:39 PM	14.54	0.291	0.153	1.90	2.73	50.00	230	0.107	0.018

Cuadro 11. Extracción por CTAB.

Report **Test type: Nucleic Acid** 7/23/2007 2:54 PM

Sample Name Max Buffer Size Buffer Mode

Sample ID	User ID	Date	Time	ng/ul	A260	A280	260/280	260/230	Constant	Cursor Pos.	Cursor obs.	340 row
Bt	Default	7/23/2007	2:47 PM	152.77	3.055	NaN	NaN	-0.34	50.00	230	-9.029	-0.735
Bt	Default	7/23/2007	2:48 PM	26.18	0.524	0.325	1.61	1.38	50.00	230	0.378	0.000
R1	Default	7/23/2007	2:50 PM	13.61	0.272	0.200	1.36	3.25	50.00	230	0.084	-0.003
R2	Default	7/23/2007	2:51 PM	52.81	1.056	0.624	1.69	1.64	50.00	230	0.644	0.262
R/Bt	Default	7/23/2007	2:52 PM	40.94	0.819	0.589	1.39	1.77	50.00	230	0.461	0.072

Cuadro 12. Extracción por CTAB.

Sample ID	User ID	Date	Time	ng/ul	A260	A280	260/280	260/230	Constant	Cursor Pos.	Cursor abs.	340 row
1A1	Default	8/15/2007	11:06 AM	31.30	0.626	0.761	0.82	0.33	50.00	230	1.894	1.793
1A2	Default	8/15/2007	11:08 AM	21.36	0.427	0.487	0.88	0.36	50.00	230	1.198	1.005
1A2	Default	8/15/2007	11:09 AM	17.73	0.355	0.425	0.83	0.38	50.00	230	0.943	0.890
1A4	Default	8/15/2007	11:10 AM	13.06	0.261	0.314	0.83	0.47	50.00	230	0.554	0.639
1A5	Default	8/15/2007	11:12 AM	27.81	0.556	0.617	0.90	0.36	50.00	230	1.566	1.538
1A6	Default	8/15/2007	11:13 AM	20.83	0.417	0.510	0.82	0.38	50.00	230	1.087	1.205
1A7	Default	8/15/2007	11:14 AM	23.61	0.472	0.537	0.88	0.36	50.00	230	1.323	1.279
1-1	Default	8/15/2007	11:15 AM	5.06	0.101	0.051	1.99	0.43	50.00	230	0.236	0.803
1-2	Default	8/15/2007	11:17 AM	18.25	0.365	0.223	1.64	0.32	50.00	230	1.150	1.280
1-3	Default	8/15/2007	11:18 AM	1.64	0.033	0.195	0.17	0.03	50.00	230	0.954	0.977
1-4	Default	8/15/2007	11:19 AM	4.33	0.087	0.262	0.33	0.16	50.00	230	0.533	0.613
1-5	Default	8/15/2007	11:20 AM	1.76	0.035	0.265	0.13	0.05	50.00	230	0.761	1.023
1-6	Default	8/15/2007	11:21 AM	6.71	0.134	0.274	0.49	0.16	50.00	230	0.822	0.918
1-7	Default	8/15/2007	11:23 AM	1.47	0.029	0.147	0.20	0.20	50.00	230	0.149	0.488
1-8	Default	8/15/2007	11:24 AM	-0.28	-0.006	0.202	-0.03	-0.01	50.00	230	0.711	1.319
3-1	Default	8/15/2007	11:26 AM	5.58	0.112	0.324	0.34	0.17	50.00	230	0.647	0.821
3-2	Default	8/15/2007	11:27 AM	6.99	0.140	0.252	0.55	0.19	50.00	230	0.736	0.595
3-3	Default	8/15/2007	11:28 AM	4.33	0.087	0.307	0.28	0.08	50.00	230	1.088	1.017
3-4	Default	8/15/2007	11:30 AM	5.82	0.116	0.254	0.46	0.13	50.00	230	0.869	0.809
3-5	Default	8/15/2007	11:32 AM	0.34	0.007	0.194	0.04	0.01	50.00	230	0.482	0.701
3-6	Default	8/15/2007	11:33 AM	0.27	0.005	0.232	0.02	0.01	50.00	230	0.497	0.703
4-1	Default	8/15/2007	11:35 AM	12.17	0.243	0.501	0.49	0.20	50.00	230	1.218	1.225
4-2	Default	8/15/2007	11:36 AM	6.41	0.128	0.370	0.35	0.22	50.00	230	0.576	0.774
15-1	Default	8/15/2007	11:37 AM	7.70	0.154	0.156	0.99	0.32	50.00	230	0.475	0.854
16-1	Default	8/15/2007	11:39 AM	10.80	0.216	0.291	0.74	0.27	50.00	230	0.788	0.739

Se decidió continuar las extracciones con el Kit's "Charge switch", para minimizar tiempos de análisis (Cuadro 13).

Cuadro 13. Resultados de la extracción por Kit “Charge Switch”, analizados con el Spectrophotometer Nanonob Mina spectrof.

Muestra	ng/ul	A ₂₆₀ /A ₂₈₀	Muestra	ng/ul	A ₂₆₀ /A ₂₈₀	Muestra	ng/ul	A ₂₆₀ /A ₂₈₀
15-2	7.70	0.99	11-1	19.00	0.81	25-2	8.80	0.99
15-3	7.80	0.44	11-2	8.80	0.53	25-3	12.40	1.07
16-2	10.80	0.74	12-1	13.40	0.81	25-4	9.10	1.02
16-3	7.10	0.32	12-2	14.60	0.84	26-1	35.61	1.14
17-A-1	13.80	0.69	12-3	8.00	0.76	27-1	15.61	0.97
17-A-2	11.70	0.72	21-1	13.60	0.74	28-1	55.05	1.04
17-B-1	11.10	0.84	21-2	10.10	0.68	29-1	11.75	0.82
17-B-2	13.10	0.86	22-1	15.00	0.83	Cp-1	84.53	1.13
17-B-3	17.00	0.81	22-2	8.80	0.81	Cp-2	125.53	1.12
17-B-4	10.30	0.90	23-1	10.30	0.72	26-1C	24.35	1.09
20-1	11.30	0.70	23-2	11.50	0.95	27-1C	13.04	0.85
20-2	15.10	0.74	24-1	7.90	0.60	28-1C	50.05	1.20
20-3	19.40	0.71	24-2	20.40	0.88	Cp-1C	36.15	1.03
20-4	9.80	0.64	25-1	11.40	0.89	Cp-2C	139.13	1.53

Se eligieron extracciones de ADN para PCR con concentración igual o mayor a 2.83 ng/ul y relación A₂₆₀/A₂₈₀ igual o mayor de 0.6. Tomando como parámetro los resultados de la técnica Josse.

Elección de los primers o iniciadores. Se probaron los 14 iniciadores seleccionados por Takeshi Matsuoka (2002), para adecuar la técnica de PCR a la detección de insertos de maíz GM en materiales autorizados o no. En la prueba de reacción en cadena de la polimeraza (PCR) en punto final (Schuelke, 2000), se analizaron muestras de maíz GM positivas (con eventos de características de resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas) y el negativo B73 (línea proporcionada por el centro de investigación de mejoramiento de cultivos de maíz de la NCEU), sólo se observó amplificación del segmento con cuatro pares: (5) CryIA(b) evento de resistencia a insectos (Figura 10), (10) NOS ter, secuenciador terminal de poliadenilación (Figura 11), (11) cp4-epsps evento de tolerancia a herbicidas (Figura 12), (14) Pt-act Promotor actinia (Figura 13). (Cuadro 14).

Cuadro 14. Primers probados para detectar secuencias de DNA transgénico (Matsuoka, 2002)

Name	Secuencia del Primers	sense/anti	rADN	Long.
(1) pat 1-5'	A AG AGT GGA TTG ATG ATC TAG AGA GGT	Sense	pat	161bp
pat 1-3'	ATG CCT ATG TGA CAC GTA AAC AGT ACT	anti-sense		
(2) bar 2-5	ACT GGG CTC CAC GCT CTA CA	Sense	bar	186bp
bar 2-3'	AAA CCC ACG TCA TGC CAG TTC	anti-sense		
(3) bar 3-5'	CAT CGT CAA CCA CTA CAT CGA GA	Sense	bar	104bp
bar 1-3'	GAT AGC GCT CCC GCA GAC	anti-sense		
(4) cryIA 4-5'	GCA CAA CAA CCC MAA CAT CAA C	Sense	CryIA(b)	107bp
cryIA 3-3'	CGA TGG GGG TGT AAC CGG T	anti-sense		
(5) cryIA 4-5'	GG A CAA CAA CCC MAA CAT CAA C	Sense	cryIA(b)	152bp
cryIA 4-3'	GCA CGA ACT CGC TSA GCA G	anti-sense		
(6)m-eps1-5'	GTC GAA GCG GAC AAA GTC G	Sense	mitated m-epsps	193bp
m-eps 1-5'	CCC TCA TTC TTG GTA CTC CAT CA	anti-sense	native m-epsps	290bp
(7) P35S 1-5'	ATT GAT GTG ATA TCT CCA CTG ACG T	Sense	P35S	101bp
P35S 2-3'	CCT CTC CAA ATG AAA TGA ACT TCC T	anti-sense		
(8) T35S 1-5'	GAA ACC CTT AGT ATG TAT TTG TAT TTG TAA AAT ACT TC	Sense	T35S	84 bp
T35S 4-3'	TTT TAG TAC TGG ATT TTG GTT TTA GGA ATT AG	anti-sense		
(9) NOS-1	GAA TCC TGT TGC CGG TCT TG	Sense	NOS ter	180bp
NOS-3	TTA TCC TAG TTT GCG CGC TA	anti-sense		
(10) NOS ter 3-5'	GTC TTG CGA TGA TTA TCA TAT AAT TTC TG	Sense	NOS ter	151bp
NOS ter 3-3'	CGC TAT ATT TTG TTT TCT ATC GCG T	anti-sense		
(11) epsps 1-5'	GCC TCG TGT CGG AAA ACC CT	Sense	cp4-epsps	118bp
epsps 3-3'	TTC GTA TCG GAG AGT TCG ATC TTC	anti-sense		
(12) gox 2-5'	TGC CAG GAA ACT TGA CTA GCG	Sense	gox	103bp
gox 2-3'	CGA ATC AAC CAA GGC ATG ATG	anti-sense		
(13) npt 1-5'	GAC AGG TCG GTC TTG ACA AAA AG	Sense	nptII	155bp
npt 1-3'	GAA CAA GAT GGA TTG CAC GC	anti-sense		
(14) rAct pro 2-5'	CGT TGC AGC GAT GGG TAT	Sense	Pt-act	121bp
rAct pro -3'	GGG CTT GCT ATG GAT CGT G	anti-sense		

Primers o iniciadores que resultaron adecuados para detectar secuencias de ADN transgénico

Prueba de primers o iniciadores

Con las secuencia de ADN de CryIA(b) (5) y m-epsps (6) sintético, se obtuvo la amplificación por PCR sólo con el primer CryIA(b) (5) para el maíz GM Bt, Bt/MON810 y el maíz híbrido CP-560, dicha respuesta es debido a que el primer tiene la secuencia transgénica que otorga resistencia a insectos y sólo amplifica a maíz GM eventos Bt (Figura 10).

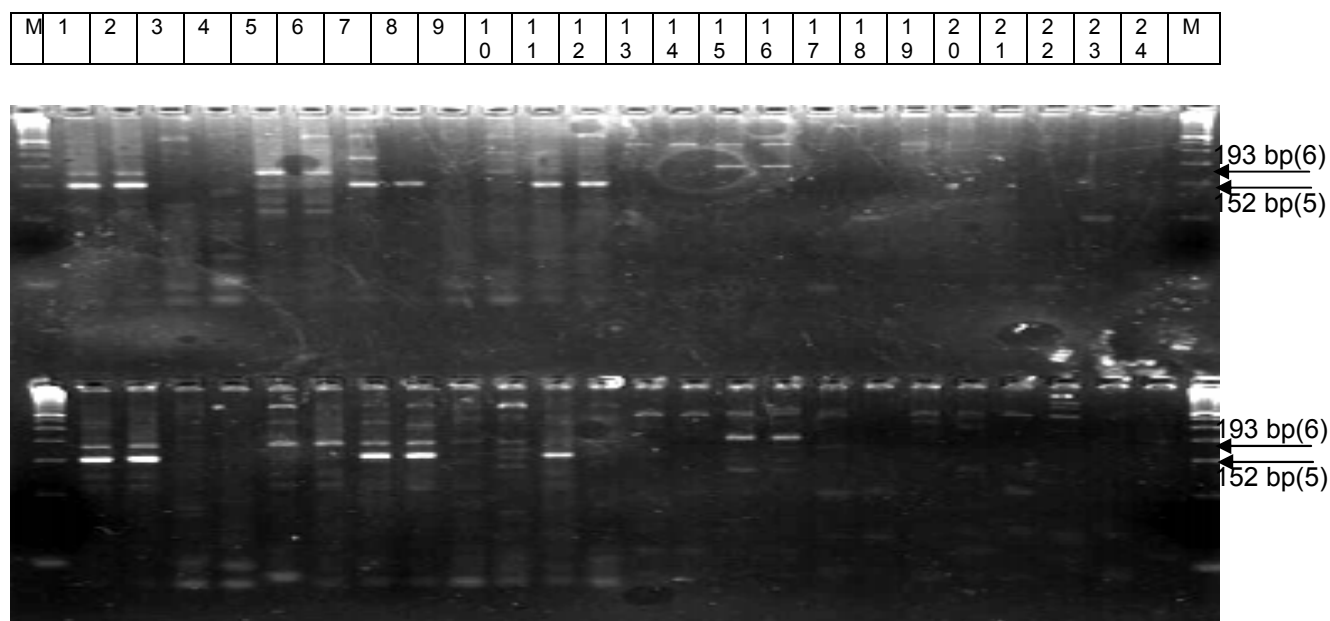


Figura 10. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz para P5 y P6. Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Fueron utilizados los pares de primers para detección de cryIA(b) (5) y m-epsps (6). Línea 1-8: amplificación de DNAs, primer 5 con maíz GM, Eventos: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, respectivamente. Línea 9-10: control negativo B73 (DNA no template) con primer 5. Línea 11-12: amplificación de maíz no GM, CP-560 con primer 5. Línea 13-20: amplificación de DNAs, primer 6 con maíz GM, Eventos: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, respectivamente. Línea 21-22: control negativo B73 (DNA no template) con primer 6. Línea 11-12: amplificación de maíz no GM, CP-560 con primer 6. M, 50 bp tamaño estándar del marcador. Muestras positivas para primer 5: Bt, Bt, Bt/MON810, Bt/MON810, CP-560. Ninguna muestra positiva para primer 6.

La amplificación del primer (9) es muy débil con las muestras, aún cuando se observa respuesta en los Eventos MON810, Mon802 y BtMON810 y podría dar lugar a la interpretación de un falso negativo. En cambio la amplificación del primer (10) amplifica es muy clara con las muestras en los eventos: MON810, MON802, Bt/MON810, CP-560, y como era de esperarse, no hay amplificación para el maíz GM evento Bt, que no

tiene el cassette epsps, resistencia al herbicida glifosato (Figura 11).

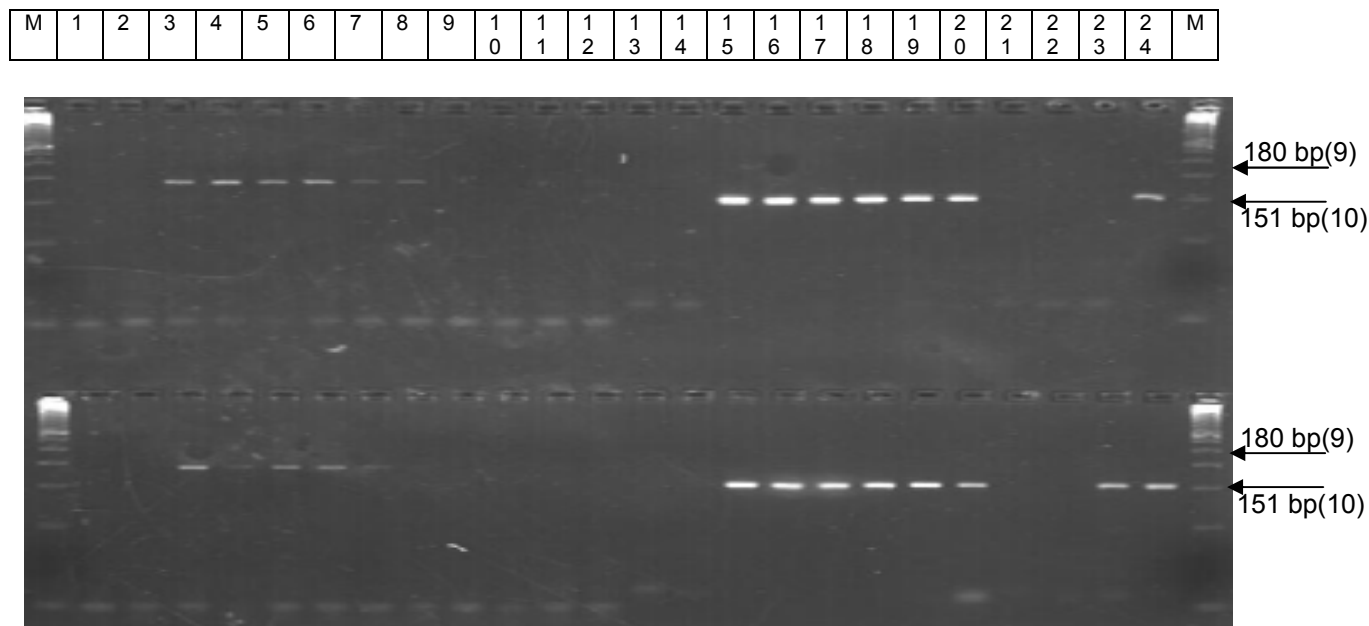


Figura 11. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz para P9 y P10. Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Fueron utilizados los pares de primers para detección de NOS (9) y NOS ter (10), respectivamente. Línea 1-8: amplificación de DNAs, primer 9 con maíz GM, Eventos: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, respectivamente. Línea 9-10: control negativo B73 (DNA no template) con primer 9. Línea 11-12: amplificación de maíz híbrido no GM, CP-560 con primer 9. Línea 13-20: amplificación de DNAs, primer 10 con maíz GM, Eventos: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, respectivamente. Línea 21-22: control negativo B73 (DNA no template) con primer 10. Línea 11-12: amplificación de maíz híbrido no GM, CP-560 con primer 10 M, 50 bp tamaño estándar del marcador. Muestras positivas para primer 9: MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, pero la respuesta de amplificación es muy tenue. Muestras positivas para primer 10: MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, CP-560, con muy buena respuesta de amplificación.

Se obtuvo una respuesta constante y clara para el par de primers cp4-epsps (11) con muy buena amplificación por PCR. No así para el par de primers gox, cuya respuesta no es constante en las repeticiones de PCR, no hay respuestas concluyentes para la presencia del evento insertado (Figura 12).

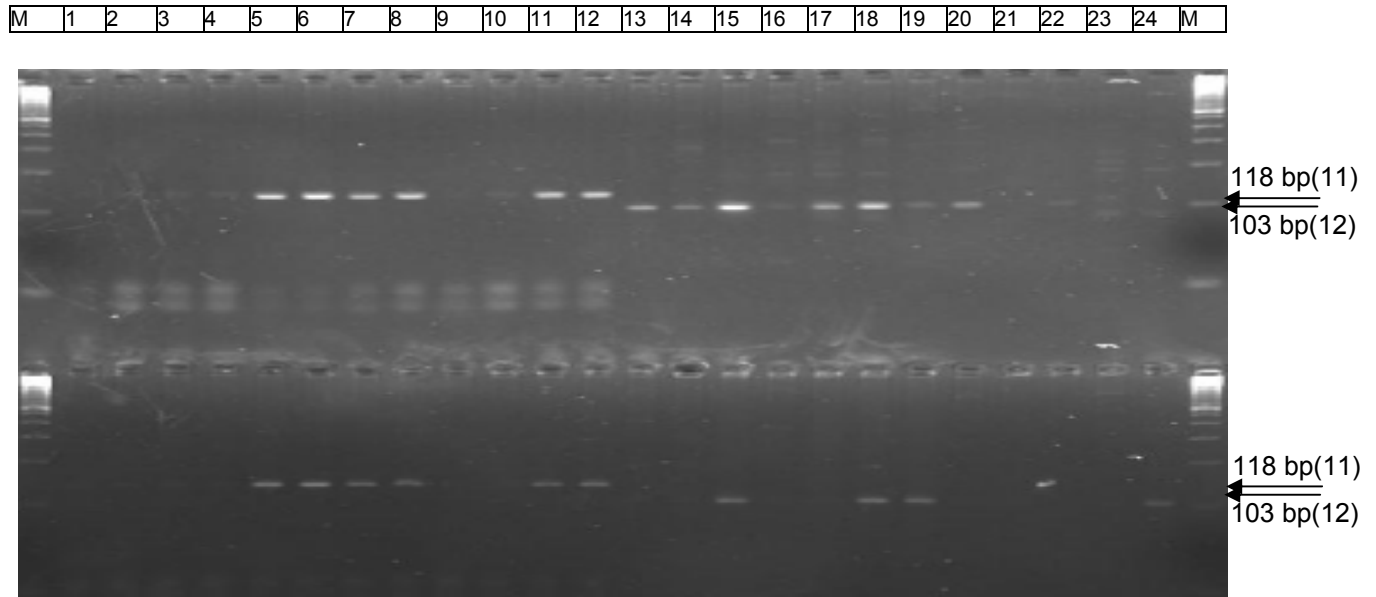


Figura 12. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz para P11 y P12. Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Fueron utilizados los pares de primers para detección de cp4-epsps (11) y gos (12), respectivamente. Línea 1-8: amplificación de DNAs, primer 11 con maíz GM, Eventos: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, respectivamente. Línea 9-10: control negativo B73 (DNA no template) con primer 11. Línea 11-12: amplificación de maíz híbrido no GM, CP-560 con primer 11. Línea 13-20: amplificación de DNAs, primer 12 con maíz GM, Eventos: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, respectivamente. Línea 21-22: control negativo B73 (DNA no template) con primer 12. Línea 23-24: amplificación de maíz híbrido no GM, CP-560 con primer 12. M, 50 bp tamaño estándar del marcador. Muestras positivas para primer 11: MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, CP-560. Muestras positivas para primer 12: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, con una respuesta poco clara.

No se observa amplificación por PCR para el par de primers npt (13). En cambio si para el par de primers rAct (14), aunque sólo amplifica para los eventos que contienen a MOM810 y MON802 que confieren resistencia a herbicida, y aunque el maíz CP-560 se había amplificado muy claramente para los pares de primers 5, 10 y 11, con éste par de primers (14), la respuesta de amplificación no es muy clara y al probar la muestra diluida podría dar falsos negativos, aún así se probará en el siguiente paso (Figura 13).

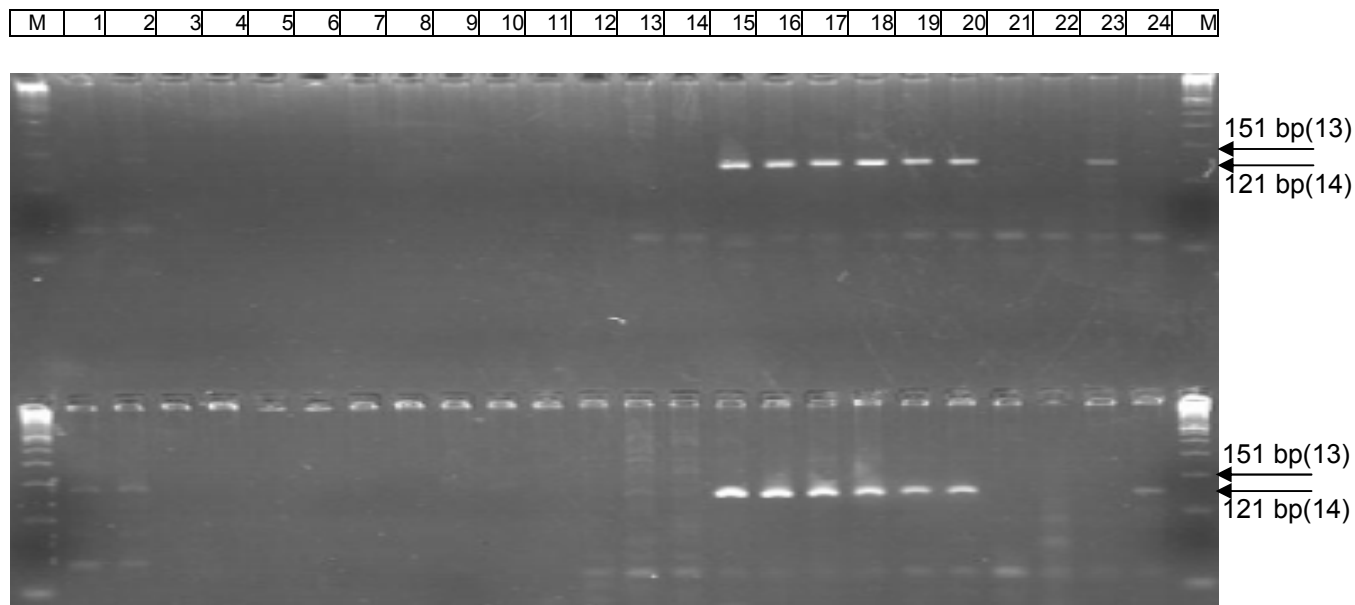


Figura 13. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz P13 y P14. Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Fueron utilizados los pares de primers para detección de npt (13) y rAct (14), respectivamente. Línea 1-8: amplificación de DNAs, primer 13 con maíz GM, Eventos: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, respectivamente. Línea 9-10: control negativo B73 (DNA no template) con primer 13. Línea 11-12: amplificación de maíz híbrido no GM, CP-560 con primer 13. Línea 13-20: amplificación de DNAs, primer 14 con maíz GM, Eventos: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, respectivamente. Línea 21-22: control negativo B73 (DNA no template) con primer 14. Línea 11-12: amplificación de maíz no GM, CP-560 con primer 14. M, 50 bp tamaño estándar del marcador. Ninguna respuesta de amplificación con el par de primers 13. Muestras positivas para primer 14: MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, con una respuesta poco clara para CP-560.

La construcción de las secuencias GM

El Bt11 tiene expresión de dos eventos: Un evento incluye un rasgo consistente de resistencia a insectos de [P-35 \tilde{S}] [fragmento de ADN que contiene el intron no. 6 de secuencia (IVS6) del alcohol dehidrogenasa del maíz 1 gene (*adh1-S*)] [gene sintético *CryIA(b)*] [terminador nopalina sintetiza (NOS ter) derivado de *Agrobacterium tumefaciens*]. El otro evento incluye un rasgo de tolerancia a herbicidas como un consistente marcador selectivo de [P-35 \tilde{S}] [fragmento de ADN que contiene el intron no. 2 de secuencia (IVS2) de *adh1-S*] [gene *pat* sintético derivado de *Streptomyces viridochromogenes*] [NOS-ter] (figura 14).

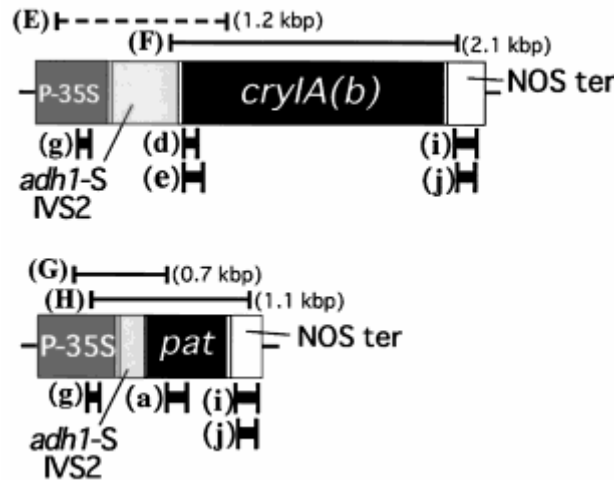


Figura 14. Construcción de la secuencia transgénica Bt11. Fuente: Takeshi Matsuoka. 2002.

El evento de MON810 incluye un rasgo consistente en resistencia a insectos de [P-35S Con las regiones enhancer duplicadas (enhanced P-35S pro)]-[fragmento de DNA (*hsp70* int.) que contiene el intron no. 1 de secuencia del maíz el gene *hsp70* (proteína heat-shock)]-[gene sintético *Cry1A(b)*] (figura 15).

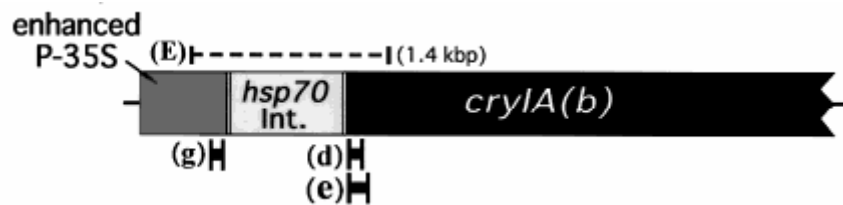


Figura 15. Construcción de la secuencia transgénica MON810. Fuente: Takeshi Matsuoka. 2002.

El evento MON802 tiene expresión de tres eventos (eventos apilados). Un evento incluye un rasgo consistente de Resistencia a insectos de [enhanced P-35S]-[*hsp70* int.]-[gene sintético *CryA(b)*]-[NOS-ter]. Los otros dos eventos incluyen rasgos de expresión consistentes de tolerancia a herbicidas de [enhanced P-35S]-[*hsp70* int.]-[secuencia de ADN para CTP derivado de *Arabidopsis thaliana* (CTP2)]-[sintético *epsps* derivado de *Agrobacterium* sp. cepa CP4 (cp4-*epsps*)]-[NOS-ter] y [enhanced P-35S]-[*hsp70* int.]-[secuencias de ADN para CTP aislado de una pequeña subunidad genética del gen RuBisCO derivado de *A. thaliana* (CTP1)]-[gene glyphosate oxidoreductase (*gox*) derivado de *Ochrobactrum anthropi* cepa LBAA, que codifica el metabolismo enzimático de glyphosate]-[NOS-ter] (figura 16).

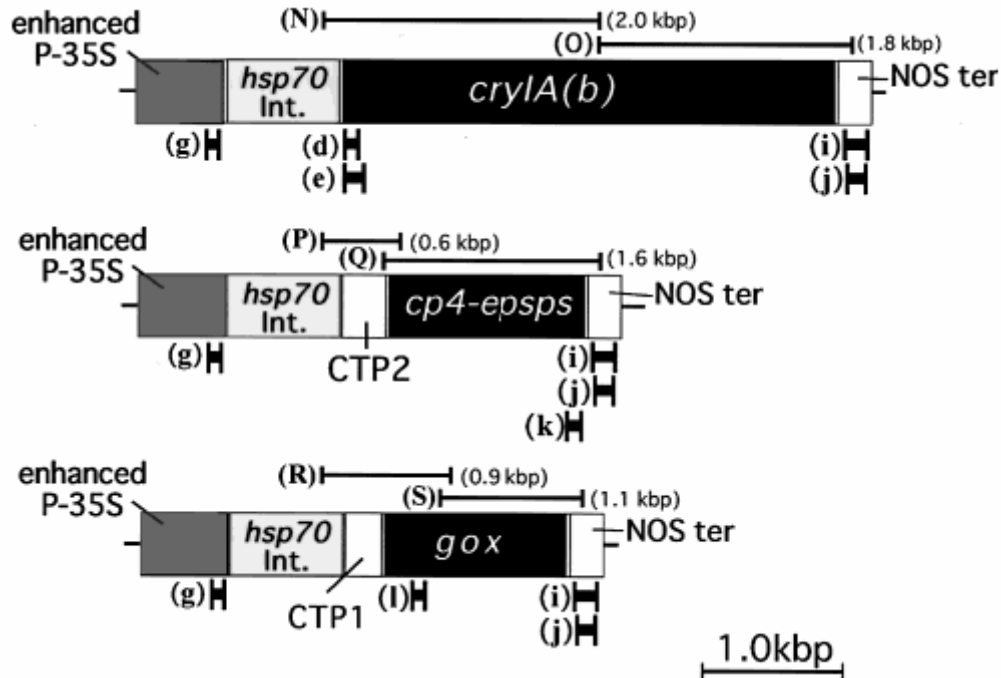


Figura 16. Construcción de la secuencia transgénica MON802. Fuente: Takeshi Matsuoka. 2002.

Búsqueda de la mínima proporción de ADN transgénico detectable por PCR. Se diluyó el ADN extraído de cada una de las muestras positivas con la muestra negativa (B73) en proporciones del 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1 y 0 % de positivo. El objetivo de este paso fue encontrar la mínima proporción de ADN transgénico que puede detectarse por este método. El transgen presente en proporciones muy diluidas dentro de la muestra analizada, no puede detectarse por ésta técnica y por lo tanto dió un falso negativo.

La respuesta para el evento Bt y Bt/MON810 con el Primer 5 es muy tenue, pero puede observarse la amplificación del ADN hasta la dilución del 2 % (Figura 17 y 18).

Para el evento Bt/MON810, MON810 y MON802; Con el primer 10 en la dilución al 2 %, se observa respuesta aún en el blanco, lo cual no pasaba con la muestra sin diluir, lo que indica que la técnica de PCR en punto final no es confiable para ADN transgénico muy diluido (Figura 19-21).

Para el evento MON810 con el primer 11 la respuesta casi no fue detectable, y para Bt/MON810 y MON802 la respuesta, aunque mejor, es muy tenue por lo que podría haber sido interpretado como falso negativo (Figura 22-24).

Para el evento Bt/R con el primer 14 la respuesta no se ve; se observó con la muestra sin diluir, para MON810 y MON802 la respuesta es muy tenue, se interpreta como falso negativo (Figura 25-27).

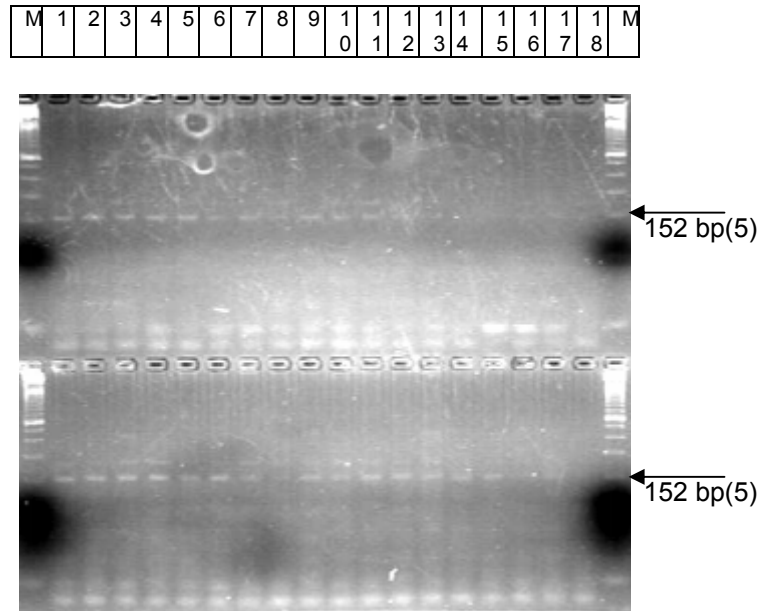


Figura 17. Línea 1-18: Diluciones de ADN de Bt en B73 al 100, 100, 50, 50, 25, 25, 10, 10, 5, 5, 2, 2, 1, 1, 0.1, 0.1, 0, 0 (en %), con primer (5). Hay multiplicación observable de la secuencia a diluciones del 2 y al 1 %.

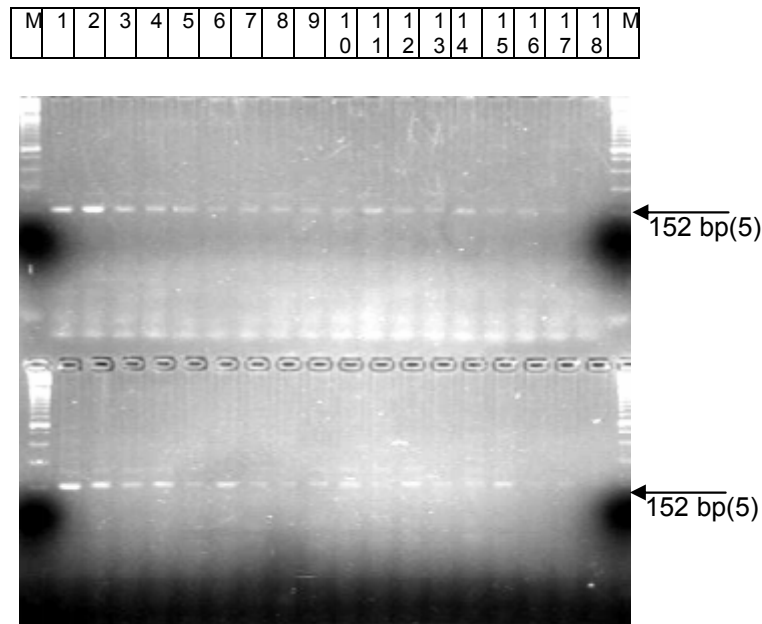


Figura 18. Diluciones de ADN de BT/MON810 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (5). Se observa multiplicación de la secuencia a diluciones del 2 %.

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	M
										0	1	2	3	4	5	6	7	8	

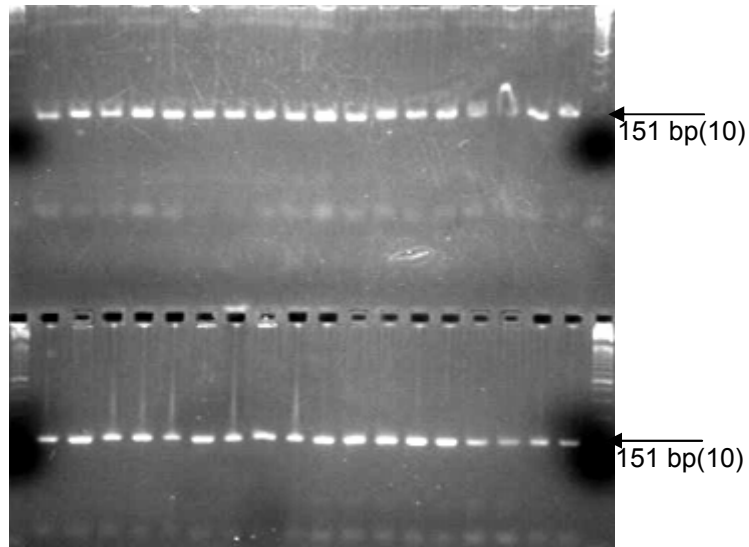


Figura 19. Diluciones de ADN de MON810 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (10). El resultado puede ser un falso positivo se observa multiplicación de la secuencia con el blanco.

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	M
										0	1	2	3	4	5	6	7	8	

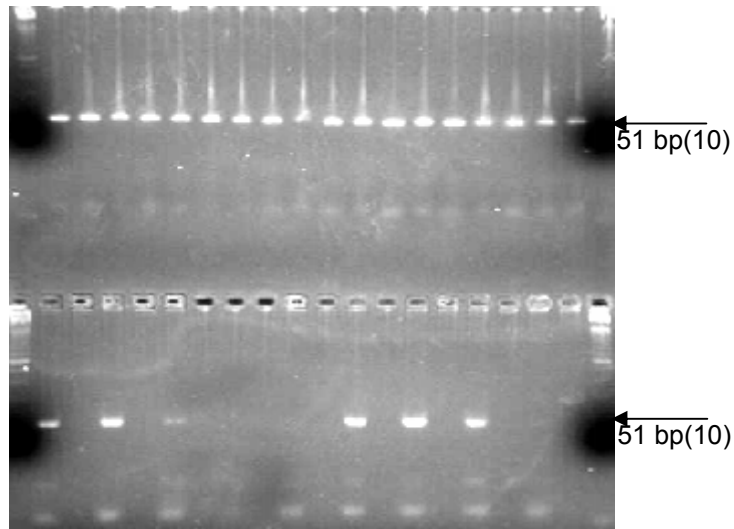


Figura 20. Diluciones de ADN de MON802 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (10). El resultado puede ser un falso positivo se observa multiplicación de la secuencia con el blanco.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	M
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

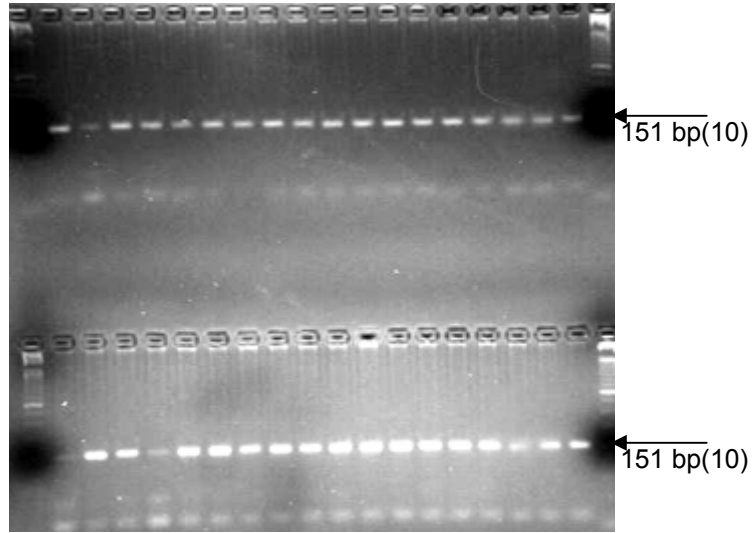


Figura 21. Diluciones de ADN de RR/MON810 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (10). El resultado puede ser un falso positivo se observa multiplicación de la secuencia con el blanco.

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

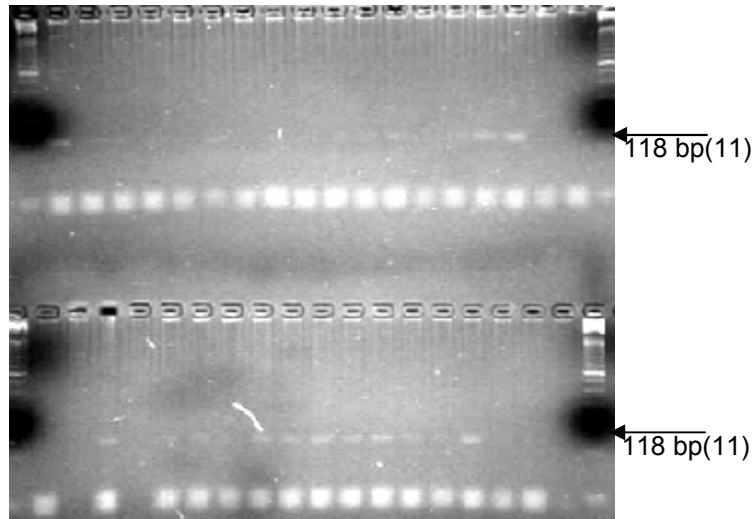


Figura 22. Diluciones de ADN de MON810 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (11). Se observa multiplicación de la secuencia a diluciones del 1 % y muy leve al 0.1 %.

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

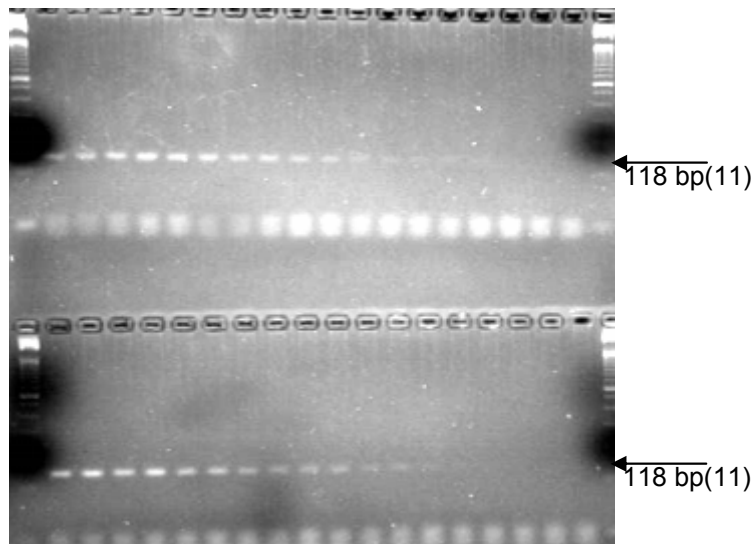


Figura 23. Diluciones de ADN de MON802 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (11). Se observa multiplicación de la secuencia a diluciones del 5 % y muy leve 2 %.

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

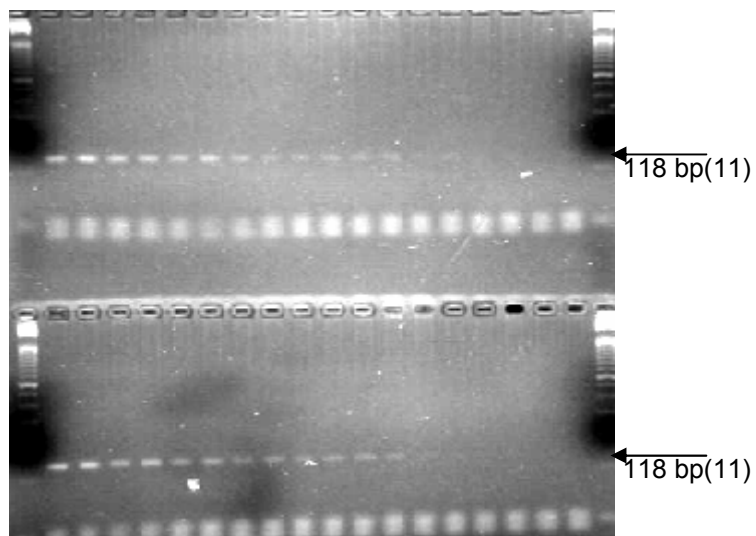


Figura 24. Diluciones de ADN de RR/MON810 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (11). Se observa multiplicación de la secuencia a diluciones del 5 % y muy leve 2 %.

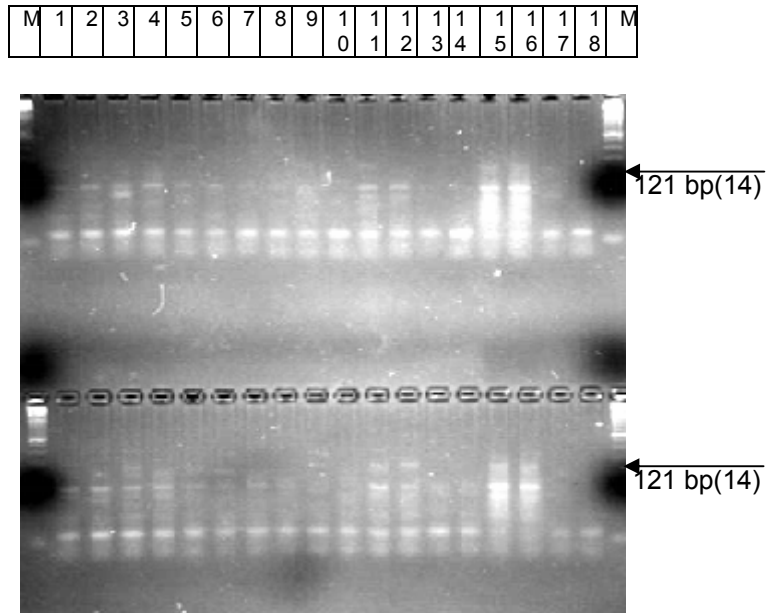


Figura 25. Diluciones de ADN de MON810 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (14). La respuesta es muy tenue para todas las diluciones, podría interpretarse como falso negativo.

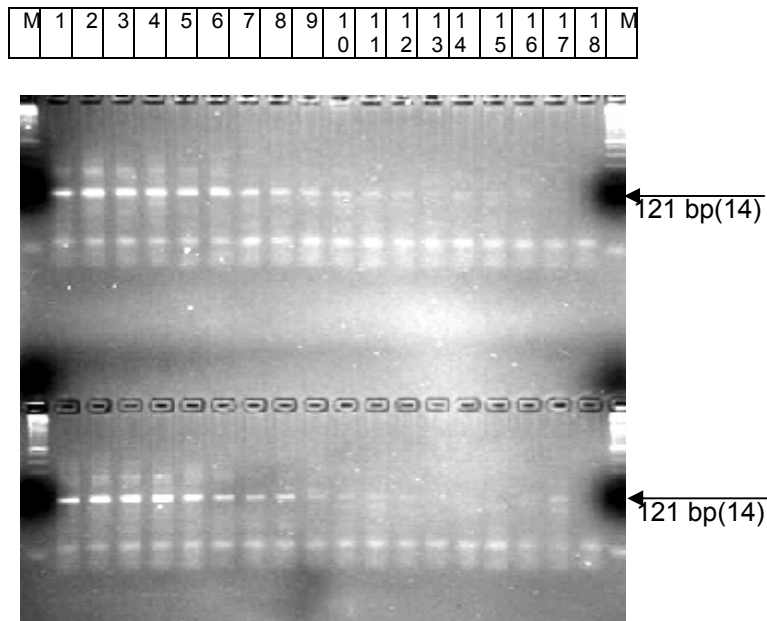


Figura 26. Diluciones de ADN de MON802 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (14). La respuesta es muy buena con la dilución al 10 %, pero implicaría una gran cantidad de pruebas para ésta dilución.

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

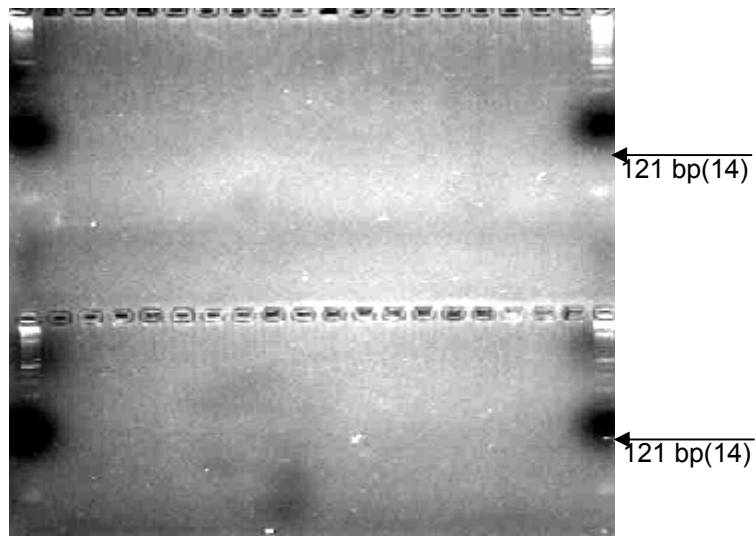


Figura 27. Diluciones de ADN de Bt/MON810 en B73 al 100, 50, 25, 10, 5, 2, 1, 0.1, y 0 % (2 carriles por dilución), con primer (14). No se obtiene amplificación. La respuesta es negativa para el evento diluido.

La técnica de PCR en punto final no es muy confiable para detectar material transgénico en muy baja proporción. Aún así se probó la dilución al 2% (respuesta de amplificación para una cadena de ADN) para preparar nuestras muestras (1 negativa, 4 positivas y 29 muestras problema), con primers 5, 10, 11, 14, y analizarlas con PCR (5µl 1/100) en punto final (Figura 28 a).

Electroforesis en gel de agarosa, amplificación de productos por PCR en punto final. La dilución de la muestra al 2% es para una sola cadena de ADN lo que corresponde a agrupaciones de 5 cadenas de ADN simple, por lo que las muestras de aproximadamente 200 plantas cada una, se agruparon en juegos o mezclas de 25 plantas (cada planta con doble cadena de ADN) obteniendo un máximo de 8 juegos por muestra, de 29 muestras se analizaron 232 bulks (Figura 28 a-d).

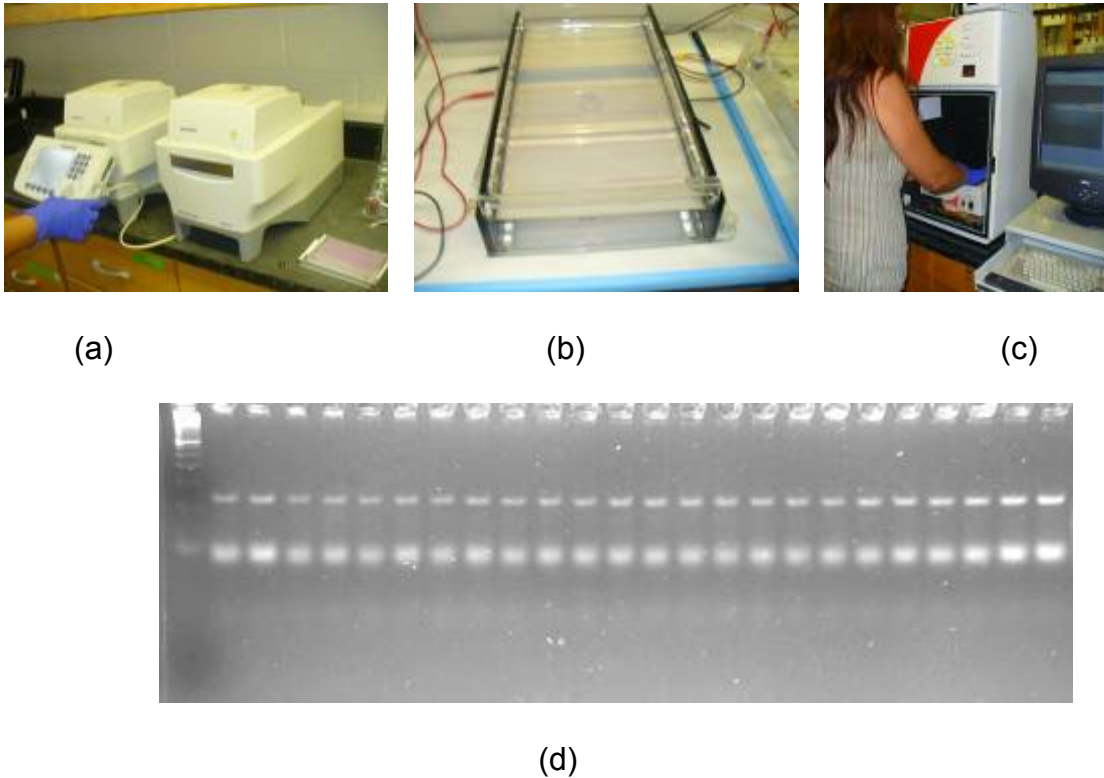


Figura 28. Equipo utilizado: a) Termociclador de platos con 384 pozos, b) Electroforesis en gel de agarosa para peines con 50 líneas, c) Lector de geles, d) Fotografía de la multiplicación de los fragmentos de ADN obtenidos por PCR en punto final.

8.2.4.3. Confirmación de la proteína transgénica detectada en muestras colectadas en el Estado de Veracruz por PCR en tiempo real

La técnica de PCR en punto final no es tan eficiente para muestras con concentraciones debajo de 0.1%, las muestras positivas con la técnica de PCR en punto final se someterán a PCR en tiempo real que detecta concentraciones de transgen hasta del 0.001 %.

Esta etapa del proyecto se llevó a cabo, en el periodo junio-julio del 2008, en el laboratorio de Biología Molecular a cargo de la Dra. Martha Rocha Munive, con responsabilidad de la Dra. Adriana Otero del INE (Instituto Nacional de Ecología), cuya dirección está a cargo del CENICA (Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental) dependiente de SEMARNAT (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales). Laboratorio certificado por EMA (Entidad Mexicana de Acreditación) lo que avala la veracidad de los resultados obtenidos mediante esta prueba.

Molido de las muestras

Las muestras positivas, almacenadas como semilla (Cuadro 7), se sometieron a molienda con un molino Retsch modelo GRINDOMIX GM200 (el total de semilla almacenada con un peso aproximado a 2 kg). La molienda se efectuó de acuerdo a la técnica Clave CENICA/PT/BM-36, en proporciones de 120 a 150 g a una velocidad de 6000 rpm por periodos de tiempo de 20 seg hasta molienda uniforme, se mezcló el total de la muestra molida para su homogenización y se tomaron alícuotas de 50 cm³ en tubos falcon, se taparon, se rotularon y se guardaron en refrigeración de 3 a 8°C.

Extracción de ADN genómico con el Kit Fast ID (Genomic DNA extraction Kit), procedimiento general para muestras sin procesar (harina de maíz) (Clave: CENICA/PT/BM-02).

Se prepararon dos tubos falcon de 50 ml para cada muestra. Se pesaron 2 g de harina de maíz para cada muestra.

Lisis. Se agregó a cada tubo 4 ml de Genomic Lyse Buffer. Se incubo 20 min a temperatura ambiente. Se agregó a cada tubo 5 ml de cloroformo y se agito con vortex de 5 a 10 seg. Se Centrifugó a 3500 rpm por 12 min. Se obtuvieron aproximadamente 3 ml de sobrenadante, el cual debe ser claro y transparente de lo contrario se realiza otro lavado de buffer de lisis, de los cuales se puso un ml en cada uno de tres tubos ependorf de 2 ml.

Binding. Se agrego un ml de Genomic Bind a cada uno de los tubos y se agito con vortex de 5 a 10 seg y centrifugo 7 min a 13 000 rpm, si el sobrenadante no es claro se vuelve a lavar con cloroformo. Se transfirió el sobrenadante a una columna de extracción (DNA Binding Column), dejando una pequeña cantidad en el tubo para no traer ningún resto de sedimento a la columna. Se centrifugó por 10 seg a 13 000 rpm o hasta que paso todo el líquido. Se añadieron 0.750 ml de Genomic Wash Buffer.

Lavado. Se continuó con tres lavados consecutivos con 0.750 ml de Etanol al 75% (alrededor de la columna y su anillo).

Se centrifugó de 1 a 1.5 min a 13 000 rpm (no deben quedar residuos en la columna).

Elusión. Se etiquetó un tubo de 1.5 ml para cada duplicado y coloco en ellos las columnas. Se añadió 100 ml de TE 1x en el centro de la membrana de la columna, incubó 10 min a 75 °C. Se agregó otros 100 ml de TE 1x repitiendo la operación. Se centrifugó de 5 a 30 seg a 13 000 rpm. Se verificó que no quedara ningún residuo de líquido en la columna, de lo contrario se repetía la centrifugación.

Amplificación del ADN genómico extraído, por PCR en tiempo real (Clave: CENICA/PT/BM-53)

Método que también se conoce como PCR cuantitativo en tiempo real (RTQ-PCR), amplificación y cuantificación simultáneamente de ADN. Por medio de la RTQ-PCR es posible monitorear el progreso de la reacción de PCR en el momento en que ésta ocurre. La información se colecciona durante los ciclos de PCR a diferencia de la PCR convencional en el que se analiza el producto al final de la amplificación (se llama punto final).

El equipo utilizado es un PCR en tiempo real Applied Biosystems 7500 (Real-Time-System). Para el caso de la cuantificación se disminuye marcadamente los costos, tiene mayor sensibilidad, mayor precisión y un rango dinámico mayor. El volumen de ADN utilizado es de 5 µl y el de Master Mix (MM) es de 20 µl (Cuadro 15).

Cuadro 15. Preparación de muestras de ADN genómico extraído con MM para PCR tiempo real.

Reactivo	Concentración inicial	Concentración final	Volumen para una reacción de 25 µl	52
Agua ultrapura			5.1	265.2
TaqMan Universal PCR Master Mix	2x	1x	12.5	650
Iniciador s-F	10µM	300nM	0.75	39
Iniciador s-R	10µM	300nM	0.75	39
Sonda 35SP	5µM	180nM	0.9	46.8
ADN molde	10ng/µl	50ng	5	-----
Volumen total			25	1040

El control negativo (MHMG) y positivo (35S) son materiales certificados por el CENICA y se prepararon por triplicado para cada una de las siguientes diluciones: 5%, 1%, 0.1% y 0.01%. Cada una de las muestras se corrió en dos planes de corrida inicialmente por duplicado (Cuadro 16 y 17), después se hizo un triplicado con 100ng de ADN por reacción y de este triplicado se obtuvo la cuantificación.

Cuadro 16. Primer plan de corrida para cuantificación de ADN genómico, en muestras de maíz colectadas a lo largo del estado de Veracruz 2006-2007, por PCR en tiempo real.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	MHMG											
	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
B	1	1	3	3	5	5	6	6	10	10	14	14
C	15	15	16	16	20	20	21	21	22	22	23	23
D	25	25	26	26	27	27	28	28				
E	35S											
	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
F	1	1	3	3	5	5	6	6	10	10	14	14
G	15	15	16	16	20	20	21	21	22	22	23	23
H	25	25	26	26	27	27	28	28				

Cuadro 17. Segundo plan de corrida para cuantificación de ADN genómico, en muestras de maíz colectadas a lo largo del estado de Veracruz 2006-2007, por PCR en tiempo real.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	MHMG											
	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
B	1 ^a	1A	2	2	4	4	7	7	8	8	9	9
C	11	11	12	12	13	13	17	17	17 ^a	17 ^a	24	24
D	29	29										
E	35S											
	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%	5%
F	1 ^a	1A	2	2	4	4	7	7	8	8	9	9
G	11	11	12	12	13	13	17	17	17 ^a	17 ^a	24	24
H	29	29										

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Análisis del marco regulatorio de importación de semillas en México con el riesgo de la introducción de semillas transgénicas

El Marco regulatorio en México con respecto a la importación de semillas y la posibilidad de importar las semillas transgénicas o no, depende de los tratados internacionales como son el Protocolo de Cartagena (DOF, 2003), el TLCAN (DOF, 1994), Codex Alimentarius (FAO/WHO, 2001), entre otros, de los cuales México tome parte; estos tratados han influido directamente desde el derecho de los agricultores sobre sus recursos naturales hasta las decisiones del gobierno mexicano de aprobar importaciones agrícolas.

A pesar de que la FAO en 1983 aprobó unánimemente la resolución 8/83 (FAO/WHO, 1983) que apoya los derechos de los agricultores sobre sus variedades fitogenéticas (garantiza el libre acceso a los recursos fitogenéticos para los agricultores, principalmente los que han venido manejando e intercambiando libremente por generaciones) hasta la fecha poco se ha logrado al respecto. Contraponiéndose a esto, la Convención sobre Diversidad Biológica (CBD, 1992) da la pauta para promover que cada país pueda decidir sobre el comercializar sus recursos o no, y poder negar el intercambio biológico y de semillas a nivel internacional. Con el objetivo de poder liberar el intercambio, al menos a las principales especies cultivadas de los que depende la humanidad para su alimentación, en noviembre de 2001 la FAO establece el Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación (FAO/WHO, 2000), donde ratifica los derechos de los agricultores, destacándose su derecho a conservar, utilizar, intercambiar y vender semillas sembradas en su propia finca, incluyendo aquellas que hayan sido registradas o patentadas por empresas; así como el derecho a la protección de los conocimientos tradicionales sobre semillas y a participar en la distribución de los beneficios que se deriven de sus recursos agrícolas, aunque con la limitante de quedar circunscrito a la legislación de cada país.

El principal instrumento internacional para todos los asuntos relacionados con la conservación de la diversidad biológica con la aplicación de la biotecnología es el Protocolo de Cartagena el cual se basa en el Convenio sobre la Diversidad Biológica (2000) (CDB). En el cual está implícito la aprobación de las importaciones de OGM's. El protocolo tiene el objetivo de contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la transferencia, manipulación y utilización segura de los organismos genéticamente modificados (OGM's) resultantes de la biotecnología moderna, que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica. También toma en cuenta los riesgos para la salud humana, y se centra concretamente en los movimientos transfronterizos. Cada país que haya adoptado este tratado, adquiere el compromiso de implementar las normas necesarias para cumplir con él, México es uno de ellos. También es parte de otro tratado internacional, el TLCAN (DOF, 1994), cuyos reglamentos y normas deben ser cumplidos íntegramente y su incumplimiento, el cual es vigilado por la Organización Mundial del Comercio (OMC). Existen fuertes sanciones económicas en caso de incumplimiento, por lo tanto este tratado apoyaría la importación de OGM's. En el contexto de México como centro de origen del maíz, esto puede tener repercusiones directas sobre la agrobiodiversidad del maíz al importar semilla transgénica para cultivo. Dentro del protocolo de Cartagena se establece el Principio Precautorio, es el principio 15 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo (Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992.) que establece "Con el fin de proteger el medio ambiente y la diversidad biológica, el Estado Mexicano deberá aplicar el enfoque de precaución conforme a sus capacidades, tomando en cuenta los compromisos establecidos en tratados y acuerdos internacionales de los que los Estados Unidos Mexicanos sean parte. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente y de la diversidad biológica. Dichas medidas se adoptarán de conformidad con las previsiones y los procedimientos administrativos establecidos en esta Ley". Uno de los compromisos internacionales de los cuales los Estados Unidos Mexicanos es parte es el Tratado de Libre Comercio de Norteamérica, por lo que de acuerdo con el

principio precautorio “debe tomarse en cuenta”.

En lo referente a la salud humana, se cuenta con otro instrumento internacional, el Codex Alimentarius (1963, FAO/OMS), cuyas materias principales de este programa son: la protección de la salud de los consumidores, asegurar prácticas de comercio claras y promover la coordinación de todas las normas alimentarias acordadas por las organizaciones gubernamentales y no gubernamentales. El Codex recomienda que el concepto de “equivalencia sustancial” sea uno de los principales componentes en la evaluación de la inocuidad de alimentos e ingredientes alimentarios derivados de vegetales modificados genéticamente y destinados al consumo humano (OCDE, 1993; FAO, 1996), la cual no tiene por finalidad establecer la inocuidad absoluta, que puede ser un objetivo difícil de alcanzar para cualquier alimento. Lo que se propone, más bien, es garantizar que un alimento, así como cualquier sustancia que haya sido introducida en él, resultando en una modificación genética, sea tan inocuo como su homólogo tradicional (FAO/OMS, 2000). Las evaluaciones de riesgo tal como se practican actualmente en el Codex no consideran la exposición crónica y múltiple de las sustancias introducidas, los efectos acumulados y su interacción en el organismo, ni las sensibilidades especiales de los niños o personas enfermas. Se evalúan solamente de manera parcial los riesgos de sustancia por sustancia estableciendo para cada uno su límite máximo permisible en cada alimento considerando las características de un adulto sano. Hasta ahora no se han realizado investigaciones a futuro de las posibles consecuencias de los alimentos transgénicos y como consecuencia aún no es claro que estos sean alimentos homólogos a los consumidos hasta ahora (Cuadro 18).

Cuadro 18. Limitantes para la aplicación del Marco Regulatorio Internacional en torno a los OGM's (hasta julio de 2007).

Instrumento	Reglamento	Limitantes para su aplicación
FAO 1983. Resolución 8/83.	Establece los derechos de los agricultores sobre los recursos fitogenéticos, principalmente los que históricamente han venido manejando e intercambiando libremente por generaciones.	La CBD se contrapone a ésta resolución al limitar los derechos sobre los recursos biológicos y semillas al gobierno del país donde se originan, antes considerado como un mecanismo de promoción del desarrollo, reconociendo los recursos biológicos del planeta como patrimonio universal.
FAO 2001. Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación	Ratifica los Derechos de los Agricultores, destacándose su derecho a conservar, utilizar, intercambiar y vender semillas sembradas en su propia finca, incluyendo aquellas que hayan sido registradas o patentadas por empresas; así como el derecho a la protección de los conocimientos tradicionales sobre semillas y a participar en la distribución de los beneficios que se deriven de esos recursos (ETC, 2001).	Dicho tratado aún tiene insuficiencias para garantizar el libre flujo e intercambio de semillas y germoplasma entre agricultores, naciones y regiones, al quedar circunscrito a la legislación de cada país, se espera que libere de las restricciones impuestas en la CBD a las 64 especies que inicialmente forman parte de este tratado, que incluye al maíz, y recobren su valor como patrimonio de la humanidad, y así queden, al menos parcialmente, libres del monopolio de las grandes corporaciones internacionales de semillas y agroquímicos.
CBD, 1992	Reconoce la soberanía que cada nación tiene sobre sus recursos biológicos.	Da pauta a que se firmen acuerdos comerciales para la explotación de la biodiversidad, establece candados al libre intercambio de materiales biológicos y semillas en países que aún mantienen limitado este intercambio a nivel internacional, el cual anteriormente era considerado como un mecanismo de promoción del desarrollo, y se reconocían los recursos biológicos del planeta como patrimonio universal.

(Cuadro 18. Continuación).

Instrumento	Reglamento	Limitantes para su aplicación
Protocolo de Cartagena. Septiembre del 2000.	<p>Artículo 1. Principio 15. El objetivo es: “Garantizar un nivel adecuado de protección en la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos”.</p> <p>Artículo 9, Fracción IV de la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados</p> <p>Principio Precautorio</p> <p>“Es el principio según el cual cuando una actividad genera amenazas de daño a la salud o al ambiente, se deben tomar medidas precautorias aún cuando la relación causa - efecto no haya sido completamente establecida científicamente”.</p> <p>En los tratados internacionales de México, como la Organización Mundial de Comercio y el Tratado de Libre Comercio de América del Norte, se prohíbe imponer barreras no arancelarias al comercio exterior sin justificación técnica, establecen excepciones tratándose de la protección del medio ambiente y de la salud humana.</p>	<p>El Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) (SECOFI, 1994), busca eliminar las barreras no arancelarias (leyes, regulaciones, políticas o prácticas de un país que restringen el acceso de productos importados a su mercado) (la liberalización comercial y de subsidios a las exportaciones agrícolas, la reestructuración de reglas y procedimientos aduanales que agilicen el paso de las mercancías y unificar las normas fitosanitarias y de otra índole)</p> <p>Sin embargo, esto no es igual para ambas partes, en el caso del TLC EUCA, los Estados Unidos conservan intactos las medidas protectoras y subsidios a sus agricultores mientras los centroamericanos deberán dejar a los suyos desprotegidos.</p> <p>El TLCAN señala que en caso de incompatibilidad entre sus previsiones y las de otros convenios o tratados internacionales en materia ambiental, deben prevalecer los del TLC, entre estos no se incluyen tratados importantes como el de protección a la diversidad biológica, declarar esa medida equivale a expropiación, por lo que la aplicación del principio precautorio puede considerarse una violación al Tratado de Libre Comercio de América del Norte</p>

(Cuadro 18. Continuación).

Instrumento	Reglamento	Limitantes para su aplicación
Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación. FAO, 2001	Ratifica los Derechos de los Agricultores, destacándose su derecho a conservar, utilizar, intercambiar y vender semillas sembradas en su propia finca, incluyendo aquellas que hayan sido registradas o patentadas por empresas; así como el derecho a la protección de los conocimientos tradicionales sobre semillas y a participar en la distribución de los beneficios que se deriven de esos recursos (ETC, 2001).	Tiene insuficiencias para garantizar el libre flujo e intercambio de semillas y germoplasma entre agricultores, naciones y regiones, al quedar circunscrito a la legislación de cada país y por lo tanto a los intereses económicos y políticos.
Codex Alimentarius (FAO/OMS, 2000).	Recomienda que el concepto de “equivalencia sustancial” sea uno de los principales componentes en la evaluación de la inocuidad de alimentos e ingredientes alimentarios derivados de vegetales modificados genéticamente y destinados al consumo humano	Evalúan de manera parcial los riesgos de sustancia por sustancia estableciendo para cada uno su límite máximo permisible en cada alimento considerando las características de un adulto sano

Aún y cuando la propia Ley de Bioseguridad de OGM's reconoce que México es un caso excepcional en el tema de bioseguridad por ser uno de los cuatro países megadiversos del planeta y por ser centro de origen y mayor diversidad de varios cultivos importantes (maíz, frijol, calabaza, tomates, chiles, entre otros) se pronuncia por una apuesta al desarrollo científico-tecnológico basado en la biotecnología de OGMs, bajo la fuertemente criticada perspectiva de las llamadas “ventajas comparativas”. Esto quiere decir, la ley considera que México posee más ventajas que desventajas en el desarrollo de OGMs dada su riqueza biológica.

México estaba sembrando experimentalmente maíz transgénico desde 1988, lo detuvo al tener dudas acerca de la influencia del maíz transgénico en los maíces nativos. En 1995, se empezó a regular estas siembras, y se estableció una moratoria en 1998, la cual se levantó oficialmente en marzo del 2005 con la promulgación de la Ley de Bioseguridad de los OGM's. Pero, mientras que aún se está trabajando en las reglas

los lineamientos y las políticas, las compañías han reanudado la experimentación a partir de autorizaciones en octubre del 2009, con el respaldo de las modificaciones al Reglamento de la Ley en marzo del 2009 (SAGARPA-SEMARNAT, 2009). El desarrollo de la legislación y reglamentación en materia de la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica debe estar fundada en una metodología rigurosa que incluya tres elementos para análisis de riesgo: evaluación, dirección y comunicación.

El marco regulatorio en México con el que protege la diversidad de sus productos nativos, domesticados por medio de la agricultura, frente a la introducción o adopción de productos biotecnológicos, se basa primeramente en la Constitución que establece las líneas generales a seguir a través de las siguientes leyes: Ley General de Salud; Ley de Sanidad Vegetal; Ley sobre Metrología y Normalización; Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas; diversas normas oficiales y otros ordenamientos reglamentarios.

Con el objetivo de proteger “la salud humana, el medio ambiente y la diversidad biológica” el gobierno mexicano decretó la “Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados” publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de Marzo de 2005, con lo que dicha Ley entró en vigor 30 días después a la fecha de su publicación (H. Cámara de Diputados, 2005).

La Ley aprobada tanto por la Cámara de Diputados como por la de Senadores generó una intensa polémica entre la sociedad civil y la clase política mexicana, se realizaron decenas de foros de discusión y de consulta con expertos, y aunque la ley fue aprobada, la polémica continúa.

La normatividad para el cumplimiento de la Ley de Bioseguridad de OGM's, es competencia de: La SEMARNAT y La SAGARPA en lo relativo a permisos, a La SSA en autorizaciones; y a La SHCP a la importación de estos OGMs y de productos que los contengan (artículo 10). Se espera de estas normas gubernamentales, que protejan a los cultivos nativos como lo es el maíz, que protejan los derechos de los agricultores

mexicanos así como la salud de los consumidores al asegurar la inocuidad de los alimentos y semillas que entran a nuestro país. Pero las especificidades de estas leyes y reglamentos tienen límites para su aplicación, algunos de ellos son los siguientes (Cuadro 19):

En lo concerniente al caso de la diversidad del maíz en México, la ley contempla el establecimiento de áreas geográficas libres de OGMs. “Título primero, Capítulo 1, artículo 2, fracción XI: Determinar las bases para el establecimiento caso por caso de áreas geográficas libres de OGM’s en las que se prohíba y aquellas en las que se restrinja la realización de actividades con determinados OGM’s, así como de cultivos de los cuales México sea centro de origen, en especial del maíz, que mantendrá un régimen de protección especial” (H. Cámara de Diputados, 2004).

Sin embargo, fuera de esta fracción no se vuelve a hacer ninguna referencia especial de protección para las áreas libres de transgénicos de las áreas maiceras. Por el contrario, el artículo 88 señala que solamente se prohíbe la liberación de OGMs de la misma especie en las áreas que se definan como centros de origen de un determinado cultivo. Es decir, incluso en las áreas que se definan como centros de origen y diversidad de un cultivo se permitirá la liberación de OGMs siempre y cuando se trate de especies diferentes al cultivo en cuestión. Esta situación es especialmente crítica para el agroecosistema milpa bajo el que se produce tradicionalmente el maíz en las zonas campesinas, bajo este sistema se manejan varias especies junto con el maíz, dejando la impresión de que esta ley no considera la importancia que tiene el agroecosistema milpa en México, y que está solamente diseñada para el caso de los monocultivos comerciales.

Las únicas áreas que la ley protege de la liberación de OGMs son las áreas naturales protegidas (Reservas de la Biosfera, Parques Nacionales, Monumentos Naturales, y Santuarios), aunque se enfatiza la excepcionalidad de utilizarlos en estas áreas para fines de biorremediación.

Por su parte, el artículo 90 señala que se podrán establecer zonas libres de OGMs para

la protección de cultivos bajo sistemas de producción orgánica y “otros de interés de la comunidad solicitante”, sólo que para tal efecto, aquellos que se sientan amenazados por los OGMs son quienes deberán emprender los trámites correspondientes para demostrar “científica y técnicamente que no es viable la coexistencia de los OGMs con sus sistemas de producción”. Es decir, la carga de la prueba corre por cuenta de los posibles afectados por la liberalización de los OGMs y no por quien pueda causar el daño liberando estos organismos.

Esta Ley menciona estar orientada por el principio de precaución (Artículo 1, principio 15 del Protocolo de Cartagena) (Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992.) (Cuadro 18), para las situaciones en las que no haya suficiente evidencia científica sobre los posibles impactos de los OGMs. Sin embargo, sujeta la aplicación de este principio a “...los compromisos establecidos en tratados y acuerdos internacionales...” (Artículo 9 fracción IV).

La evaluación de impacto ambiental solicitada por la SAGARPA, para las prácticas agropecuarias que se sospeche puedan causar daño, así como la promoción y verificación del cumplimiento de la normatividad ambiental, corresponde a la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), que fundamenta sus decisiones en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA) (DOF, 1998). En caso de prácticas agrícolas con maíz transgénico esta ley sólo aplica en programas experimentales y no especifica el caso de cultivos que de alguna manera hayan resultado o se sospeche estén contaminados con transgénicos.

El reglamento de la ley de bioseguridad de OGM's (H. Cámara de Diputados, DOF, 2008) no contempló las disposiciones jurídicas así como las políticas públicas (competencia de la SEMARNAT y la SAGARPA con apoyo de CIBIOGEM) que conformaban el “régimen de protección especial” y que eran necesarias para resolver las solicitudes de permisos de liberación de maíz, solo lo canceló en la modificación al Reglamento de la Ley de Bioseguridad de OGM's en marzo del 2009 y a cambio instruye a SAGARPA y SEMARNAT a pagar subsidios a la conservación. De esta manera las solicitudes para siembra se inician en octubre del 2009, de las cuales se

han autorizado 20 solicitudes de las transnacionales (SAGARPA, 2009).

Aunque hasta la fecha no se había autorizado la importación de maíz transgénico para cultivo, está autorizado para consumo humano, como el maíz MON 863 (COFEPRIS-SSA, 2003), y la ley no contempla un aseguramiento del transporte y destino de los granos importados, lo cual podría ser una fuente de contaminación.

Un último aspecto es el correspondiente a las sanciones que prevé en caso de violación a alguno de sus artículos. Dichas sanciones van de 500 a 30,000 salarios mínimos vigentes en el Distrito Federal, aunque para el caso de daños ambientales se aplicará lo dispuesto en la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección Ambiental en su artículo 203. Las sanciones consideradas son insuficientes, sobre todo teniendo en cuenta que son grandes corporaciones multinacionales las que poseen y desarrollan la mayor parte de los OGMs y, en contraparte los directamente afectados por los OGMs en México serían mayoritariamente grupos populares y campesinos, además del medio ambiente. La ley no prevé ningún mecanismo de apoyo a los grupos más vulnerables para hacer valer sus derechos y establecer las demandas correspondientes ante estas grandes multinacionales, que en contraparte, disponen de todo un aparato jurídico de expertos que fácilmente pueden vulnerar leyes tan laxas como ésta, y un estado de derecho tan endeble todavía, como el que tenemos en México.

Cuadro 19. Limitaciones para la aplicación del marco regulatorio para el sector ambiental, en torno al Maíz Transgénico, en México (hasta julio de 2007).

Ley	Especificidades de la Ley	Limitantes para aplicar la ley
LGEEPA (DOF 1988) PROFEPA (DOF 1992)	Reglamento de la LGEEPA Artículo 3. Define Biotecnología, Material Genético y Ordenamiento Ecológico (OE). Artículo 28. Evaluación del impacto ambiental. Condiciona las actividades agropecuarias que pongan en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas y desequilibrio ecológico, quienes pretendan llevarlas a cabo requerirán "Evaluación del impacto ambiental". SEMARNAT es quien la solicita si considerara que cualquier actividad con transgénicos puede dañar la salud humana o la de los ecosistemas.	No es clara su intervención y atribuciones en relación a la bioseguridad nacional con respecto a transgénicos, no es su tema, excepto en el área de programas experimentales y combate a plagas. La evaluación del impacto ambiental sólo es obligatoria en siembra de especies exóticas, híbridos y variedades transgénicas en ecosistemas acuáticos.
Ley de Bioseguridad de OGM's (DOF, 2005). SAGARPA, SEMARNAT, SSA, SHCP	"Título primero, Capítulo 1, artículo 2, fracción XI: Determinar las bases para el establecimiento caso por caso de áreas geográficas libres de OGM's en las que se prohíba y aquellas en las que se restrinja la realización de actividades con determinados OGM's, así como de cultivos de los cuales México sea centro de origen, en especial del maíz, que mantendrá un régimen de protección especial"	Único artículo donde se hace mención a las áreas protegidas, en cambio en el artículo 88 se especifica la restricción sólo si el OGMs a liberar es de la misma especie que en las áreas que se definan como centros de origen permitiendo la liberación de OGMs si se trata de especies diferentes.
	REGLAMENTO DE LA LEY DE BIOGEM (DOF, 2008). Título décimo segundo del régimen de protección especial del maíz. Capítulo único. Artículo 65. el cual se conforma por las disposiciones jurídicas relativas a bioseguridad que establezca la autoridad. Transitorio Noveno. Al año siguiente de entrada en vigor de este reglamento, la CIBIOGEN establece las políticas públicas para la protección utilización, desarrollo y aprovechamiento sustentable de especies de las que México sea centro de origen y de diversidad genética.	La SEMARNAT-SAGARPA y CIBIOGEN, emitirían las disposiciones jurídicas de bioseguridad, conformando el régimen de protección especial, en vez de ello se modifica el reglamento de la Ley de Bioseguriad de OGM's sustituyendo estas disposiciones por concesión de subsidios para la conservación y ya se autorizó la importación de algunas variedades de maíz para siembra.

(Cuadro 19. Continuación).

Ley	Especificidades de la Ley	Limitantes para aplicar la ley
Ley de Bioseguridad de OGM's (DOF, 2005). SAGARPA, SEMARNAT, SSA, SHCP	Artículo 90, se podrán establecer zonas libres de OGMs para la protección de cultivos bajo sistemas de producción orgánica y “otros de interés de la comunidad solicitante”,	Aquellos que se sientan amenazados por los OGMs deberán emprender los trámites y gastos correspondientes para demostrar “científica y técnicamente que no es viable la coexistencia de los OGMs con sus sistemas de producción”.

El marco regulatorio para el sector Sanidad Fitopecuaria-Desarrollo Rural, en torno a la protección de variedades de origen, como el maíz nativo, frente a la introducción de variedades mejoradas genéticamente, como el maíz transgénico, se basa en las siguientes leyes y sus reglamentos para su aplicación (Cuadro 20).

Para aplicar, usar o manejar material transgénico en programas experimentales, se requiere de un certificado fitosanitario expedido por SAGARPA, razón por la cual es la encargada de solicitar la evaluación de impacto ambiental en caso de sospecha, quien fundamenta su decisión en la Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) (DOF, 1994), y es aplicada por el Ejecutivo Federal. Desafortunadamente esta ley no se ha reglamentado, por lo que aún se aplica el Reglamento de la Ley de Sanidad Fitopecuaria (DOF, 1974) en la cual no se requiere el certificado, sólo supervisión, tratamiento fitosanitario y liberación sin estar sujeto a mecanismos de verificación e inspección.

La movilización nacional e importación y el establecimiento de pruebas de campo de cultivos transgénicos deben ser certificadas para exentarlas de riesgo, se obligan a cumplir ciertos requisitos fitosanitarios. La evaluación de riesgo debe ser realizada por el Subcomité Especializado de Agricultura de la DGSV y fundamentar su decisión en la Norma Oficial Mexicana NOM-056-FITO-1995, que es formulada y aplicada por la SEMARNAT, SAGARPA y SSA, pero aún está en trámite. Esta norma no cubre plantaciones comerciales de transgénicos a gran escala ni el procesamiento de granos para la producción de alimentos y no especifica una reglamentación del efecto de los

transgénicos sobre la contaminación del ambiente y la biodiversidad y el impacto a la salud humana o animal. En cambio el Proyecto de la NOM-Fito/Ecol-2001 propuesto para el mismo caso contempla:

- Certificado para Importación y Liberación al ambiente con fines comerciales y semicomerciales
- Notificación de movilización interestatal
- Revisión de las aplicaciones semicomerciales
- Medidas de seguridad
- Caracterización del producto
- Impacto al ambiente
- Revisión desde aplicación semicomercial a comercial
- Etiquetado
- Verificación

Pero aún esta no es una ley vigente.

Los requisitos para importar semillas y lineamientos para su certificación y verificación se establecen en la Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas (LSPCCS) (DOF, 1991), y el cumplimiento de su reglamentación es supervisado por SAGARPA, quien debe emitir un permiso previo y un dictamen técnico para llevar a cabo investigación con materiales transgénicos de alto riesgo pero no se hace mención de la manera en que será clasificado el riesgo. No establece requisitos posteriores a la certificación lo cual es importante debido al desconocimiento de su inocuidad alimentaria, por lo que debe ser vigilado y supervisado después del permiso para la investigación.

Los derechos de los obtentores de variedades vegetales se establecen en la Ley Federal de Variedades Vegetales (LFVV) (DOF, 1996), protegiendo la biodiversidad de las variedades vegetales que son de dominio público, otorgando a las comunidades el derecho de explotarlas racionalmente como tradicionalmente lo vienen haciendo, pero si estas variedades se contaminaran accidentalmente con las transgénicas y se

alteraran los caracteres definidos de las variedades nativas y por lo tanto su biodiversidad, la ley no contempla qué procedería en estos casos. Ni la LFVV ni su reglamento definen lo que se entiende por “vegetal”, la biotecnología trabaja con microorganismos como hongos, algas, y bacterias y se podría cuestionar si son sujetos o no de la LFVV.

Las medidas de prevención para la sanidad en la producción agropecuaria y salud pública, frente al posible riesgo de contaminación y daño a la salud al introducir organismos de origen animal y vegetal genéticamente modificados, así como la protección de los derechos del productor agropecuario, se especifican en la Ley de Desarrollo Rural Sustentable (LDRS) (DOF, 2007). Aún no está debidamente reglamentada, por lo tanto no puede ser aplicado debidamente, resultando en una falta de certeza para la seguridad de la sanidad agropecuaria y la salud pública, frente a la aprobación creciente de la importación de variedades agropecuarias genéticamente modificadas.

Cuadro 20. Limitantes para la aplicación del marco regulatorio de Sanidad Fitopecuaria y Desarrollo Rural en torno al Maíz Transgénico en México, (hasta julio de 2007).

Ley	Especificidades de la ley	Requerimiento legal	Limitantes para su aplicación
LFSV (DOF, 1994). SHCP vigila importación y exportación de vegetales, productos y subproducto. SSDS vigila plaguicidas e insumos de nutrición vegetal.	Reglamento de la LFSV Capítulo IV. Artículo 16. Control de Insumos, Actividades y Servicios. El Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario apoyará a la Secretaría en la formulación, desarrollo y evaluación de las medidas fitosanitarias. Artículo 43. “Uso y manejo de material transgénico en programas experimentales, requerirá del certificado fitosanitario sujeto a verificación e inspección”	Certificado fitosanitario para la aplicación, uso y manejo de material transgénico en programas experimentales o en el combate de plagas, expedido por SAGARPA o por el organismo acreditado.	LFSV no se ha reglamentado, continúa vigente el Reglamento de la Ley de Sanidad Fitopecuaria de 1974, ya abrogada (DOF 13 de diciembre de 1974). En el reglamento vigente, la autorización para aplicación, uso y manejo de material transgénico en programas experimentales, no requiere un certificado.

(Cuadro 20. Continuación).

Ley	Especificidades de la ley	Requerimiento legal	Limitantes para su aplicación
NOM-056-FITO-1995. SEMARNAT, SAGARPA y SSA formulan y aplican esta NORMA	Requisitos fitosanitarios para la movilización nacional, importación y establecimiento de pruebas de campo de organismos manipulados mediante la aplicación de ingeniería genética. El Subcomité Especializado de Agricultura de la DGSV es el órgano consultivo para la evaluación de riesgo desde 1988.	• Certificado fitosanitario para liberación de un producto al ambiente transgénico. • Certificado fitosanitario de importación para productos transgénicos y aviso de movilización	Sólo aplica a organismos manipulados por la ingeniería genética para pruebas de campo. No incluye un protocolo específico que se deba seguir desde la primera solicitud de ensayo del OGM hasta su desregulación, lo cual implica libertad de uso y comercialización de los productos. Ello significa una carencia en el marco regulatorio, que no garantiza la excepción de riesgo. No cubre: (i) plantaciones comerciales de transgénicos a gran escala; (ii) procesamiento de granos para la producción de alimentos; (iii) reglamentación adecuada sobre las presiones al ambiente (contaminación) y a la biodiversidad, que sean efecto directo de los transgénicos; (iv) impactos a la salud humana o animal. No se ha establecido la evaluación de riesgo, dicho instrumento está en trámite.

(Cuadro 20. Continuación).

Ley	Especificidades de la ley	Requerimiento legal	Limitantes para su aplicación
Proyecto de la NOM-Fito/Ecol-2001.	Importación, movilización y liberación al ambiente en programas piloto y con fines comerciales, de OGM's destinados al uso agrícola.	<ul style="list-style-type: none"> • Certificado para Importación y Liberación al ambiente con fines comerciales y semicomerciales • Notificación de movilización interestatal • Revisión de las aplicaciones semicomerciales. • Medidas de seguridad • Caracterización del producto • Impacto al ambiente • Revisión desde aplicación semicomercial a comercial • Etiquetado • Verificación 	Es un proyecto de ley, aún no es una ley vigente.

(Cuadro 20. Continuación).

Ley	Especificidades de la ley	Requerimiento legal	Limitantes para su aplicación
LSPCCS (DOF, 1991)	<p>Reglamento de la LSPCCS. Capítulo II. De la Investigación en materia de semillas.</p> <p>Artículo 5. Los materiales transgénicos de alto riesgo requieren permiso previo de SAGARPA.</p> <p>Artículo 6. Dictaminará cuáles materiales transgénicos serán considerados de alto riesgo, considerando: Producción de compuestos tóxicos que alteren las cadenas biológicas. Liberación de genes al medio; transmitiéndolos a especies vegetales afines, comerciales, domésticas o silvestres; producir nuevas malezas, o dominar nichos ecológicos. Contener genes que produzcan sustancias contaminantes al medio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Permiso previo de SAGARPA para llevar a cabo investigación con materiales transgénicos de alto riesgo, la cual puede ser supervisada. • Dictamen técnico de SAGARPA que determinará los materiales transgénicos de alto riesgo. Multa a quien haga investigación con material transgénico de alto riesgo sin el permiso previo de SAGARPA. 	<p>Definen al material transgénico de alto riesgo, sin embargo no se hace mención de la manera en que serán clasificados.</p> <p>Establece requisitos previos a la certificación y comercialización pero no requisitos posteriores los cuales se requieren debido a que son materiales con inocuidad desconocida como alimento, debe ser vigilado y supervisado después del permiso para la investigación.</p>

(Continuación Cuadro 20).

Ley	Especificidades de la ley	Requerimiento legal	Limitantes para su aplicación
LFVV (DOF, 1996)	<p>Artículo 1o.- Fija las bases y procedimientos para la protección de los derechos de los obtentores de variedades vegetales.</p> <p>Artículo 3, Sección XI. Protege la Biodiversidad de las variedades vegetales que son de dominio público, y que las comunidades tendrán el derecho de explotarlas racionalmente como tradicionalmente lo vienen haciendo.</p>	<p>Título de obtentor (persona física o moral que mediante un proceso de mejoramiento haya obtenido y desarrollado una variedad vegetal de cualquier género y especie).</p>	<p>Ni la LFVV ni su reglamento dan una definición de lo que se entiende por “vegetal”, la biotecnología trabaja con microorganismos como hongos, algas, y bacterias y se podría cuestionar si son sujetos o no de la LFVV.</p> <p>Las variedades de maíz genéticamente modificado tienen características especiales. Si variedades de maíz criollo o mejorado convencionalmente se contaminaran accidentalmente con las transgénicas se alteraría los caracteres definidos de las primeras. Esta ley no menciona si en estos casos se revoca el título de obtentor de las variedades mejoradas convencionales ni qué procede en caso de que la variedad contaminada sea criolla y afecte su biodiversidad.</p>

(Cuadro 20. Continuación).

Ley	Especificidades de la ley	Requerimiento legal	Limitantes para su aplicación
LDRS (DOF, 2007)	<p>Capítulo VIII. De la Sanidad Agropecuaria.</p> <p>Artículo 91.- En lo relativo a los OGM's, la política se orienta a reducir los riesgos para la producción agropecuaria y la salud pública, fortalecer la productividad agropecuaria y facilitar la comercialización nacional e internacional de los productos.</p> <p>Hace públicas las medidas de prevención para que los organismos de origen animal y vegetal genéticamente modificados sean inocuos para la salud humana</p>	Protección de los derechos del productor agropecuario.	En el artículo sexto transitorio de la LDRS, se señala que el Ejecutivo Federal cuenta con un plazo de seis meses para emitir los reglamentos correspondientes y establecer las adecuaciones estructurales y funcionales para su debido cumplimiento. Este mandato de ley, a la fecha no se ha cumplido plenamente. Esta ley aún no está debidamente reglamentada.

Los productos provenientes de plantas transgénicas están regulados a nivel general, no existen todavía las normas específicas, el pasado 9 de agosto del 2007 se dió un paso más al reformarse el reglamento de la Ley General, se incorporan al Régimen General de Control Sanitario de la Ley General de Salud (LGS), incluyéndose su importación y exportación. Por consiguiente no hay un régimen especial, como el que se aplica a estupefacientes y psicotrópicos. Lo relevante de su normatividad puede resumirse como sigue (Cuadro 21):

La Secretaría de Salud no cuenta con organismos asesores en materia de bioseguridad como expertos en biología molecular, genética, agronomía, fitomejoramiento, microbiología, ecología, entomología, bioquímica, ni ha hecho público los procedimientos requeridos para la aprobación de productos, a pesar de que hay

algunos que han sido aprobados, como el apartado en la LGS relativo a control sanitario donde se incorporó en 1997 un capítulo relativo a “Productos Biotecnológicos”. Ese capítulo define los productos para efectos de la misma Ley, establece una obligación de información (notificación) a la Secretaría de Salud (SSA) acerca de dichos productos y remite a normas oficiales mexicanas la regulación consecuente.

El Reglamento de Bienes y Servicios establece que las etiquetas de los productos biotecnológicos con respecto al etiquetado de los OGMs, de sus productos y derivados, deberán contener información respecto de las características y el riesgo que representen para la salud, conforme a lo que disponga y especifique la SSA. Al igual que la Ley General de Salud. Este reglamento remite a normas oficiales mexicanas (NOM) la determinación de “lineamientos o especificaciones sanitarias” y se expedirán por la SSA de acuerdo a su revisión caso por caso, es decir, no son obligatorias, salvo para el caso de “aquellos OGMs y productos derivados que sean significativamente diferentes respecto de los productos convencionales” (art. 101). Lo anterior representa una situación extremadamente ambigua que ha generado una amplia discusión en la comunidad científica. Aunque, el mismo artículo, sí establece la obligatoriedad de etiquetado para OGMs que sean “semillas o material vegetativo destinados a la siembra, cultivo y producción agrícola”.

La ley, por lo tanto se basa en el concepto de “equivalente substancial” entre OGMs y no GM.

La importación de alimentos o materia prima en cuyo proceso intervengan OGM's o parte de ellos, de acuerdo con el artículo 286 bis de la LGS, no requiere de autorización sanitaria previa de importación, es suficiente con que el interesado presente certificado sanitario del país de origen para autorizar la introducción de sus productos, para que no haya una limitación específica para su internación en el país.

Cuadro 21. Limitantes para la aplicación del marco regulatorio para Maíz Transgénico (MT) en el Sector Salud e Inocuidad Alimentaria en México (hasta julio de 2007).

Ley	Especificidades de la Ley	Limitantes para aplicar la Ley
LGS (1984)	<p>Título Duodécimo. Capítulo XII bis. Productos biotecnológicos.</p> <p>Artículo 282 bis. “Se considera producto biotecnológico a: alimentos, ingredientes, aditivos, materias primas, insumos para la salud, plaguicidas, sustancias tóxicas o peligrosas, y sus desechos, en cuyo proceso intervengan organismos vivos o parte de ellos, modificados por técnica tradicional o ingeniería genética”</p> <p>Artículo 282 bis1 y bis2 “El fabricante de productos biotecnológicos o derivados, destinados al uso o consumo humano, lo reportará a la SSA. Su etiquetado deberá regularse por las normas oficiales mexicanas”</p>	<p>La determinación de lineamientos o especificaciones sanitarias de este reglamento remiten a normas oficiales mexicanas (Reglamento de la LGS de Control Sanitario de Productos y Servicios). Reglamentación en proceso, lo que dificulta definir el etiquetado de estos productos.</p>
LGS (1984) (Continuacion)	<p>Título Duodécimo. Capítulo XII bis.</p> <p>Artículo 286 bis. Los productos biotecnológicos no requieren de autorización sanitaria previa de importación, el importador debe presentar el certificado sanitario expedido por la autoridad sanitaria del país de origen o por laboratorios nacionales o extranjeros autorizados por la secretaría de salud o secretaría de comercio y fomento exterior (Secofi) y avisar a la SSA del arribo y destino de los productos.</p>	<p>En el caso de los productos transgénicos para consumo humano procedentes de Estados Unidos o Canadá, no se solicita análisis sanitario supervisado por la SSA para confirmar la importación del producto. No hay una limitación específica para su internación en el país, por lo que ésta se considera legal. El interesado puede presentar certificado sanitario del país de origen y se autorizar la introducción de sus productos.</p>

(Cuadro 21. Continuación).

Ley	Especificidades de la Ley	Limitantes para aplicar la Ley
Reformas a la LGS (1997). En proceso	<p>Reglamento de la LGS</p> <p>Título Décimo. Publicidad de productos biotecnológicos. Capítulo Único. Artículo 71. La Secretaría determinará la información y leyendas de advertencia que deberá incluir la publicidad de estos productos.</p> <p>Título Undécimo. Autorizaciones y Avisos. Capítulo I Artículo 72. Si no se da un plazo específico para resolver sobre una solicitud, serán cuarenta días y la secretaria no podrá negar la autorización por falta de información.</p> <p>Capítulo II. Permisos Artículo 79. La publicidad requiere permiso de la SSA.</p>	<p>Si los alimentos o materia prima biotecnológicos son importados a México como alimentos o materia prima no biotecnológicos, no requerirán, por la Secretaría de Salud, de permisos de publicidad de productos biotecnológicos (sólo lo requerido para un alimento no biotecnológico) lo que facilita su comercialización y llegan al consumidor sin que este pueda diferenciar entre alimentos procesados con OGM's o no.</p>

(Cuadro 21. Continuación).

Ley	Especificidades de la Ley	Limitantes para aplicar la Ley
<p>Reglamento de la LGS de Control Sanitario de Productos y Servicios. (DOF, 1999) (Segunda Sección).</p>	<p>Artículo 164. Aplica a los fabricantes de alimentos, ingredientes, aditivos o materias primas para uso o consumo humano, en forma directa o indirecta, que deriven o en su proceso intervengan organismos o parte de ellos y que han sufrido cualquier manipulación genética.</p> <p>Artículo 165. Deberán presentar información a la Secretaría de Salud, que demuestre la inocuidad y estabilidad de los mismos, y su comercialización se sujeta a la evaluación de las autoridades sanitarias respectivas.</p> <p>Artículo 166. Las etiquetas deberán contener información sobre características y riesgo que representen éstos a la salud humana conforme a lo que disponga y especifique la Secretaría para el caso.</p> <p>Artículo 167. En las normas se establecerán los lineamientos o especificaciones sobre actividades, establecimientos, productos y servicios.</p>	<p>Problemas en el etiquetado de transgénicos:</p> <p>La Ley Federal de Protección al Consumidor. Artículo 5°, exige información clara, veraz y suficiente sobre componentes e ingredientes de los alimentos procesados con transgénicos. Para cumplir con lo anterior se requieren: métodos certificados que determinen si el producto contiene o no transgénico; identificar el transgénico y su porcentaje en el alimento; un sistema de etiquetado donde se pueda explicar lo anterior en pocas palabras; y que le interese al público.</p> <p>Nuestra sociedad sabe poco o nada respecto a los productos procesados con OGM's y para que esta información les sea de interés primero deben saber de que se trata.</p>

Hasta el 2004 México no había autorizado ninguna variedad transgénica para cultivo comercial pero seis para importación con fines de alimentación, forraje o procesamiento (SSA-COFREPIS, 2003). Por lo que las importaciones pueden contener una mezcla de variedades autorizadas y no autorizadas. Una de las conclusiones presentadas por la Comisión para la Cooperación Ambiental (2004) fue que las importaciones mexicanas de maíz estadounidense son transgénicas en una proporción de 25 a 30 por ciento. Las importaciones anuales de maíz proveniente de Estados Unidos, país donde se han

desregulado diversas variedades derivadas de la ingeniería genética, son del orden de cinco millones de toneladas. Después de la cosecha no se etiqueta ni se separa el maíz transgénico, sino que éste se mezcla con el grano no transgénico. Los embarques de grano enviado a México, no son separados, de manera que el maíz transgénico probablemente viene mezclado con el normal (Stephen, 2004).

Esto evidencia el riesgo que se tiene al no estar claro qué es aplicable y qué no, por lo que hay una debilidad en la legislación mexicana; y por consiguiente se tienen o se dan importaciones esporádicas fuera de la ley como se documentan algunos casos en Veracruz en el 2005, Michoacán y Sinaloa en el 2006, Chihuahua y Tamaulipas en el 2007 (Green Peace México, consultado en Octubre del 2009, <http://www.gmcontaminationregister.org>).

La bioseguridad e inocuidad alimentaria nacional está en manos de tres sectores: salud, agropecuario y ambiental, y las regulaciones de cada sector están poco relacionadas entre sí, debido a que son sectores especializados, falta coordinación entre estos tres diferentes sectores administrativos a nivel federal, estatal e intersectorial para tener continuidad en la aplicación de la reglamentación. La reglamentación mexicana en torno a la importación de organismos vivos modificados debe ser más específica y debe asegurarse que haya comunicación clara y oportuna tanto con las empresas privadas, productores y la sociedad en general, sobre beneficios, riesgos y regulación en relación a la adopción de estos productos.

Las regulaciones no abarcan temas como autorización para comercio de OGM's o certificación de inocuidad. Al establecerse tan lentamente las regulaciones en México, y con el avance tan rápido de la biotecnología, la brecha va en aumento, por lo que es difícil tener regulaciones adecuadas que garanticen el uso de la biotecnología salvaguardando la biodiversidad y salud humana. Por lo que es importante la interacción entre los diferentes sectores involucrados para llegar pronto a una regulación adecuada que garantice la bioseguridad nacional y la inocuidad de los alimentos. La divulgación de la situación nacional con respecto a la posible introducción de los cultivos transgénicos así como la importación de alimentos que

dentro de su formulación contengan alimentos transgénicos, debe ser clara y oportuna para que el ciudadano tenga el conocimiento adecuado, como lo marca la Ley General de Salud, y pueda elegir cultivarlos, consumirlos o no hacerlo.

Se han realizado estudios sobre la inocuidad de las proteínas en agrobiotecnología, desde el punto de vista científico (FAO/WHO, 2008), de expertos internacionales de la industria y la academia. Éste se enfoca en la evaluación de seguridad de las proteínas alimenticias, considerando las bases biológicas de las mismas y las pruebas de evaluación de seguridad de los futuros productos biotecnológicos que se encuentran en desarrollo (Hammond *et al.*, 2007). Pero la evaluación sólo se puede comprobar sobre los resultados a futuro, por lo que es importante darle seguimiento a los productos biotecnológicos que sean aprobados para su importación a un país cuya base alimenticia es el maíz.

La Ley de Bioseguridad de OGMs en México no evita la introducción de granos transgénicos al país desde la perspectiva ambiental establece lineamientos para el control de importaciones de estos granos, su uso y destino, y el control en su aplicación para evitar su propagación. Para el caso de granos transgénicos autorizados para consumo, de acuerdo a la ley el punto importante para la biodiversidad de México, es evitar que existan desviaciones en el uso real de estos granos y no se utilicen como semillas.

Las empresas dedicadas a la certificación de alimentos o materia prima transgénica son: GENETIC-ID (www.genetic-id.com), CERT-ID (www.cert-id.com), kanematsu-Corp (www.kanematsu.co.jp), GE-Free Pammark Faros Ltd (www.urec.net/users/pammark/gmo.htm), SGS (www.sgs.com). Aunque los laboratorios de análisis certificados son de alta calidad para diagnosticar o certificar las variedades transgénicas, falta conformar los laboratorios certificados de muestreo. Por lo que aunque existe la tecnología adecuada para detectar introgresión de variedades transgénicas en los cultivos nacionales, no se han tomado muestreos representativas en los estados de la república, principalmente en fronteras y puertos comerciales, que garanticen el conocimiento de los materiales que se están importando.

9.2. Percepción y conocimiento de los productores sobre la semilla de maíz transgénico y conocimiento de los consumidores sobre los alimentos con componentes de origen transgénico en el estado de Veracruz, México

Los dos cuestionarios aplicados en el estado de Veracruz (2006-2007), arrojaron los siguientes resultados:

9.2.1. Grado de percepción y conocimiento de los agricultores sobre el maíz transgénico y cómo afectaría a sus cultivos de maíz tradicional

En la zona norte del Estado de Veracruz, la participación de la mujer en el campo es de 43% y es la más alta del estado (Figura 29), posiblemente debida a que la cercanía con la frontera de EUA favorece la migración del género masculino, obligando a la mujer a tomar parte del trabajo en el campo. En la zona centro, la participación de la mujer es la más baja (18%). En esta zona la agricultura es muy importante para la economía del estado, por lo que la participación masculina es muy alta (82%). En la zona sur, la participación de la mujer en el campo es intermedia comparada con las otras dos zonas (23%). Esta zona es altamente industrial (Álvarez, 2005) y la mano de obra masculina está mayormente ocupada, por lo que la mujer participa mas en las actividades agrícolas.

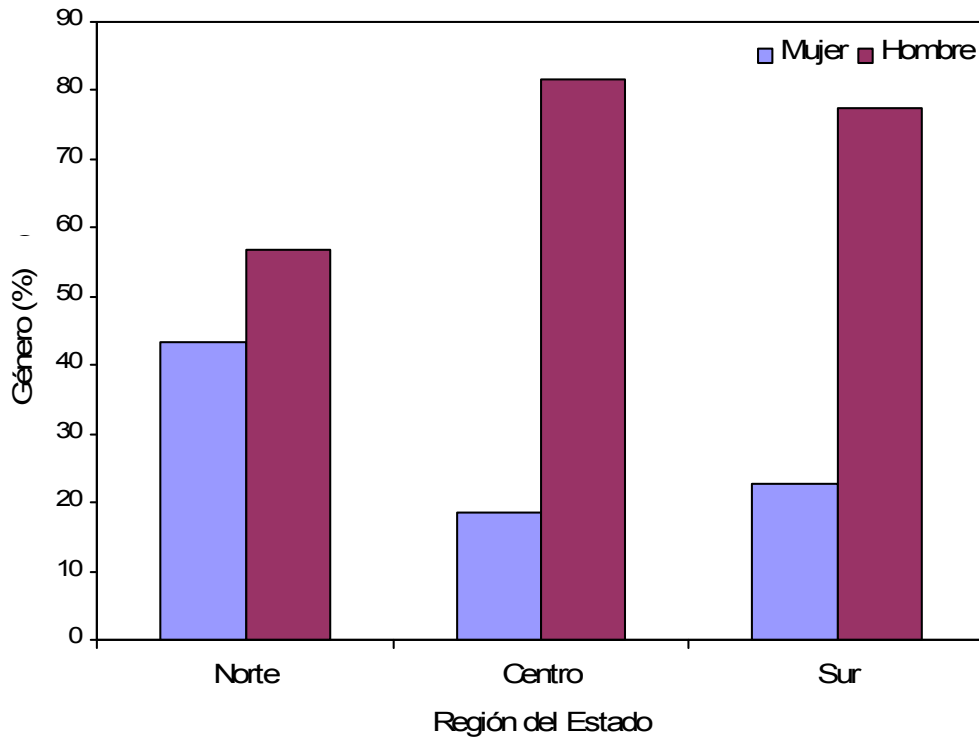


Figura 29. Clasificación de los campesinos entrevistados, por género y por región del estado de Veracruz. Datos de 2006.

En la zona norte del estado de Veracruz los agroecosistemas ganaderos predominan (la ganadería es una de las principales actividades y ahí es donde se concentran de la mayoría de los campesinos activos. Esta es la zona de más bajos ingresos *per cápita* y tamaños de población inferiores a las otras regiones (Aguilar, 2005), pudiendo ser esta la razón de que la zona norte de Veracruz presente la mayor proporción, de todo el estado, de jóvenes campesinos menores de 30 años involucrados en el cultivo de maíz (17%) con fines de autoconsumo. En la zona centro los agroecosistemas agrícolas juegan un papel muy importante (la agricultura es una actividad económica muy importante), donde destaca el cultivo de maíz al que destinan una mayor superficie agrícola (SAGARPA, 2005) y por esta razón en esta zona se encuentra el mayor porcentaje de campesinos activos de 30 a 60 años de edad (69%) (Figura 30).

La proporción de agricultores entrevistados mayores de 60 años de edad es igual en

las zonas norte y centro (26%), siendo mayor en la zona sur (42%); probablemente debido a lo anterior, La inclinación a otras actividades comerciales que sean redituables, por parte de campesinos activos de 30 a 60 años de edad, como el emplearse en la agricultura extensiva (uso de variedades de semilla de maíz mejorado), puede deberse a que cuentan con áreas de cultivo mayores y planas (Cuadro 4), otra de las actividades adoptadas son, principalmente, emplearse en la industria petrolera, o en el sector servicios, lo que obliga all campesino adulto (mayor de 60 años) a mantener el cultivo tradicional quedando el cultivo y el valor cultural del maíz criollo en sus manos, lo que puede llevar a una pérdida del conocimiento del manejo del germoplasma local.

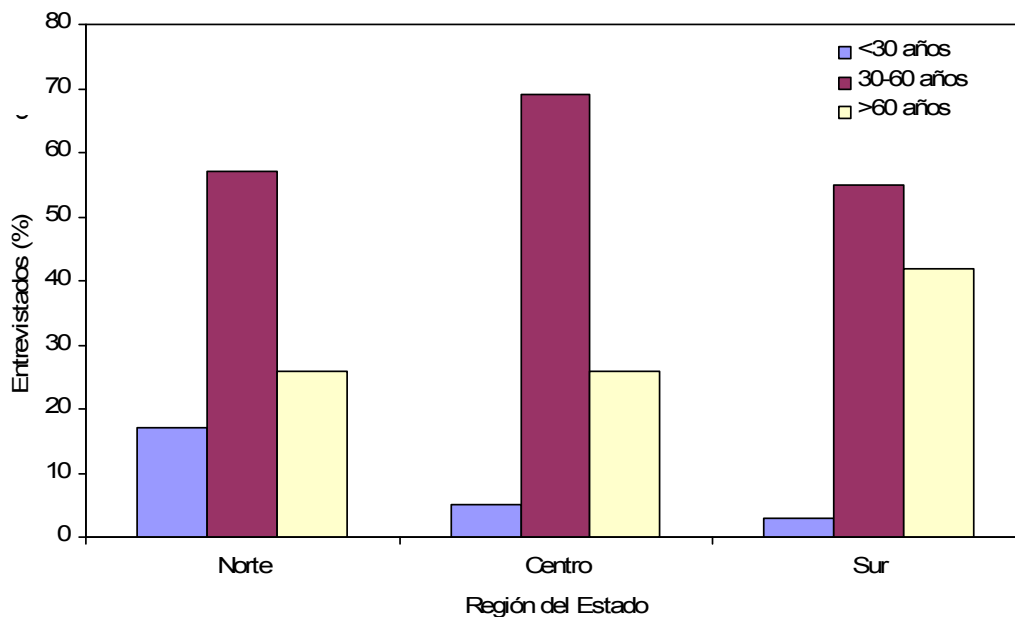


Figura 30. Clasificación de los agricultores entrevistados, por edad y por región del estado de Veracruz. Datos de 2006

El promedio de escolaridad de los entrevistados en actividades agrícolas en todo el estado de Veracruz es bajo (cuatro años) (Figura 31), lo cual limita, hasta cierto punto, la interpretación de la información sobre variedades de maíz transgénico; por lo tanto la reglamentación concerniente a las consecuencias de encontrar variedades de maíz transgénico dentro de cultivos criollos y/o mejorados pudiera ser mal interpretada en las

repercusiones sobre la diversidad biológica de las poblaciones de maíz, su inocuidad como alimento, a su soberanía sobre sus variedades de semilla de maíz criollo y por lo tanto afecten su forma de vida.

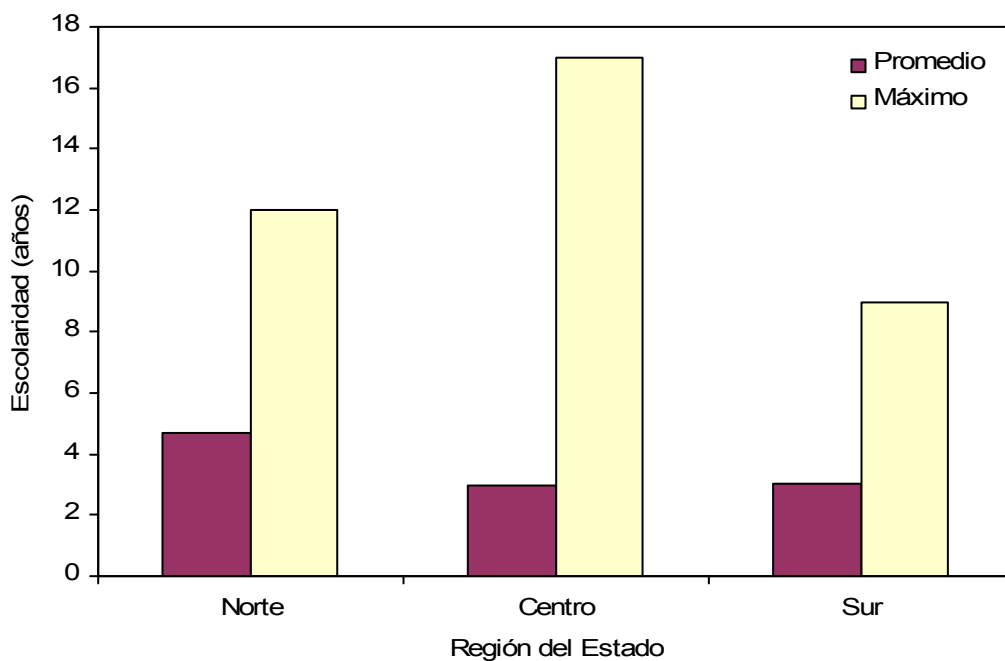


Figura 31. Escolaridad de los campesinos entrevistados, por región del estado de Veracruz. Datos de 2006.

En las tres zonas del estado de Veracruz se conserva el cultivo de variedades criollas principalmente para autoconsumo, y las variedades de maíz híbrido se adoptan como cultivos comerciales en zonas donde el relieve permite su cultivo. En Veracruz norte los agricultores dedican en promedio el 42% de su predio agrícola al cultivo de maíz (Cuadro 22), del cual sólo el 30% tiene destino comercial (Figura 32), y representa sólo el 5% de sus ingresos familiares que es el menor de todo el estado como se puede observar en la Figura 33. Topográficamente el relieve sinuoso disminuye la posibilidad del cultivo comercial de variedades de maíz híbrida y se destaca la mayor preferencia, en las tres zonas por el cultivo de variedades criollas (82%) (Figura 32). Este cultivo se utiliza principalmente para autoconsumo, nivel más alto (70%) (Figura 34) de las tres zonas, y es considerado muy importante en su cultura (85%) (Figura 35). Esta es la

zona donde se encuentra la mayoría de los agroecosistemas milpa.

En la zona centro se encuentran desde relieves sinuosos y altos, como Zongolica en las regiones Montañas con 1200 msnm, que favorecen los agroecosistemas milpa donde se cultiva maíz criollo, hasta regiones planas, en más del 50% de la zona, cercana al nivel del mar como Ignacio de la Llave con 10 msnm, donde se favorecen agroecosistemas con maíz comercial extensiva de variedades mejoradas. Por lo que en la zona sur el 52% de los predios agrícolas se destinan al cultivo del maíz, cantidad mayor que en el norte (Cuadro 3), de los cuales el 33 % tiene destino comercial (Figura 34) y representa el 19% del ingreso familiar (Figura 33). Consecuentemente los agroecosistemas milpa con maíz criollo en esta zona tiene menor preferencia para un 70% de los productores (Figura 35), su destino para autoconsumo asimismo es ligeramente menor (67%) (Figura 34) y culturalmente se considera menos importante que en la zona norte (71%) (Figura 35).

En la zona sur el relieve es predominantemente plano favorece la agricultura comercial extensiva. El cultivo de maíz predomina en los agroecosistemas y los productores destinan el 73% de sus predios agrícolas a este cultivo (Cuadro 22), el mayor del estado; del cual el 38% es para uso comercial (Figura 34) que aporta el 29% al ingreso familiar (Figura 33). Aunque la preferencia por las variedades de maíz criollo es del 70%, igual que en la zona centro, (Figura 35), el autoconsumo es el más bajo, un 62% (Figura 34); por lo que es la zona del estado donde un 65% considera menos importante culturalmente a las variedades de maíz criollo (Figura 35).

Cuadro 22. Tamaño promedio de predio y superficie sembrada con maíz por zona en el Estado de Veracruz. Datos 2006.

	Zona Norte		Zona Centro		Zona Sur	
	Total (ha)	Con Maíz (ha)	Total (ha)	Con Maíz (ha)	Total (ha)	Con Maíz (ha)
Mínimo	1	0.25 (25%)	0.75	0.5 (66.7%)	0.5	0.5 (100.0%)
Promedio	4.9	2.08 (42.4%)	5.9	3.07 (52.0%)	4.9	3.56 (72.7%)
Máximo	40	8 (20%)	50	40 (80%)	16	15 (93.8%)

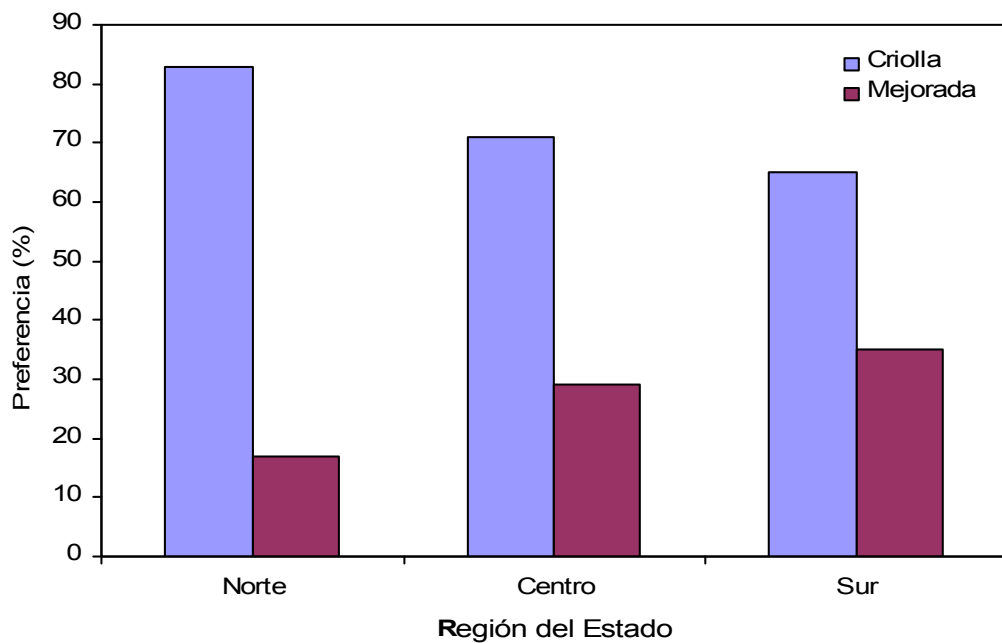


Figura 32. Preferencia de semilla de maíz para siembra, por región del estado de Veracruz. Datos de 2006.

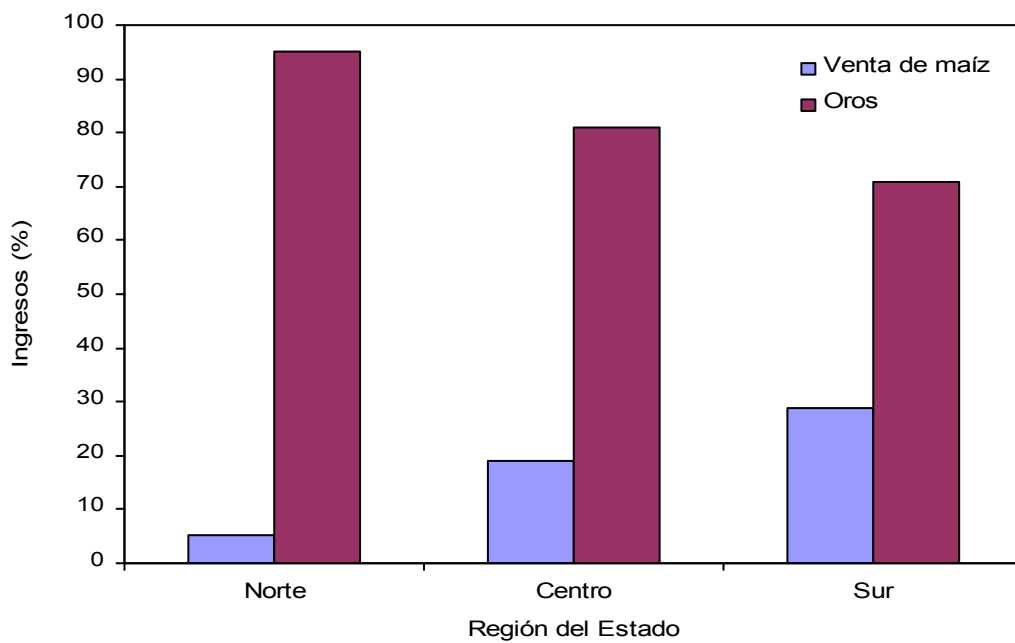


Figura 33. Porcentaje del ingreso familiar por la venta de maíz, por región en el Estado de Veracruz. Datos de 2006

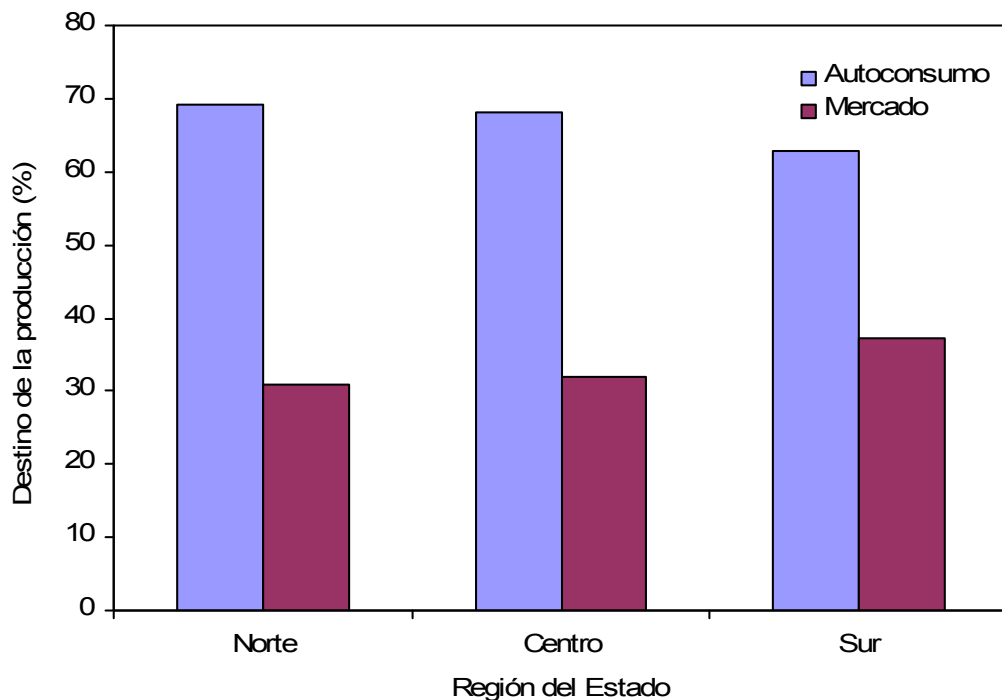


Figura 34. Destino de la producción de maíz por región, en el estado de Veracruz. Datos obtenidos en 2006.

En las tres zonas productoras de maíz en el estado de Veracruz existe heterogeneidad para la producción de maíz con destino a autoconsumo y comercial, como reporta Brush y Chauvet (2004). Para los agricultores entrevistados, la importancia del maíz criollo es proporcional a su autoconsumo e inversa a la comercialización de la semilla y adopción de variedades mejoradas, localizándose la mayor importancia cultural, y por consecuencia a la mayoría de los agroecosistemas milpa, en la zona norte (85%), seguida de la zona centro (71%) y finalmente por un 70% en la zona sur (Figura. 35). Aún así la proporción de la importancia del cultivo de maíz criollo es alta en las tres zonas, sea que el cultivo se haya industrializado con variedades mejoradas o se tenga una zona industrial que ofrezca mejores fuentes de empleo, los productores tratan de conservar sus variedades criollas.

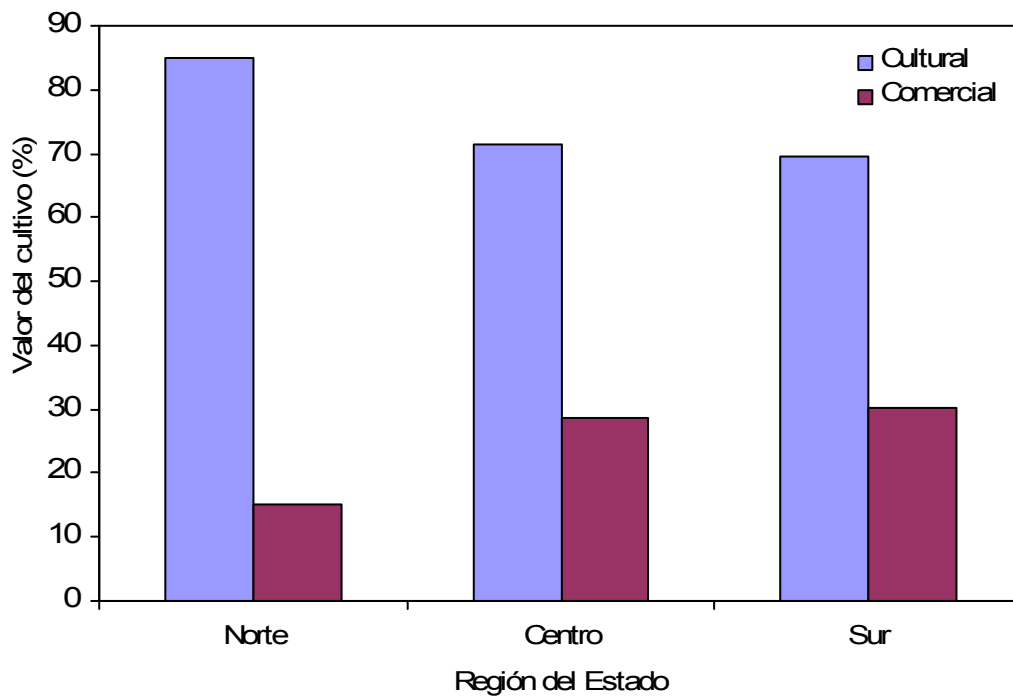


Figura.35. Importancia del maíz en la vida diaria del agricultor Veracruzano, por región del estado. Datos de 2006.

La comercialización del maíz, local o regional se realiza por intermediarios que son agentes comerciales que abastecen y venden maíz a los industriales del nixtamal como Maseca y Minsa. Los grandes productores venden a Cargill.

Desde el punto de vista de apreciación cultural, el maíz obtuvo la más alta preferencia sobre el resto de los cultivos. El maíz se siembra como monocultivo para consumo humano y/o para forraje, o asociado con cultivos como frijol, chile, naranja, café, camote, hule, entre otros en los agroecosistemas milpa.

En opinión de los agricultores entrevistados, las características que determinan la preferencia de las variedades de maíz criollo, en orden de importancia, son: sabor, olor y textura de las tortillas (29%), valor cultural (22%), adaptación ecológica a la región (22%), rendimiento (14%) y durabilidad en almacén como semilla (13%). Mientras que las principales características que hacen atractiva a la semilla mejorada son:

adquisición gratuita a través del gobierno municipal (37%), rendimiento (33%) y demanda del producto final en el mercado (30%).

Los agricultores seleccionan sus variedades de maíz criollo, de acuerdo con sus preferencias en características como grosor del olote, tamaño del grano, facilidad para el desgrane, precocidad, color de grano, entre otros. Esta selectividad del agricultor demuestra el profundo conocimiento que tiene de sus variedades criollas y del uso de éstas. Los agricultores que cultivan maíz criollo generalmente tienen semilla propia o bien la adquieren en su misma localidad.

La semilla mejorada es adquirida en locales comerciales o mediante venta subsidiada del gobierno municipal correspondiente. Esto último, aunado a la promoción de las variedades mejoradas con la promesa de compra del producto final. Lo anterior puede resultar en el abandono y pérdida de la semilla criolla como ocurrió en el municipio de Paso de Ovejas, Ver. (zona centro) donde uno de los entrevistados que había sembrado semilla de maíz otorgada por el gobierno del estado, nos mostró la semilla cosechada degenerada (era bofa por lo que no dura en almacén y se quiebra) y él la nombra como arrocillo. En este mismo sentido, en un estudio de Nadal (2002) se expone que la falta de comercialización del cultivo de maíz criollo obliga a los agricultores con conocimiento y experiencia en el cultivo tradicional a emigrar en busca de mejores oportunidades económicas o a adoptar variedades mejoradas lo que igual resulta en la pérdida de sus variedades tradicionales y de los agroecosistemas tradicionales de milpa en el estado de Veracruz.

Para los agricultores entrevistados, los indicadores del aprecio cultural del maíz criollo provienen de la función que dicho grano ocupa en la vida diaria de los agricultores, tanto en el consumo humano como tortilla o como parte de sus platillos típicos y de sus actividades culturales y sociales. El uso como forraje y la durabilidad del grano en almacén de más de un año asegura tener provisiones para consumo humano y animal. La venta del grano contribuye al ingreso familiar y la adaptación ecológica al ambiente local y al bajo uso de insumos le permite al agricultor mayor certeza de obtener cosecha y con poca inversión económica.

Este trabajo no trata de evaluar el conjunto de valores asociados al manejo de la diversidad del maíz, analiza la importancia que el cultivo de maíz tiene en la vida diaria del agricultor tomando algunos criterios de valor que proporcionados por los mismos agricultores, y que se trata más a fondo en el trabajo de tesis reportado por Escobar Moreno (2006). En su tesis están incluidos estos criterios de valor, por lo que sólo podemos inferir que el valor del cultivo de maíz criollo no se basa sólo en lo económico sino en varios factores por lo que lo consideramos de valor multicriterial. Partiendo de la importancia que el cultivo de maíz tiene para el agricultor veracruzano, podemos decir que es importante para el mantenerse informado sobre lo que es una semilla transgénica, las ventajas que le ofrece y las posibles repercusiones sobre los cultivos de maíz nativo, pudiendo crear su propio concepto de la nueva semilla y saber si requieren o no adoptarla.

El conocimiento del maíz transgénico (MT) es casi nulo para la mayoría de los agricultores entrevistados en todo el estado de Veracruz (Figura 36); sólo 5% en el sur, 10% en el norte y 25% en el centro, dijo haber escuchado hablar del MT en la televisión, sin tener claro el tema o las posibles consecuencias económicas, legales o ambientales de su adopción como cultivo en nuestro país.

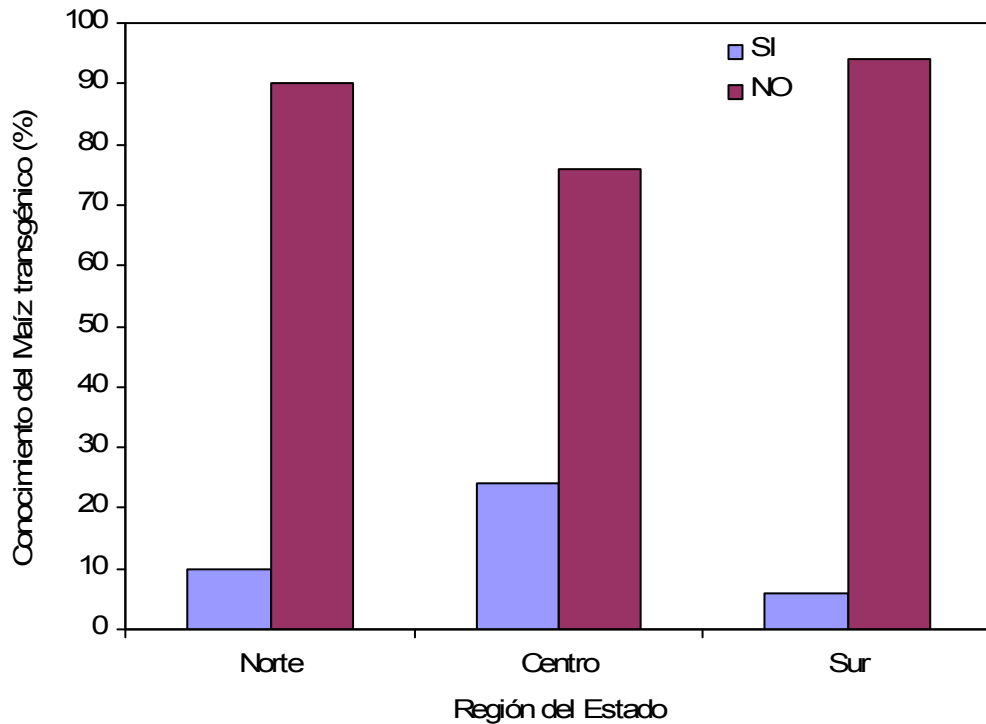


Figura 36. Conocimiento de maíz transgénico por agricultores entrevistados en el estado de Veracruz, por región. Datos 2006.

Una vez que se explicó a los campesinos veracruzanos entrevistados que cultivan maíz, qué es una semilla de maíz transgénico (MT) la respuesta fue: los que cultivan maíz para autoconsumo, 66% no sembrarían MT, debido a que el valor cultural es el principal indicador de preferencia del maíz criollo, por lo tanto no tienen razón para cambiarlo; mientras los agricultores que cultivan maíz con fines comerciales, 33% probablemente verán el uso de variedades de MT como la oportunidad para disminuir los costos de cultivo y aumentar sus ganancias.

La falta de subsidios al cultivo de maíz en México, la apertura comercial con el TLCAN con el subsiguiente encarecimiento de grano nacional, seguida de la dependencia de importaciones estadounidenses para cubrir el consumo nacional, provoca que el productor de maíz vea en la posible entrada de variedades mejoradas, cultivos prometedores con mayor rendimiento y bajos costos de producción y como una

posibilidad de mejorar su economía (Nadal, 2004). Con los resultados de esta encuesta se comprobó que, para los entrevistados que cultivan semilla híbrida mejorada comercial, no se percibe a la adopción de la semilla transgénica como una fuerte competencia para los agricultores que cultivan maíz híbrido, ni para la seguridad de un mercado para sus variedades mejoradas, incluso lo adoptarían, pero desean mantener sus variedades nativas.

Comparando el cultivo de maíz con otros granos básicos como el arroz, cuya producción nacional era suficiente para cubrir el consumo interno, fue casi abandonado con la apertura comercial (Perales, *et al.* 2004 (a y b)), debido a que su valor es sólo comercial y no cultural-ambiental, se desplomó por otras opciones de cultivo más redituables económicamente, situación que no sucede con el cultivo de maíz. Aunque no tenga apertura comercial, el maíz tiene un fuerte arraigo cultural-ambiental y su abandono no está contemplado como una opción para el sector rural. Sin embargo, el abandono del cultivo de maíz nativo, y como consecuencia los agroecosistemas milpa, puede resultar en un fuerte impacto principalmente en el sector campesino en cuanto a: su economía, costumbres alimenticias, disponibilidades para autoconsumo, bajo poder adquisitivo para productos procesados, cambio en costumbres religiosas, cambios sociales y posible migración de zonas campesinas a urbanas.

El sector campesino está resuelto a continuar cultivando variedades criollas o nativas de maíz, es importante mantener estos cultivos libres de contaminación con variedades de maíz transgénico. Deben ampliarse monitoreos, vigilancia y muestreo para conocer el estatus de los cultivos nativos en el estado. Las variedades nativas deben estar libres de eventos transgénicos, hasta ahora no han autorizado variedades de maíz transgénico para cultivo y la normatividad en relación a estos cultivos, decreta vigilar las importaciones desde su llegada hasta su destino.

9.2.2. Grado de conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de alimentos transgénico y productos de su dieta que los contienen

Con respecto a los consumidores, entre un 10 y 14% de los entrevistados se ha

enterado por televisión del término maíz transgénico (Cuadro 23). Cuando se preguntó por la certeza de si algunos de los alimentos que consumen contienen o no productos transgénicos, el tema fue completamente desconocido para ellos. Al presentarles la siguiente lista de alimentos procesados con transgénicos, reportados por Green Peace (2006), tales como Harinas: Maicena, Maseca, Minsa; frijoles: La Sierra, Sabormex; productos para Bebés: Enfapro, Kindercal, Miel Karo, Nan; bebidas: Ades, Bébere, Clight, Gatorade; cereales: Nutri Grain Kellogg's, Princesas Kellogg's, Quaker PepsiCo, Zucaritas Kellogg's, Zucosos Nestlé; pan y galletas: Empanizador Kellogg's, Lonchibon Bimbo, Galletas Kraker Bran, Galletas Lara, Galletas Nabisco Kraft, galletas Gamesa PepsiCo, Tía Rosa, Suandy Bimbo, Wonder; sopas y pastas: Sopas Knorr, Maggi, Maruchan, Nissin, Rosa Blanca; tortillas: Milpa real, Tía Rosa; entre otros. Los consumidores admitieron haber consumido más de uno, en el 100% de los casos.

Cuadro 23. Identificación de alimentos transgénicos por el consumidor común en los municipios de; Poza Rica (zona norte), Veracruz y Xalapa (zona centro), y Coatzacoalcos (zona sur) del estado de Veracruz. Datos de 2007

Producto que el consumidor reconoce	Norte (%)		Centro (%)		Sur (%)	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Alimento transgénico (AT): trigo, papa, soya, fresa, entre otros.	14	86	18	82	10	90
Maíz Transgénico (MT)	14	86	18	82	10	90
Alimentos procesados con MT: Harinas (Maseca), leches infantiles (NAN), cereales (Quaker), pan y galletas (Gamesa), sopas y pastas (Maruchan), tortilla (Milpa Real, Tía Rosa), entre otros.	0	100	0	100	0	100
Certeza de no consumir alimentos transgénicos	0	100	0	100	0	100
Consumo de (AT) sin conocimiento (ver texto)	100	0	100	0	100	0

En las respuestas sobre su conocimiento de alimentos transgénico, algunos comentarios fueron las siguientes: “he oído que estos productos causan deformaciones”, “me dijeron que los cultivos crecen deformes”, “sólo los ignorantes se oponen a la ciencia”, “¿es verdad que los alimentos se están acabando y es la única manera de asegurar alimentos para el futuro”, “¿Me lo estoy comiendo? ¿eso es malo?”. Esta situación de desconocimiento de los transgénicos por parte de los consumidores no cumple con el compromiso que México adquirió al suscribirse al

Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología, cuyo compromiso es difundir a todos los ciudadanos en México el conocimiento y estado actual de los Organismos Genéticamente Modificados.

El conocimiento por agricultores y consumidores de maíz, de la situación nacional con respecto a la posible introducción de los cultivos transgénicos y de la importación de alimentos que dentro de su formulación contengan alimentos transgénicos debe ser clara y oportuna para que el ciudadano tenga el conocimiento adecuado, como lo marca la Ley General de Salud (DOF, 1997), y tenga la libertad con pleno conocimiento de cultivar o consumir dichos productos o no hacerlo.

9.3. Incursión de maíz transgénicos a cultivos locales, variedades convencionales nativas o criollas de maíz, en el Estado de Veracruz

Hasta el momento de la colecta no se había autorizado la siembra de variedades de maíz transgénico para uso comercial y/o autoconsumo, ni se había permitido su importación para consumo humano, solo para consumo animal. Por tal razón se esperaba un resultado negativo a la presencia de proteína transgénica en cada una de las localidades muestreadas y en las muestras, reportadas como híbridas, recolectadas en las bodegas del puerto de Veracruz. No obstante se encontraron variedades que resultaron positivas con el equipo de prueba (Cuadro 24).

Cuadro 24. Muestras colectadas en municipios del estado de Veracruz, 2006-2007, Positivas a RuR, Cry3Bb, Cry1Ab

Muestra	L	S	Zona	Municipio	Comunidad	Variedad	Año
1	si	si	Centro	Texonapa	Las Josefinas	Criollo	2006
1 ^a	si	si	Centro	Texonapa	Las Josefinas	Criollo	2007
2	si	no	Centro	Veracruz	Maseca Ver.	Blanco	2007
3	si	si	Centro	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	2006
4	si	si	Centro	Soledad Doblado	Laguna Blanca	Palo Verde V-507	2006
5	si	si	Centro	Veracruz	API Veracruz	Amarillo	2007
6	si	si	Centro	Huatusco	Comalapa	Criollo Blanco	2007
7	si	si	Centro	Huatusco	Chavaxtla	V-536	2007

(Cuadro 24. Continuación)

Muestra	L	S	Zona	Municipio	Comunidad	Variedad	Año
8	si	si	Centro	Huatusco	La Raya	Jazmín	2007
9	si	si	Norte	Pánuco	Ejido Palma Reales	Criollo Blanco	2006
10	si	si	Norte	Ozuluama	Ejido Alto Del Pozo Viejo	Criollo Blanco	2006
11	no	si	Norte	Ozuluama	Ranchería Tanceme	Blanco Original	2006
12	no	si	Norte	Ozuluama	Ranchería Tanceme	Criollo Amarillo	2007
13	si	si	Centro	Soledad Doblado	Paso Lagarto 1	V-536	2007
14	si	si	Centro	Soledad Doblado	Paso Lagarto 2	Palo Verde V-507	2006
15	si	si	Centro	Ignacio de la Llave	El Mangal 1	HV-537	2007
16	si	si	Centro	Ignacio de la Llave	El Mangal 2	Criollo Blanco	2006
17 ^a	si	no	Centro	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	2007
17B	si	no	Centro	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	2006
18	no	no	Centro	Huatusco	Chavaxtla	Maíz Crema	2006
19	no	no	Norte	Tuxpan	Rancho Tampamache	Criollo	2006
20	si	si	Centro	Veracruz	CP Veracruz	CP-560	2007
21	no	si	Sur	Lerdo de Tejada	Centro	VS-536	2007
22	no	si	Centro	Veracruz	API Veracruz	Amarillo	2007
23	no	si	Norte	Chicontepec	Pastoría	Criollo Blanco	2006
24	no	si	Norte	Martínez de La T.	Graciano Sanchez 2	Criollo Blanco	2007
25	no	si	Sur	Lerdo de Tejada	Santa Teresa	Criollo Blanco	2007
26	no	si	Sur	Santiago Tuxtla	Buenavista	Híbrido	2007
27	no	si	Norte	Martínez de La T.	Tierra Blanca	Criollo Blanco	2007
28	no	si	Sur	Santiago Tuxtla	Santiago Tuxtla	Criollo Blanco	2007
29	no	si	Sur	Lerdo de Tejada	Santa Teresa	Criollo Blanco	2007

NOTA: En rojo las guardadas en el Instituto Tecnológico de Veracruz. En negro las guardadas en Perote. En azul las guardadas en CP Veracruz. Las muestras del 2007 se recolectaron en ese año pero eran almacenamiento del 2006.

De acuerdo con la normatividad en torno a las variedades de maíz importado, corresponde a la SSA el vigilar que las variedades declaradas como híbridos mejorados no sean transgénicos y para las declaradas como variedades de maíz mejoradas genéticamente y autorizadas para consumo animal o para investigación realmente sea la variedad y destino autorizado. No obstante en este sondeo

exploratorio se obtuvieron resultados positivos para proteína transgénica dentro de muestras criollas, híbridos nacionales e híbrido no transgénico importado de EEUU muestreados en bodegas del muelle del puerto de Veracruz (Figura 37 y Figura 38). Stephen (2004) señala que el maíz importado de EEUU (del orden de 5 millones de toneladas) puede venir mezclado el transgénico con el normal debido a que allá se han desregulado y que luego de la cosecha no se etiqueta ni se separa el maíz transgénico, por lo que los embarques de grano enviados a México no son separados y el maíz transgénico probablemente viene mezclado con el normal. Los resultados de la presente investigación comprobaron esta probabilidad.



Figura 37. Ejemplo de resultados positivos para proteína transgénica, con muestras de maíz colectadas en comunidades del municipio de Huatusco el 30 de enero del 2006.

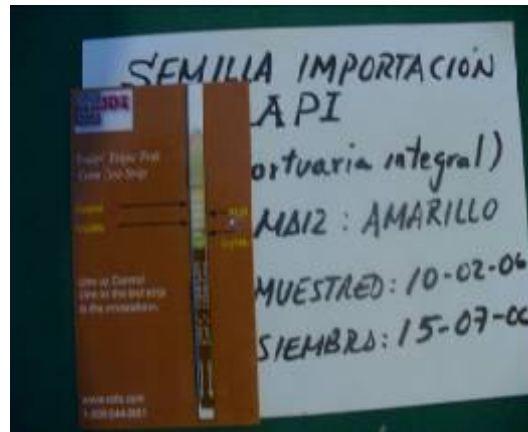


Figura 38. Ejemplo de resultados positivos para proteína transgénica de muestras tomadas de las bodegas del muelle del puerto de Veracruz en Febrero del 2006.

Como se mencionó, el método de detección de proteína transgénica en variedades de maíz criollo y/o mejorado, sólo detecta la proteína Cry1Ab y RUR cuando se encuentra en diluciones del 0.5% o más y la Cry3Bb en diluciones del 2% o más. Como consecuencia, de las variedades que resultaron negativas a esta prueba, solo podemos concluir que se necesitan técnicas más sensibles a la presencia de la introgresión transgénica, por lo tanto se confirmaran las variedades muestreadas que dieron positivas, con la técnica de PCR en punto final y posteriormente un método más sensible, como PCR en tiempo real (puede detectar diluciones del 0.01%), como respaldo de los resultados positivos.

9.3.1. Confirmación de la inserción del transgén en muestras colectadas en el Estado de Veracruz, que resultaron positivas a la presencia de proteína transgénica por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) en punto final

De 117 muestras colectadas a lo largo del estado de Veracruz, debido a la falta de un lugar apropiado para almacenamiento y manejo de las muestras, 26 se perdieron antes de realizarle pruebas. De las 91 restantes 44 resultaron negativas y se encuentran en el CP Montecillo. De las 47 que resultaron positivas 17 se perdieron en el almacenamiento y sólo quedaron 30 para continuar analizando por PCR. Por el escaso presupuesto sólo se pudieron analizar las muestras que dieron resultados positivos a la presencia de proteína transgénica.

Resultdos del análisis de las muestra de maíz criollo o mejorado tradicionalmente, colectadas a lo largo del estado de Veracruz en el 2006-2007, con los primers o iniciadores 5, 10, 11 y 14

Para el primer (5) se encontró positivo para las muestras: 11, 12, 15, 16, 17A, 17B, CP-560, 21, 22, 23, 25 (Figura 39). Para el primer (10) positivo para las muestras: 1, 1A, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, CP560, 17A, 25 (Figura 40) y en el duplicado del primer 10 los positivos fueron para las muestras: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17A, 17B, CP-560, 21, 22 (Figura 41). Para el primer (11) positivo para todas las muestras pero la respuesta del blanco (B73) no es clara (Figura 42). Para el primer (14) no hay amplificación clara por lo que se descarta para las siguientes pruebas (Figura 43).

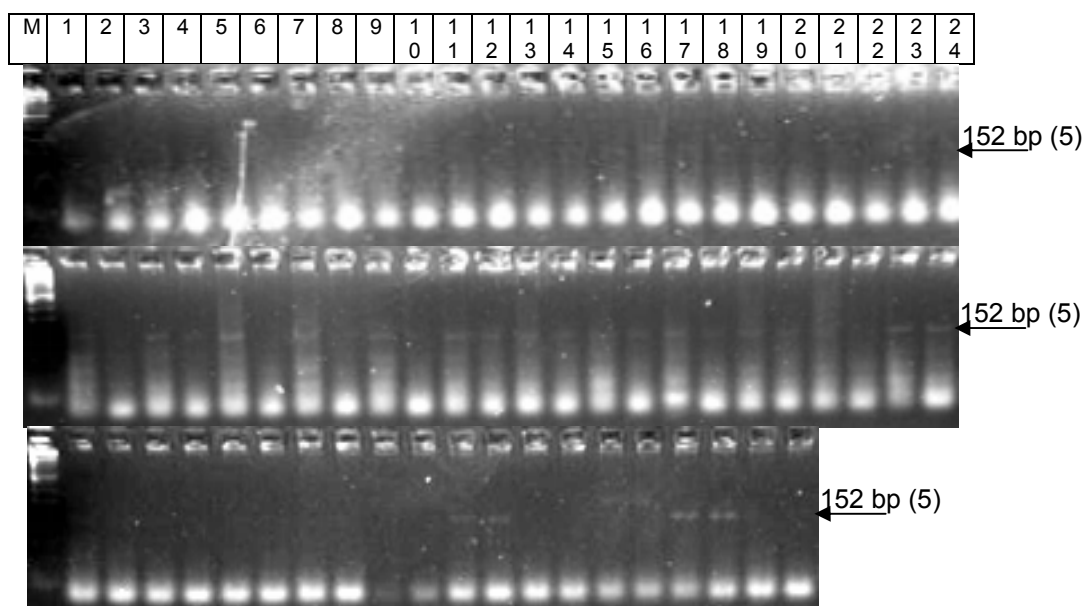


Figura 39. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz para P (5). Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Se utilizó el par de primers para detección de Cry1A(b) (5) (152bp) con, línea 1, carril 1-24: A1, A1, 1, 1, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6, 7, 7, 8, 8, 9, 9, 10, 10, 13, 13, 14, 14. Línea 2, carril 1-24: 15, 15, 16, 16, 17A, 17A, 17B, 17B, CP-560, CP-560, 11, 11, 12, 12, 21, 21, 22, 22, 23, 23, 24, 24, 25, 25. Línea 3, carril 1-18: 26, 26, 27, 27, 28, 28, 29, 29, 2, 2, Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810. Línea 3 carril 19-20: B73, B73, control negativo (DNA no template) con primer (5). M, 50 bp tamaño estándar del marcador. De los controles positivos solo amplifica el primer para Bt y Bt/MON810. El control negativo no amplifica. Las muestras problema son positivos para las siguientes muestras de maíz en línea 2: 11, 12, 15, 16 17A, 17B, CP-560, 21, 22, 23 y 25.

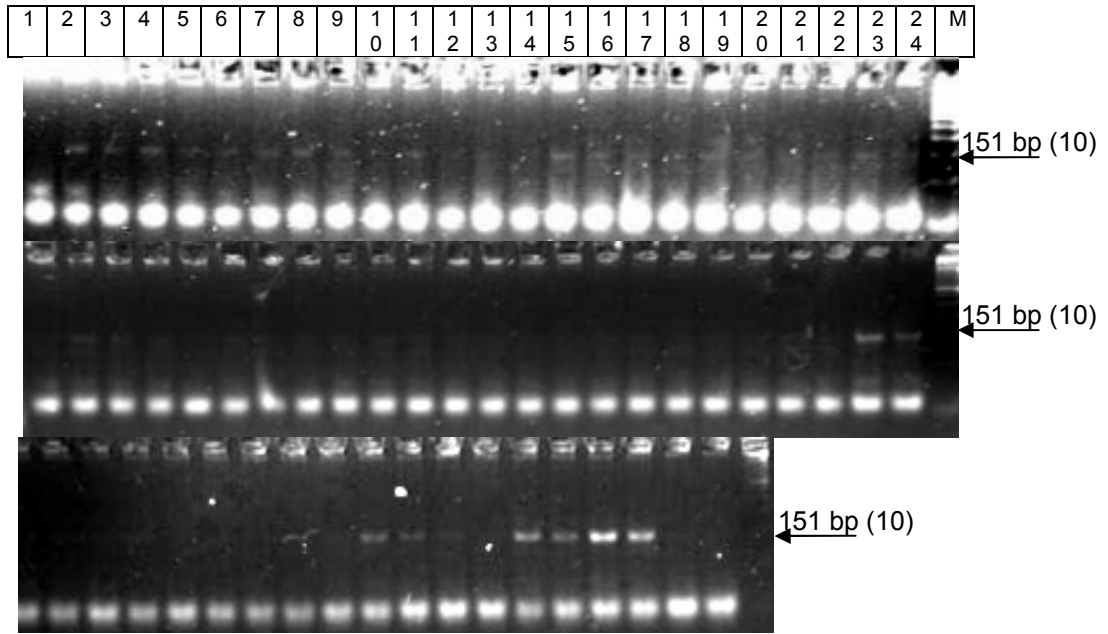


Figura 40. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz para P (10). Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Se utilizó el par de primers para detección de NOS ter (10) (151bp) con, línea 1, carril 1-24: A1, A1, 1, 1, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6, 7, 7, 8, 8, 9, 9, 10, 10, 13, 13, 14, 14. Línea 2, carril 1-24: 15, 15, 16, 16, 17A, 17A, 17B, 17B, CP-560, CP-560, 11, 11, 12, 12, 21, 21, 22, 22, 23, 23, 24, 24, 25, 25. Línea 3, carril 1-17: 26, 27, 27, 28, 28, 29, 29, 2, 2, Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810. Línea 3 carril 18-19: B73, B73, control negativo (DNA no template) con primer (10). M, 50 bp tamaño estándar del marcador. De los controles positivos solo amplifica el primer para Bt, MON 802 y Bt/MON810. El control negativo no amplifica. Las muestras problema son positivas para las siguientes muestras: 1, 1A, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 25, 17A, CP-560, 2.

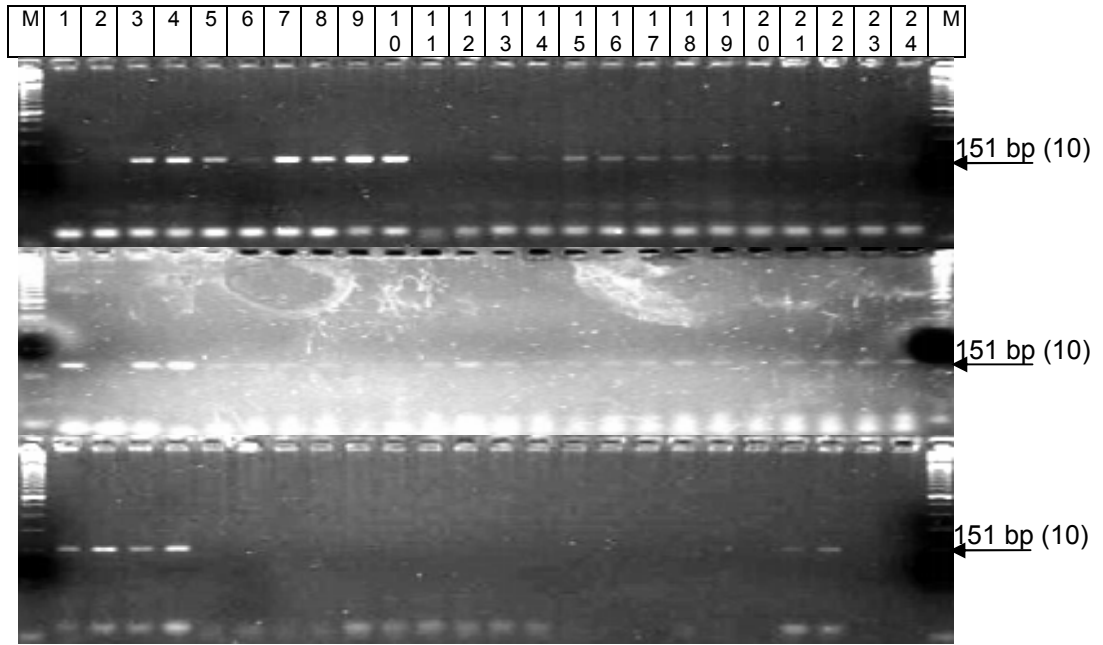


Figura 41. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz para P (10). Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Se utilizó el par de primers para detección de NOS ter (10) (151bp) con, línea 1, carril 3-24: Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810, A1, A1, 1, 1, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6, 7, 7. Línea 2 carril 1-24: 8, 8, 9, 9, 10, 10, 13, 13, 14, 14, 15, 15, 16, 16, 17A, 17A, 17B, 17B, CP-560, CP-560, 11, 11, 12, 12. Línea 3 carril 1-24: 21, 21, 22, 22, 23, 23, 24, 24, 25, 25, 26, 26, 27, 27, 28, 28, 29, 29, 0, 0, 2, 2, 0, 0. Línea 1 carril 1-2: B73, B73, control negativo (DNA no template) con primer (10). M, 50 bp tamaño estándar del marcador. De los controles positivos amplifica el primer para Bt, MON 802, MON810 y Bt/MON810. El control negativo no amplifica. Las muestras problema son positivas para las siguientes muestras: 1, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17A, 17B, CP-560, 21, 22, 2.

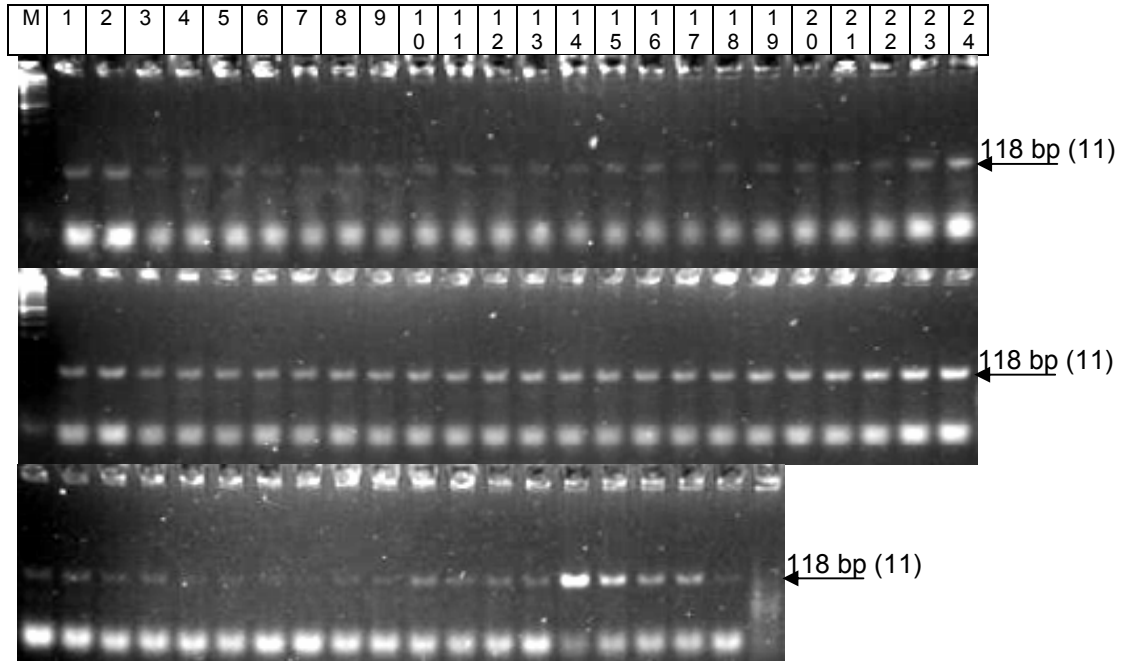


Figura 42. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz para P (11). Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Se utilizó el par de primers para detección de epsps (11) (118bp) con, línea 1, carril 1-24: A1, A1, 1, 1, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6, 7, 7, 8, 8, 9, 9, 10, 10, 13, 13, 14, 14. Línea 2, carril 1-24: 15, 15, 16, 16, 17A, 17A, 17B, 17B, CP-560, CP-560, 11, 11, 12, 12, 21, 21, 22, 22, 23, 23, 24, 24, 25, 25. Línea 3, carril M-17 (no hay marcador): 26, 26, 27, 27, 28, 28, 29, 29, 2, 2, Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810. Línea 3 carril 18-19: B73, B73, control negativo (DNA no template) con primer (11). M, 50 bp tamaño estándar del marcador. De los controles positivos amplifica el primer para Bt, MON 802, MON810 y Bt/MON810. El control negativo no es clara su respuesta. Todas las muestras problema amplificaron con el primer (11), son positivos.

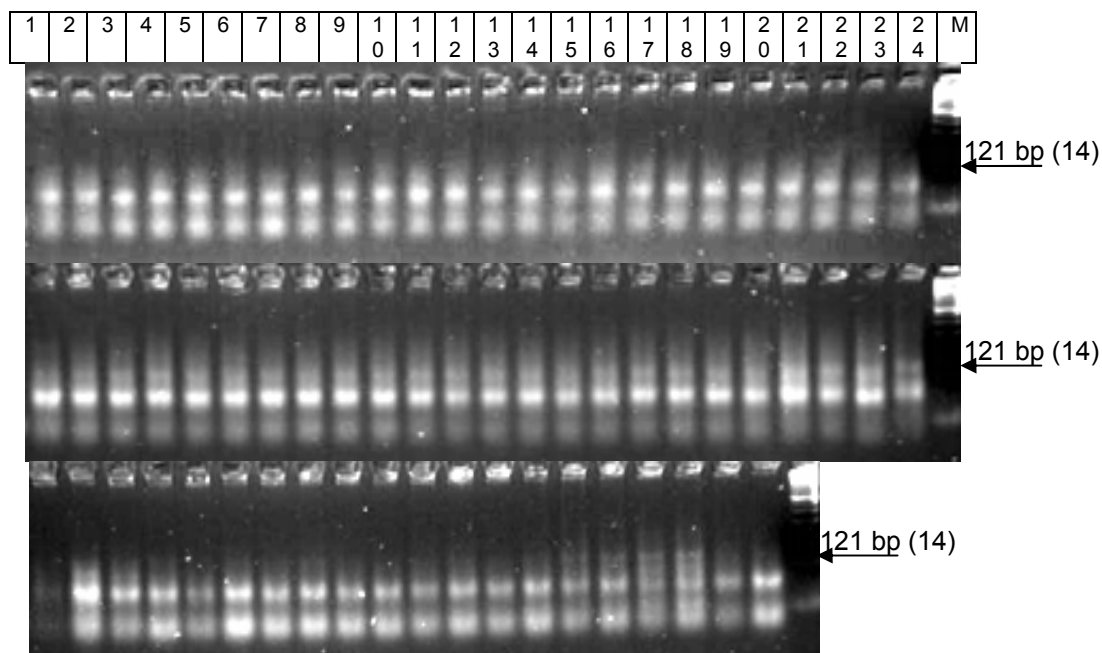


Figura 43. Electroforesis en gel de agarosa de productos amplificados por PCR de maíz para P (14). Las flechas indican los productos esperados por amplificación de PCR. Se utilizó el par de primers para detección de rAct (14) (121bp) con, línea 1, carril 1-24: A1, A1, 1, 1, 3, 3, 4, 4, 5, 5, 6, 6, 7, 7, 8, 8, 9, 9, 10, 10, 13, 13, 14, 14. Línea 2, carril 1-24: 15, 15, 16, 16, 17A, 17A, 17B, 17B, CP-560, CP-560, 11, 11, 12, 12, 21, 21, 22, 22, 23, 23, 24, 24, 25, 25. Línea 3, carril 1-18: 26, 26, 27, 27, 28, 28, 29, 29, 2, 2, Bt, Bt, MON810, MON810, MON802, MON802, Bt/MON810, Bt/MON810. Línea 3 carril 19-20: B73, B73, control negativo (DNA no template) con primer (14). M, 50 bp tamaño estándar del marcador. La respuesta es poco clara. Se descarta el primer (14).

Resultados del Análisis de todos los bulks con los primers (10) y (11)

PP (10): Todos los bulks de todas las muestras (151 bp). Para la muestra 1A, 1, 21, 28, la respuesta es muy tenue. Las muestras 15, 16, 29, 2, el primer o iniciador para Bt y el control negativo B73 se observa respuesta negativa. Las muestras 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 17A, 17B, 20, 22, 23, 27, son positivas. Los controles positivos RR/Bt, RR1 y RR2 tienen una respuesta muy tenue, por lo que es difícil definir que las muestras que tuvieron una respuesta tenue o negativa realmente sean negativas, deben realizarse análisis de sensibilidad mayor para muestras muy diluidas (Figuras 44-48).

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

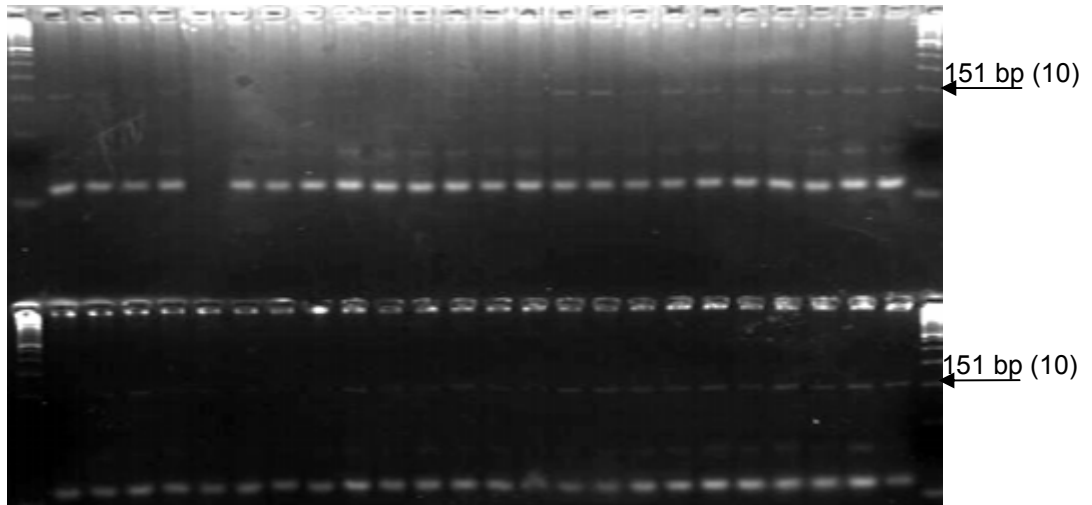


Figura 44. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter con 151 bp con las siguientes muestras: Línea 1, muestras: 1A carril 1-7, 1 carril 8-14, 3 carril 15-21, 4 carril 22-24. Línea 2, muestras: 4 carril 1-5, 5 carril 6-13, 6 carril 14-18, 7 en carril 19-24.

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

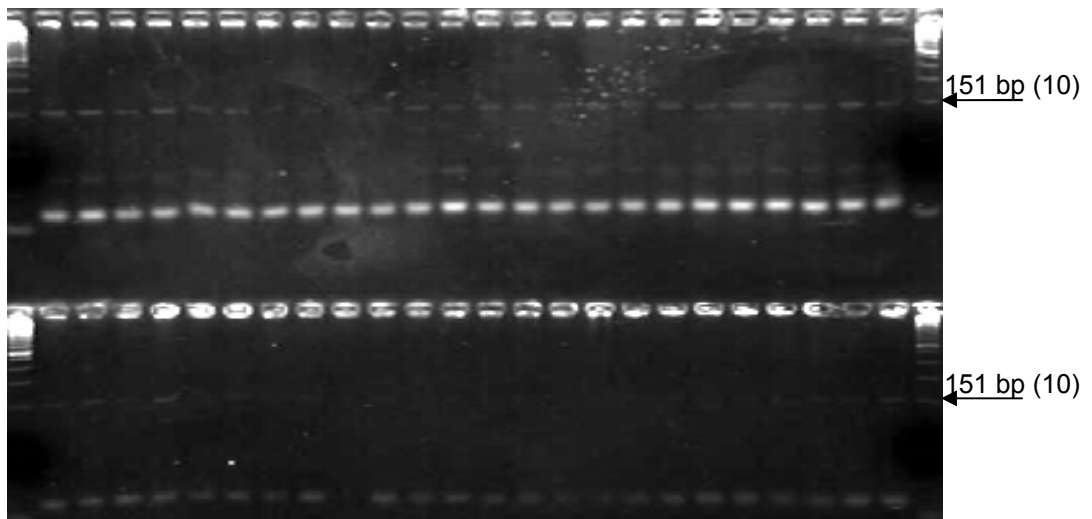


Figura 45. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter con 151 bp con las siguientes muestras: Línea 1, muestras: 8 carril 1-7, 9 carril 8-13, 10 carril 14-19, 13 carril 20-24. Línea 2, muestras: 13 carril 1, 14 carril 2-6, 15 carril 7-12, 16 carril 13-19, 17A carril 20-24.

M	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	M
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

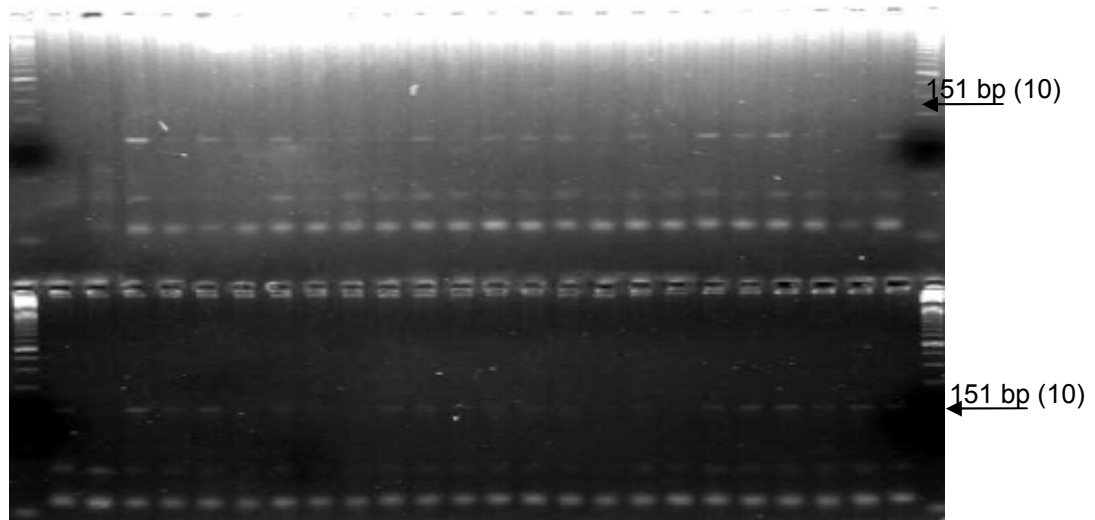


Figura 46. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter con 151 bp con las siguientes muestras: Línea 1, muestras; 17A carril 1-2, 17B carril 3-9, 20 carril 10-17, 11 carril 18-24. Línea 2, muestras; 11 carril 1, 12 carril 2-9, 21 carril 10-12, 22 carril 13-16, 23 carril 17-24.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	M
--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	---

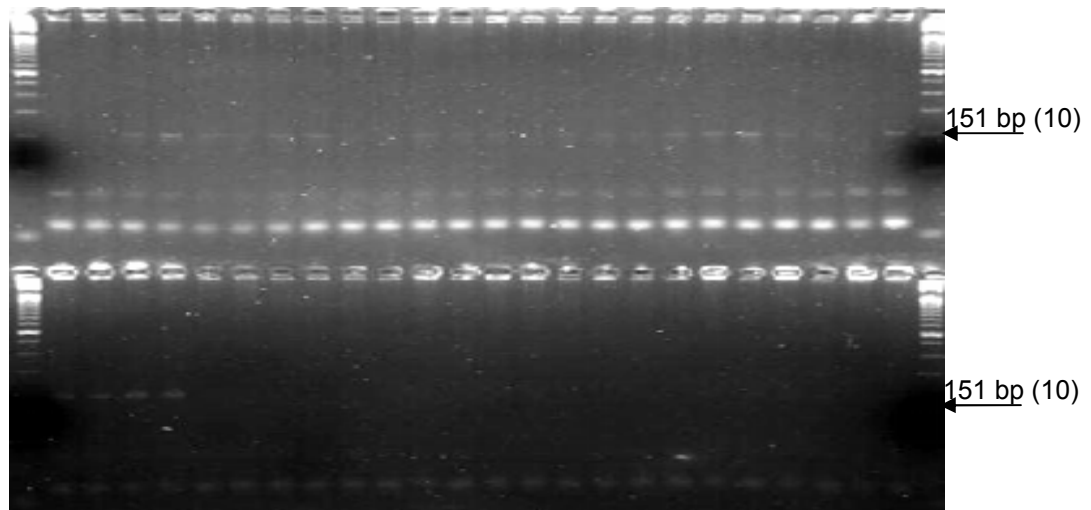


Figura 47. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter con 151 bp con las siguientes muestras: Línea 1, muestras: 24 carril 1-8, 25 carril 9-15, 26 carril 16-20, 27 carril 21-24. Línea 2, muestras: 27 carril 1-2, 28 carril 3-10, 29 carril 11-18, 2 carril 19-21, B73 carril 22-24.

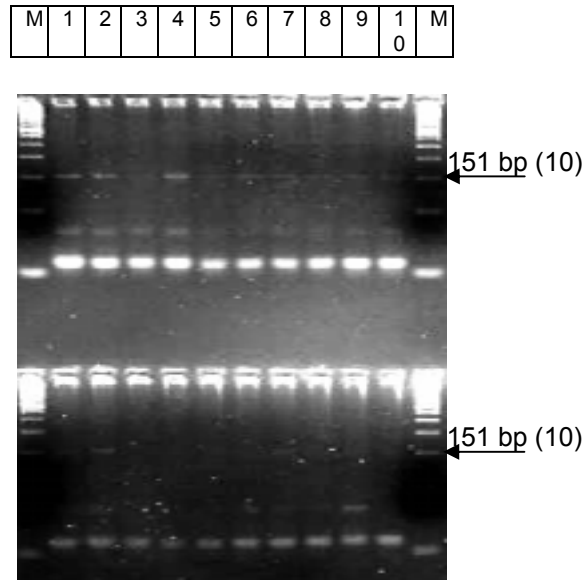


Figura 48. Primers (10) NOS ter 3-5'/ NOS ter 3-3', segmento de ADN NOS ter con 151 bp con las siguientes muestras: Línea 1, muestras: RR1 carril 1-5, RR2 carril 6-10. Línea 2, muestras: RR/Bt carril 1-5, Bt carril 6-10

PP (11): incluye a todos los bulks de todas las muestras (118 bp). Las muestras positivas fueron: 1, 1A, 3 (sólo en 3 de 6 carriles), 4, 5, 16, 6, 7, 8, 9, 10 (sólo en 5 de 6 carriles), 13, 14, 25, 26, 27, 28, 29, 2. Las muestras negativas fueron: 15, 17A, 17B, 20, 11, 12, 21, 22, 23, 24 el primer o iniciador para Bt y el control negativo B73. Los controles positivos RR/Bt, RR1 y RR2 tienen una respuesta muy tenue, por lo que es difícil definir que las muestras que tuvieron una respuesta tenue o negativa realmente sean negativos, deben realizarse análisis de sensibilidad mayor para muestras muy diluidas (Figuras 49-54).

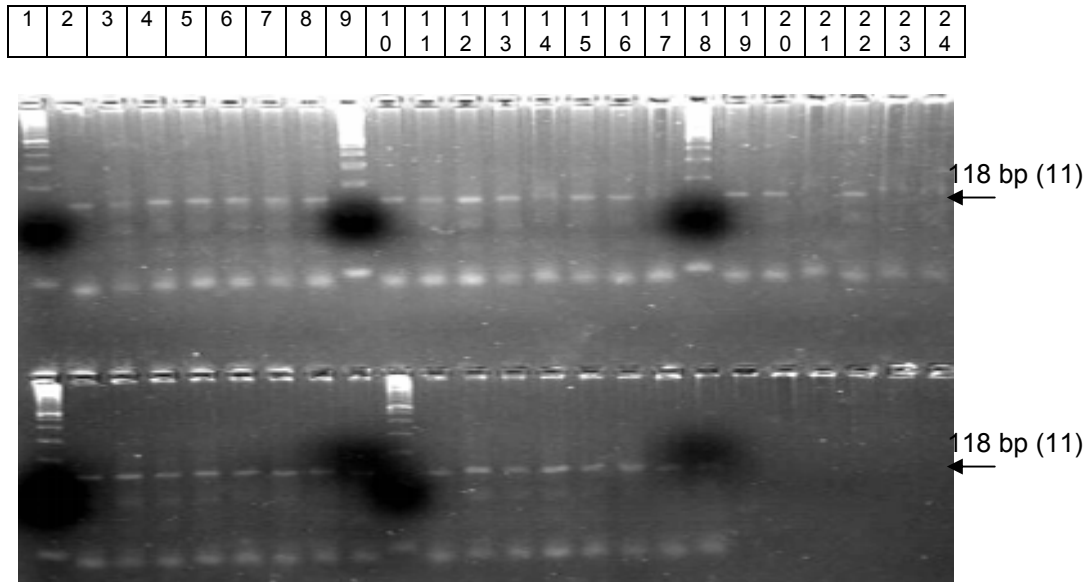


Figura 49. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps con 118 bp. El marcador (50bp) en la línea 1 en el carril 1, 9 y 18 y en la línea 2 en el carril 1 y 10. Con las siguientes muestras: Línea 1 muestras: 1A en 7 carriles, 1 en 8 carriles, 3 en 6 carriles. Línea 2 muestras: 4 en 8 carriles, 5 en 8 carriles.

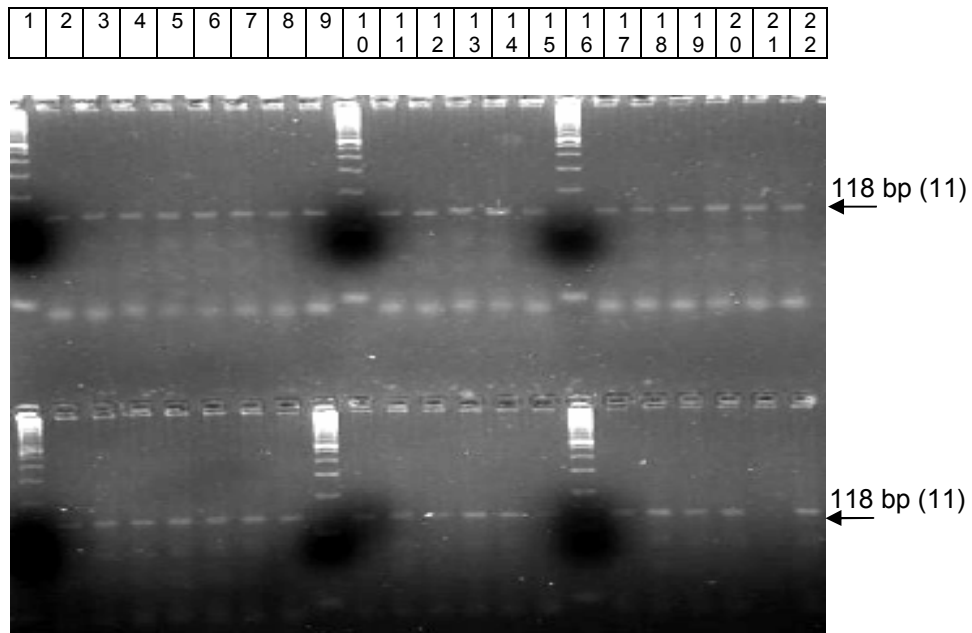


Figura 50. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps con 118 bp. El marcador (50bp) en la línea 1 en el carril 1, 10 y 16 y en la línea 2 en el carril 1, 9 y 16. Con las siguientes muestras: Línea 1 muestras: 16 en 8 carriles, 6 en 5 carriles, 7 en 6 carriles. Línea 2 muestras: 8 en 7 carriles, 9 en 6 carriles, 10 en 6 carriles.

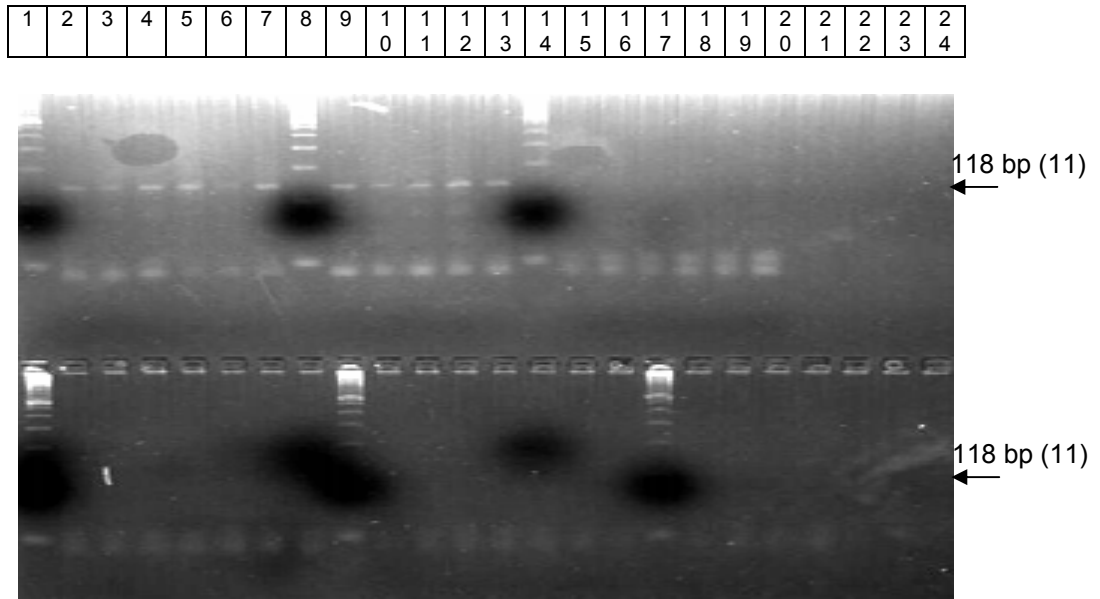


Figura 51. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps con 118 bp. El marcador (50bp) en la línea 1 en el carril 1, 8 y 14 y en la línea 2 en el carril 1, 9 y 17. Con las siguientes muestras: Línea 1 muestras: 13 en 6 carriles, 14 en 5 carriles, 15 en 6 carriles. Línea 2 muestras: 17A en 7 carriles, 17B en 7 carriles, 20 en 7 carriles.

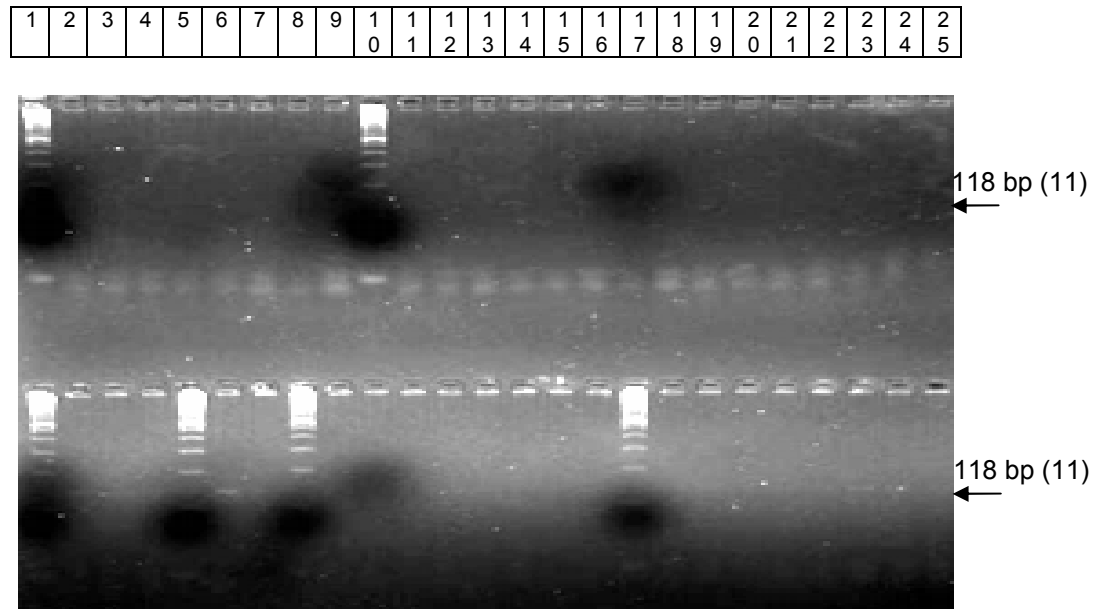


Figura 52. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps con 118 bp. El marcador (50bp) en la línea 1 en el carril 1 y 10 y en la línea 2 en el carril 1, 5, 8 y 17. Con las siguientes muestras: Línea 1 muestras: B73 (control negativo) en 8 carriles, 11 en 8 carriles, 12 en 8 carriles. Línea 2 muestras: 21 en 3 carriles, 22 en 2 carriles, 23 en 8 carriles 24 en 8 carriles.

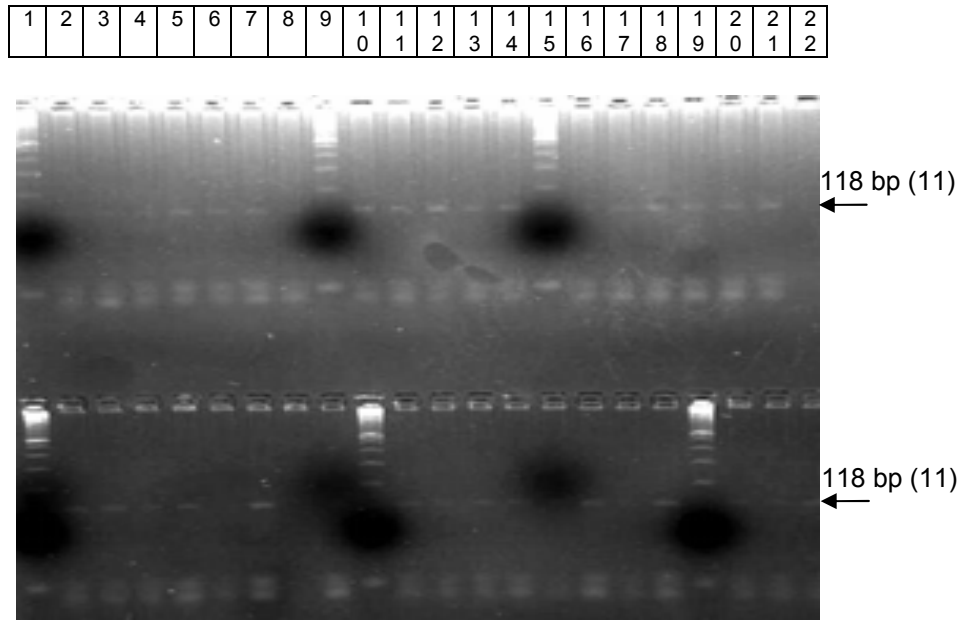


Figura 53. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps con 118 bp. El marcador (50bp) en la línea 1 en el carril 1, 9 y 15 y en la línea 2 en el carril 1, 10 y 19. Con las siguientes muestras: Línea 1 muestras: 25 en 7 carriles, 26 en 5 carriles, 27 en 6 carriles. Línea 2 muestras: 28 en 8 carriles, 29 en 8 carriles, 2 en 3 carriles.

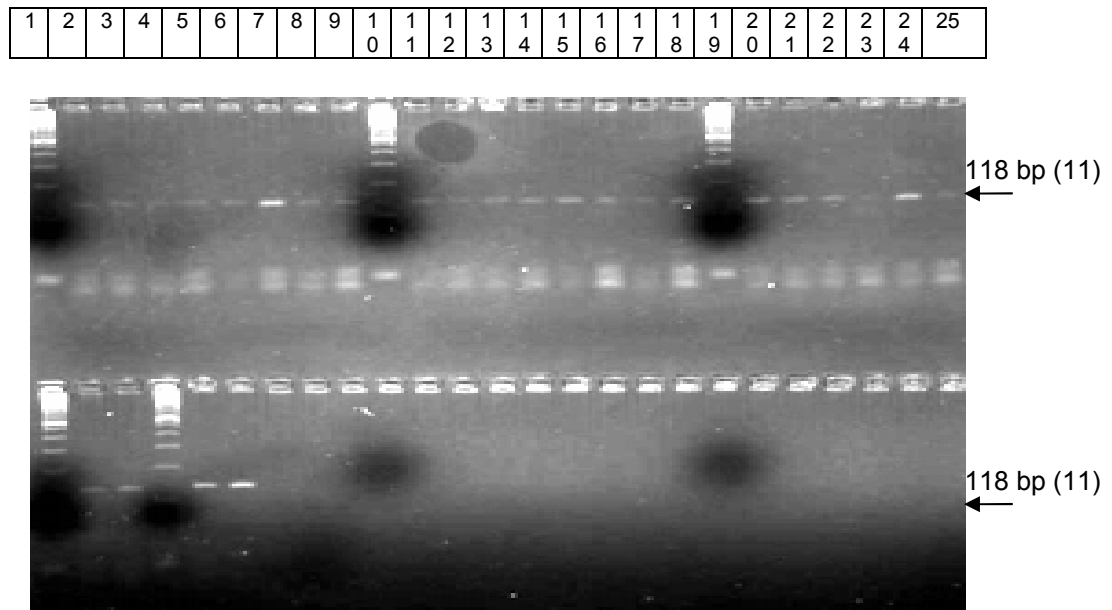


Figura 54. Primers (11) epsps 1-5' / epsps 3-3' segmento de ADN cp4-epsps con 118 bp. El marcador (50bp) en la línea 1 en el carril 1, 10 y 19 y en la línea 2 en el carril 1 y 4. Con las siguientes muestras: Línea 1 muestras: Bt en 8 carriles, RR/Bt en 8 carriles, RR1 en 6 carriles. Línea 2 muestras: RR2 en 2 carriles y 2 carriles más

De los resultados por PCR en punto final, se encontró en todas las variedades de maíz muestreado la inserción del gen Cp4-epsps, NOS-ter y aún no confirmado el gen

Cry1Ab (probablemente a que se encuentra en muy baja concentración). De los eventos encontrados en las variedades de maíz nativo muestreadas, las que tienen el rasgo de tolerancia a glifosato (Cp4-epsps), pueden ser: MON 832, NK603, MON80100, MON802, MON809 y los rasgos de resistencia a insectos (Cry1Ab) pueden ser: MON80100, MON801, MON802, MON809, Evento176, Bt11, DBT-418 (Cuadro 25).

Cuadro 25. Transgen detectado en muestras de maíz nativo y posible evento al que pertenece (“Lista de genes insertados y la variedad de OGM que lo alberga”, del Laboratorio del Instituto Nacional de Ecología).

Carácter	Rasgo	Gene	Proteína	Organismo Donador	Evento en Maíz
Tolerancia a herbicida	Tolerancia a Glifosato	Gen CP4-EPSPS	5-enolpyruvylshikimate-3-phosphate synthase	<i>Agrobacterium tumefaciens</i> CP4 strain	MON832, NK603, MON80100, MON802, MON809
Resistencia a Insectos		Cry1ab	Cry 1Ab delta-endotoxin	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (Btk)	MON 80100, MON801, MON802, MON809, Evento176, BT11, DBT-418

Puede observarse que la claridad de la respuesta en la amplificación, del gen insertado, por PCR en punto final, no es muy concluyente en muestras muy diluidas, aunque se observe una respuesta clara en muestras sin diluir, por lo que es necesario utilizar una técnica con mayor sensibilidad a detectar concentraciones de insertos transgénicos en diluciones de hasta el 0.01%.

En el caso del terminador de la nopalina sintetiza (NOS) su amplificación fue problemática, siendo poco replicable. Varios investigadores han tenido problemas similares con este marcador (Lih-Ching, *et.al.*, 2001; Permingeat, *et al.*, 2002).

Los resultados de la presente investigación sugieren fuertemente la presencia de transgenes en los maíces criollos colectados en Veracruz, lo cual refuerza la idea de que ha habido eventos de introgresión. Sin embargo no se encontro una coincidencia perfecta entre los distintos marcadores explorados. Por ello, hace falta profundizar en

los análisis moleculares para algunos individuos. En estos deben realizarse pruebas exhaustivas para tres de los marcadores explorados hasta ahora: Cry1Ab, Nos-ter y Cp4-epsps.

Se deben complementar y validar los análisis del PCR no cuantitativo usado aquí, con análisis de PCR cuantitativo que permite descartar fuentes de contaminación de templados con transgénicos reales, por lo que el siguiente paso es comprobar la presencia de introgresiones en las muestras de maíz criollo y/o mejorado colectadas, con técnicas de PCR en tiempo real.

9.3.2. Confirmación de la proteína transgénica detectada en muestras colectadas en el Estado de Veracruz por PCR (Reacción en Cadena de la Polimerasa) en tiempo real

Cuadro 26. Determinación de calidad y cantidad de ADN extraído de las muestras de maíz muestreadas en el Estado de Veracruz. 2006-2007.

Sample ID	Date	ng/μl	A ₂₆₀	A ₂₈₀	A ₂₆₀ /A ₂₈₀
12	7/6/2007	36.25	0.725	0.482	1.50
2	7/6/2007	16.77	0.335	0.210	1.60
3	7/6/2007	3.88	0.078	0.062	1.24
4	7/6/2007	47.87	0.957	0.658	1.46
6	7/6/2007	82.06	1.641	1.086	1.51
8	7/6/2007	9.67	0.193	0.142	1.36
9	7/6/2007	18.23	0.365	0.232	1.57
10	7/6/2007	4.52	0.090	0.065	1.38

Las concentraciones encontradas se pueden observar en el Cuadro 27 y en las figura 55 y 56 se ven todas las muestras y los controles para el promotor 35S.

Cuadro 27. Concentraciones (%) del transgen en las muestras de maíz por PCR en tiempo real.

Número muestra	Número CENICA	Resultado (%)
12	1166	0.01
2	1156	0.74
3	1157	0.06
4	1158	0.04
6 y 7	1160	0.03
8	1162	<0.01
9	1163	0.02
10	1164	<0.01
13	1167	0.05
25 y 29	1178	0.07
24 y 27	1180	0.01
1 y 1 ^a	1154	0.07
11	1165	0.01
14	1168	0.01
15	1169	0
16	1170	0
17B	1172	0
20	1173	0
21	1174	0.02
22	1175	0.02
23	1176	0.03
26	1179	0.03
28	1181	0
5	1159	100.00
17 ^a	1171	>5.00

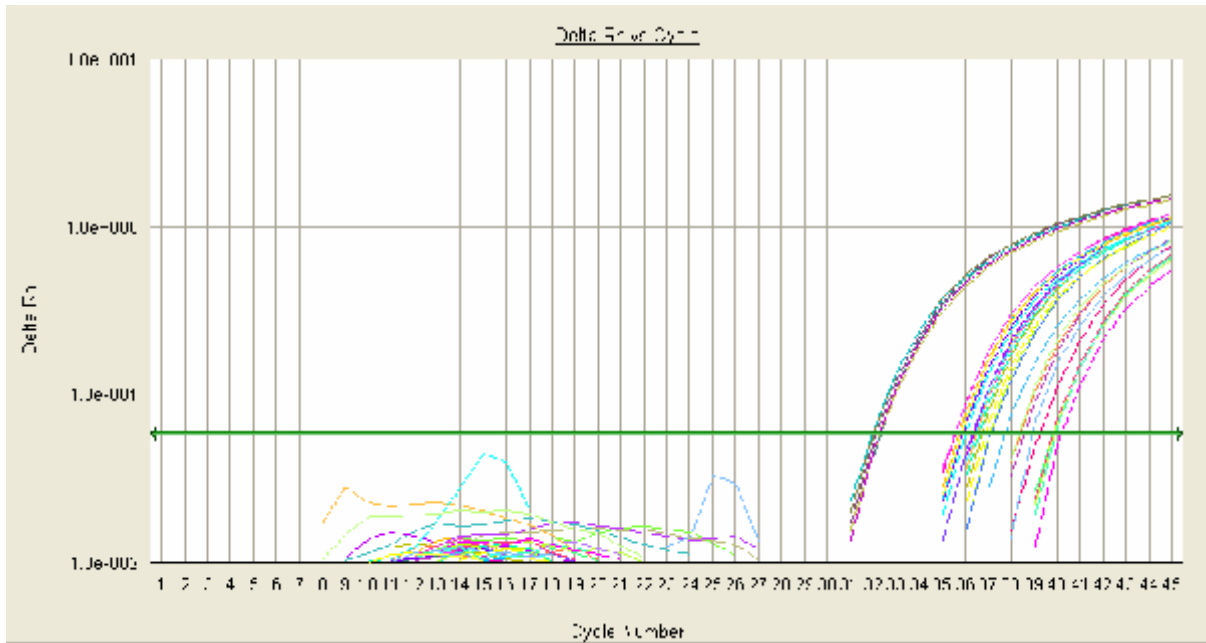


Figura 55. Gráfica de los resultados de PCR en tiempo real para las muestras: 2-4, 6-10, 12, 13, 24, 25, 27, 29.

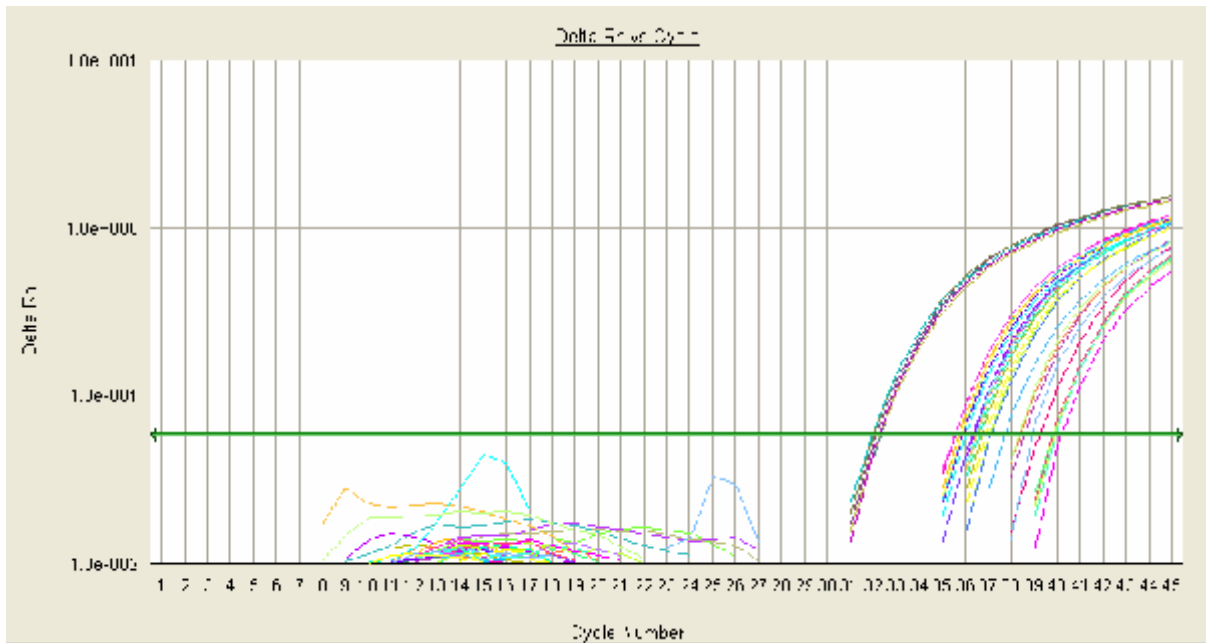


Figura 56. Gráfica de los resultados de PCR en tiempo real para las muestras: 1, 11, 14-16, 17B, 20-23, 26, 28.

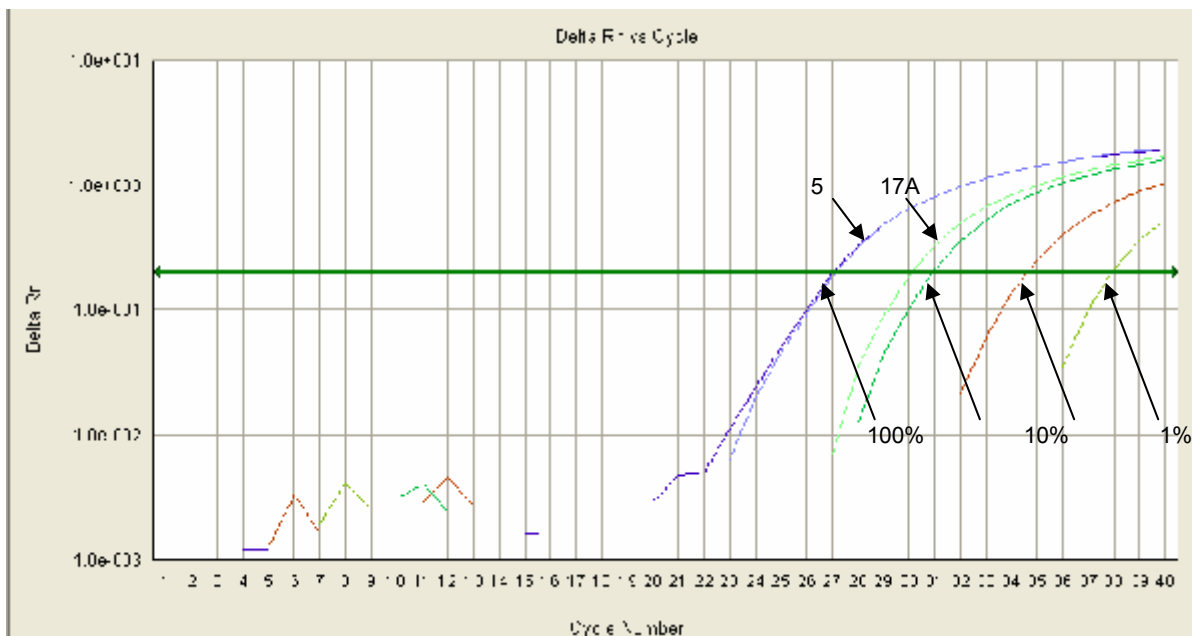


Figura 57. Gráfica de los resultados de PCR en tiempo real para las muestras: 1, 11, 14-16, 17B, 20-23, 26, 28.

El siguiente cuadro resume los resultados de proteína transgénica, PCR en punto final (pf) Y PCR en tiempo real (tr) (Cuadro 28).

Cuadro 28. Muestras colectadas en municipios del estado de Veracruz, 2006-2007, Positivas a: Todas a la proteína RuR, Cry3Bb, Cry1ab; Solo los indicados con (+) para los primers Cry 1aB y cp4epsps por PCR en punto final y para nos-ter y 35S por PCR en tiempo real

M	Z	Municipio	Comunidad	Semilla	A	PCRpf			PCRtr
						Cry 1ab	Nos-ter	Epsps	35S (%)
1	C	Texonapa	Las Josefinas	Criollo	06		+	+	0.07
1A	C	Texonapa	Las Josefinas	Criollo	07		+	+	0.07
2	C	Veracruz	Maseca Ver.	Blanco	07		+	+	0.74
3	C	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	06		+	+	0.06
4	C	Soledad Doblado	Laguna Blanca	Palo V-507	06		+	+	0.04
5	C	Veracruz	API Veracruz	Amarillo	07		+	+	100
6	C	Huatusco	Comalapa	Criollo Blanco	07		+	+	0.03
7	C	Huatusco	Chavaxtla	V-536	07			+	0.03
8	C	Huatusco	La Raya	Jazmín	07		+	+	0.03
9	N	Pánuco	Ejido Palma Reales	Criollo Blanco	06		+	+	<0.01

(Cuadro 28. Continuación).

M	Z	Municipio	Comunidad	Semilla	A	PCRpf			PCRtr
						Cry1 ab	Nos- ter	Ep sp s	35S (%)
10	N	Ozuluama	Ejido Alto Del Pozo Viejo	Criollo Blanco	06		+	+	0.02
11	N	Ozuluama	Ranchería Tanceme	BlancoOriginal	06	+	+	+	0.01
12	N	Ozuluama	Ranchería Tanceme	Criollo Amarillo	07	+	+	+	0.01
13	C	Soledad Doblado	Paso Lagarto 1	V-536	07		+	+	0.05
14	C	Soledad Doblado	Paso Lagarto 2	Palo V-507	06		+	+	0.01
15	C	Ignacio de la Llave	El Mangal 1	HV-537	07	+	+	+	0
16	C	Ignacio de la Llave	El Mangal 2	Criollo Blanco	06	+	+	+	0
17 A	C	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	07	+	+	+	>5.00
17 B	C	Texonapa	Ixtacapa El Chico	Criollo	06	+	+	+	0
18	C	Huatusco	Chavaxtla	Maíz Crema	06		+	+	
19	N	Tuxpan	Rancho Tampamache	Criollo	06		+	+	
20	C	Veracruz	CP Veracruz	CP-560	07	+	+	+	0
21	S	Lerdo De Tejada	Centro	VS-536	07	+	+	+	0.02
22	C	Veracruz	API Veracruz	Amarillo	07	+	+	+	0.02
23	N	Chicontepec	Pastoría	Criollo Blanco	06	+	+	+	0.03
24	N	Martínez De La Torre	Graciano Sanchez 2	Criollo Blanco	07		+	+	0.01
25	S	Lerdo De Tejada	Santa Teresa	Criollo Blanco	07	+	+	+	0.07
26	S	Santiago Tuxtla	Buenavista	Híbrido	07		+	+	0.03
27	N	Martínez De La Torre	Tierra Blanca	Criollo Blanco	07		+	+	0.01
28	S	Santiago Tuxtla	Santiago Tuxtla	Criollo Blanco	07		+	+	0
29	S	Lerdo De Tejada	Santa Teresa	Criollo Blanco	07		+	+	0.07

NOTA: Las muestras del 2007 se recolectaron en ese año pero eran almacenamiento del 2006. N=Norte, C=Centro, S=Sur, M=Muestra, A=Año.

El PCR es visto como uno de los procedimientos más exactos para la detección de construcciones transgénicas. En la mayoría de los casos se enfoca el análisis en la amplificación del promotor 35s, que es el que se ha utilizado en la mayoría de las construcciones de los eventos aprobados y liberados comercialmente. Sin embargo, la amplificación de este segmento permite establecer si ha habido introgresión de un transgénico o no, pero no permite establecer un evento particular involucrado. Por otro lado, el PCR es una técnica de amplificación indirecta in vitro a saturación que puede dar un positivo claro aún con templados muy escasos que pueden provenir de contaminaciones a lo largo del procesamiento de las muestras y no de fragmentos insertados en el genoma receptor del individuo bajo estudio.

Los análisis de esta investigación se limitan a dar una primera estimación cualitativa y cuantitativa de la introgresión de eventos transgénicos en materiales de maíz criollo. Pero es importante reevaluar los datos presentados aquí con métodos adicionales que permitan detectar eventos específicos (Lih-Ching, *et al.*, 2001).

10. DISCUSIÓN GENERAL

La utilización de OGM (Organismos Genéticamente Modificados) o transgénicos, la privatización de la biodiversidad, el agua, los bosques y parques naturales por medio de los sistemas de propiedad intelectual, pueden generar agroecosistemas productivos descontextualizados de la oferta ambiental del trópico, merma y desvío cultural del conocimiento y los agroecosistemas campesinos.

En el contexto rural mexicano se pueden originar graves problemáticas de índole productivo, social y ambiental que aquejarían no solamente los agroecosistemas sino también a las comunidades rurales, estas situaciones se ven reflejadas entre otros aspectos, en la degradación ambiental de los suelos, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación de las aguas, la alteración de los ciclos de vida, la pérdida de la agrobiodiversidad, la seguridad y soberanía alimentaria, el desarraigo y erosión cultural, la pérdida de niveles de participación y autogestión comunitaria, pobreza, violencia, marginación, desplazamiento y carencia de opciones de empleo productivo y de

proyecto de vida para las comunidades campesinas.

Para establecer las llamadas “áreas libres de OGMs”, son muchas las interrogantes que surgen ante un panorama tan favorable al desarrollo y difusión de los OGMs en México, por lo tanto parece muy difícil que, al menos para el caso del maíz, se pueda efectuar un control real sobre la contaminación de OGMs dada la extensión del cultivo del maíz en México, que ocupa casi la mitad de las tierras cultivadas del país, y es un cultivo de polinización abierta.

El Congreso local del estado de Oaxaca, uno de los estados de mayor diversidad biológica y cultural de México, emitió en febrero de 2005 una declaración para establecer al estado de Oaxaca como zona de conservación *in situ* de la diversidad biológica. Sin embargo, poco se ha avanzado para hacer operativa esta declaratoria y menos se ha avanzado sobre la elaboración de una ley o reglamento estatal que de protección real a la biodiversidad del estado, misma que en todo caso deberá evitar caer en contradicción respecto a la ley aprobada por el congreso nacional, y que tendría mayor relevancia jurídica que las leyes y reglamentos locales.

En Europa, desde 2003 se tiene al menos lineamiento generales (“guidelines”) para establecer la co-existencia entre OGM y no GM. Situación que también ha sido polémica ante las posturas de quienes consideran imposible la operación real de la co-existencia entre ambos tipos de cultivos y quienes sostienen que la co-existencia ha venido siendo práctica común y recurrente en varios cultivos tradicionales (producción de semillas, uvas, olivos, etc.). Pero en el caso de México ni siquiera se han desarrollado iniciativas en el sentido de dictaminar lineamientos para operar la co-existencia entre OGMs y no GM, particularmente para el caso del maíz, la co-existencia entre maíz transgénico y maíces tradicionales es poco factible.

Deben favorecerse los estudios sobre el maíz a niveles más amplios, tanto en las dinámicas propias de las diferentes variedades criollas, como en los análisis de manejo de variedades transgénicas para evitar el desarrollo de resistencia a toxinas como el Bt por parte de las poblaciones de insectos blanco (Linacre y Thompson,

2004). Además, estudios que cuantifiquen la permanencia de la toxina en el suelo así como la posible perturbación de la microflora y los demás estratos que conforman a los distintos agroecosistemas. (Volkmar *et al.*, 2003). Estudios sistemáticos sobre los costos y beneficios agroecológicos de los cultivares producto de esta tecnología deben ser conducidos, (Berthrand *et al.*, 2008) y por último, la posibilidad de detectar estos productos en la cadena alimentaria es de suma importancia, en particular con la siguiente generación de cultivares transgénicos en puerta: los “pharm plants” o plantas productoras de sustancias farmacéuticas e industriales, las cuales representan un riesgo latente para la población y el medio (Miraglia M. *et al.*, 2004; Ma, J. K.C. *et al.*, 2003).

No llevar a cabo lo siguiente: legislar, regular, evaluar el caso y vigilar el proceso de introducción de una variedad transgénica en el agroecosistema, tendrá como resultado el perjuicio del medio ambiente en el corto plazo y a la sociedad en su conjunto en el mediano y largo plazo. Se debe cumplir y garantizar el derecho a la información mediante la implementación de una red de sistemas que realicen monitoreo sobre la biotecnología y la bioseguridad. Se puede, por ejemplo, etiquetar todos los productos genéticamente transformados para garantizar el derecho a la información por parte de los consumidores de manera que sean ellos los que decidan el consumirlos o no.

Se debe incorporar en todos los proyectos biotecnológicos la evaluación y manejo de riesgos agroecológicos y sobre la salud humana y animal, así como la evaluación del impacto e implicaciones económicas, sociales y culturales.

En un país como México donde el maíz juega un papel muy importante para la vida diaria del campesino y como base alimenticia de los mexicanos, es prioritario el promover agroecosistemas sustentables, basada en prácticas ambientalmente sanas (Toledo, 2000). Es necesario realizar mecanismos de apoyo financiero con estas características para incentivar su uso. También es necesario avanzar en el rescate de una comida sana para todos y trabajar en establecer mecanismos para normar criterios precautorios en materia de bioseguridad. Existen diversos convenios internacionales a los que nuestro país se debe sujetar como lo es el Protocolo de Cartagena. Se deben

imponer las normas ambientales aplicables en la producción, distribución y consumo de estos productos.

De acuerdo a la opinión de los biotecnólogos, la biotecnología está contribuyendo a “desarrollar una bio-economía sustentable que utiliza bioprocesos ecoeficientes y fuentes bio-renovables” lo que de acuerdo a la Organización para Cooperación Económica y el Desarrollo (OCED), “es uno de los desafíos estratégicos del siglo XXI”.

Para 2015, se pronostica que más de 20 millones de agricultores sembrarán 200 millones de hectáreas de cultivos transgénicos en unos 40 países. Esto ha originado un nuevo paradigma agrícola, caracterizado por el uso de semillas transgénicas, herbicidas y pesticidas especiales y métodos novedosos de manejo, conocidos como “siembra directa” o “labranza cero” (esta metodología surgió con la finalidad de conservar los suelos en forma sustentable antes o en paralelo del desarrollo de los transgénicos) (James, ISAAA, 2007).

No obstante, la utilización de las nuevas variedades no ha dejado de suscitar controversia, diversos círculos han hecho ver las desventajas que ofrecen en dos aspectos fundamentales: en primer lugar, las variedades transgénicas pueden posiblemente entrañar graves peligros para la salud humana y animal y al medio ambiente. En segundo lugar, a diferencia de lo que ocurría con la revolución verde, las nuevas tecnologías están mayoritariamente en manos de unos pocos consorcios transnacionales, los cuales podrían ejercer un control casi total sobre la producción agrícola de todo el mundo, con graves consecuencias para los países en desarrollo y los agricultores más pobres.

Las perspectivas futuras desde el punto de vista ecológico, político, económico-agrícola, sociocultural y en la salud humana podrían verse como sigue:

Salud

Se han tenido manifestaciones prácticas en Asia y la Unión Europea, donde se han impuesto severas limitaciones a su cultivo y consumo. En los países de América Latina

y el Caribe, entre tanto, no se ha alcanzado una posición uniforme al respecto (FAO, 1999).

Ecológicas.

La transferencia de genes de los cultivos con la característica de resistencia a herbicidas a los parientes silvestres o semidomesticados puede llevar a la creación de super-malezas. Por ser un cultivo de polinización abierta, su contaminación se ve facilitada, lo que podría acabar con su diversidad o pérdida de su riqueza genética agrícola, sus valores culturales, el agroecosistema milpa que ha resultado ser sustentable durante siglos y el posible abandono del campo (migración)

Contar con una variedad resistente a un herbicida, se traduce en un mayor uso del herbicida al cual la variedad es resistente, pues se puede utilizar sin afectar el cultivo. Esta innovación lejos de evitar el uso de agroquímicos, acrecienta la importancia de los herbicidas en la agricultura. Lo que redundará en un deterioro ambiental mayor.

Retomando las observaciones del investigador argentino Sabbatini (2002), “Debido a que las malezas continuarán adaptándose a las diferentes metodologías de control, los agricultores siempre necesitarán de nuevas tácticas y estrategias. La biotecnología ha realizado un valioso aporte al suministrar nuevas herramientas para el control de malezas. Sin embargo, sería un grave error suponer que esta técnica permitirá anular el problema de las malezas en el futuro, debemos enfatizar que todas estas técnicas son sólo herramientas de las que puede valerse el hombre en su afán y esfuerzo para controlar las malezas y que no existe una única y fácil solución”.

Aunque la biotecnología tiene la capacidad de crear una variedad mayor de plantas comerciales, las tendencias actuales son abrir amplios mercados internacionales para un solo producto, creando así las condiciones para la uniformidad genética en el paisaje rural (Mander *et al* ,1996).

La tendencia al monocultivo, la aparición de malezas con resistencia a glifosato, la intensificación de la producción, así como el incremento en el uso de agroquímicos,

tendría como resultado una pérdida de nutrientes y por lo tanto la pérdida de suelo fértil. La historia ha demostrado en varias ocasiones que un área enorme plantada con un solo cultivar es muy vulnerable a una invasión de un patógeno o de un parásito nuevo que resultaría en un duro golpe para la economía y la ecología, la extensión de cosechas transgénicas amenaza a la diversidad genética de la cosecha simplificando sistemas de cultivo y promoviendo la erosión genética.

El uso masivo de la toxina Bt en cosechas puede detonar las potenciales interacciones negativas que afectan a procesos y a organismos ecológicos no-blanco. La evidencia de los estudios conducidos en Escocia sugiere que los áfidos eran capaces de secuestrar la toxina de cosechas de Bt y de transferirla a sus depredadores, afectando alternadamente a la reproducción y a la longevidad de los escarabajos beneficiosos (Rissler et al, 1996), las toxinas de Bt se pueden también incorporar en el suelo a través de las raíces, donde pueden persistir por 2-3 meses, resistiendo la degradación uniéndose como manchas a partículas de la arcilla mientras que mantienen actividad tóxica, afectando negativamente alternadamente a invertebrados y al ciclo nutriente (Rissler *et al.*, 1996).

Políticas

Se tiene conocimiento que la contaminación con variedades transgénicas es una estrategia que las empresas han desarrollado para que, una vez que ésta se difunda y sea irreversible la difusión de los transgenes, las empresas puedan cobrar regalías por sus patentes. La preocupación principal es que las presiones internacionales para ganar mercados y aumentar las ganancias están empujando a las compañías a que liberen cultivos transgénicos demasiado rápido, sin consideración apropiada de los impactos a largo plazo en las personas o en el ecosistema (Mander *et al.* 1996).

A la fecha existen una serie de carencias en el cumplimiento de la Ley de Bioseguridad de OGM's que no permiten su aplicación cabal, entre otras debemos anotar la falta de reglamento y la presentación en fecha reciente, incumpliendo la propia LBOGM, de un proyecto incompleto. Otra grave omisión es que no se ha integrado el Consejo

Consultivo Científico, ni el Consejo Consultivo Mixto, para el primero de ellos se hizo una convocatoria en diciembre del año pasado, sin embargo seis meses después la CIBIOGEM no ha dado ni siquiera respuesta a los solicitantes.

Mientras que algunos países exigen el etiquetado de los productos alimenticios o de los componentes producidos mediante la ingeniería genética, otros no lo exigen. Es probable que estos requisitos de etiquetado lleguen a ser un tema de las negociaciones comerciales multilaterales o bilaterales (por ejemplo, en la OMC) respecto a si este etiquetado constituye o no un obstáculo al comercio (Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, 1999).

El Protocolo sobre la bioseguridad auspiciado por las Naciones Unidas, que no fue aprobado en febrero de 1999, habría exigido que los países que exportan productos GM obtengan la aprobación del país importador antes de proceder al envío. Este requisito fue rechazado por la mayoría de los países exportadores de cereales, con exclusión de la Comunidad Europea (Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura, 1999).

Socio-económica

La producción de maíz en México ha ido en aumento, sobre todo en la última década, debido principalmente al incremento en los rendimientos por hectáreas, por el incremento de las superficies en áreas de riego, caso de Sinaloa, y por la ayuda proveniente de diferentes programas como: PROCAMPO, Procede, crédito a la palabra, Alianza para el Campo. Es difícil imaginarse un escenario para la producción de maíz sin los programas de apoyo, puesto que no se ha logrado alcanzar competitividad internacional. Si se retiran los apoyos el costo social y político será muy grande debido a que muchos productores estarán incapacitados para producir maíz con algún paquete tecnológico por muy básico que este sea, lo que aumentará aún más la pobreza rural y urbana, aumentarán los hogares campesinos dependientes de ingresos no agrícolas, lo que hará una fuerte presión sobre el empleo y la migración.

La inversión en la biotecnología agrícola para la producción de variedades transgénicas

implica una fuerte inversión económica principalmente por inversores extranjeros. Con la crisis económica los inversores extranjeros pueden obtener grandes cantidades de tierra a precios muy bajos, esto es muy importante para los inversionistas, debido a que los principales dueños de maíz transgénico (Monsanto, Syngenta, BASF y Bayer) no están interesados en vender un híbrido, a menos que corresponda a ventas suficientes para plantar 30,000 hectáreas, anualmente, se puede decir que estas compañías difícilmente invierten en el desarrollo de un híbrido en una región donde los agricultores siembran menos de 800,000 hectáreas de maíz (Comunicación personal con el Dr. Major Goodman, 2007).

La introducción de las semillas GM puede dar lugar a la apropiación de una parte de la renta agraria por parte de la empresa proveedora de las semillas. Como ejemplo se puede exponer el caso de Argentina donde el mecanismo utilizado es el denominado “de regalía extendida”, que consiste en contratos firmados privadamente, en los que los productores renuncian a su derecho a reproducir las semillas. La empresa que tenía las licencias sobre la semilla de soja GM monopolizó el mercado de semillas de soja, siendo ésta el principal cultivo de la región pampeana. En 2004, casi la mitad de la tierra cultivable de Argentina se dedicaba a la soja y más del 90 % de ésta era de la marca *Roundup Ready* de Monsanto, quien presionó al gobierno para que aprobara su “cuota de licencia de tecnología”. Es decir, su patente sobre la producción.

No esta por demás señalar que el herbicida al que es resistente la variedad transgénica es producido por la misma empresa, Monsanto, que detenta la propiedad de la variedades transgénicas que presentan resistencia al herbicida, por ello en términos comerciales estamos hablando de un paquete tecnológico.

La gran ventaja de estas variedades es que reducen las labores de cultivo y por tanto el tiempo que se dedica al cultivo, abriendo la posibilidad de aumentar la superficie de siembra. La pregunta que surge es si esta situación beneficia al campo mexicano en donde el acceso a gran cantidad de mano de obra es una de las llamadas “ventajas comparativas”, si esta tecnología reduce las labores de cultivo, acabara por desplazar a los trabajadores del campo con el consecuente desempleo y migración. Además de la

mayor dependencia al mercado y en específico a insumos costosos y contaminantes de una empresa trasnacional. Nos preguntamos entonces ¿quien ahorra? ¿cómo es que disminuyen los costos de producción y se eliminan subsidios? (Bourque, 1999).

El maíz Bt fue diseñado específicamente para una plaga frecuente en regiones templadas. Esta plaga es el barrenador europeo del maíz (*Ostrinia nubilalis*), un insecto de la familia lepidoptera que abunda en el cinturón de maíz de Estados Unidos. Pero las plagas que más afectan a los productores mexicanos de maíz son las larvas del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*). Antes de 1998 el gobierno mexicano había autorizado pruebas experimentales con maíz Bt, estas pruebas encontraron que las plagas de *Diatraea*, que son las predominantes en México muestran resistencia al gene Bt, de cualquier manera puede ser que estas plagas sean afectadas por otras proteínas de Bt (Nadal, 2002).

Se han patentado varias técnicas que controlan el ciclo de vida de las semillas, alterándolas biológicamente de manera que resultan estériles después de cada cosecha. De esta manera, el usuario de estas semillas está obligado a comprar nuevas semillas cada año de su abastecedor. Esta utilización de la biotecnología ha recibido recientemente mucha atención por parte de la prensa y ha habido una reacción negativa debido, entre otras cosas, a; 1) la posibilidad de reducir el nivel de seguridad entre los agricultores al crear una dependencia de los abastecedores de semillas, y probablemente de las importaciones, en vez de ahorrar semillas de la cosecha anterior; 2) las preocupaciones ambientales relacionadas con los posibles efectos de la polinización cruzada con plantas y malezas nativas; y 3) las consecuencias desconocidas del consumo de alimentos y de piensos producidos a partir de estas semillas, algunos de los cuales contienen una toxina (Crouch, 1998). Este debate está apenas comenzando y es probable que también tenga lugar en otros foros tales como la OMC, en especial el Acuerdo sobre los derechos de propiedad intelectual, y el Convenio de las Naciones Unidas sobre la diversidad biológica.

Es importante recordar que los cultivos transgénicos que actualmente se comercializan no están destinados a aumentar los rendimientos, sino a abaratar los costos de

producción, por lo que la adopción de estos implicaría la ampliación de la superficie con semilla GM. Por lo tanto la sustitución de producciones, que nos dirigirían al monocultivo extensivo, y las soluciones que ofrece la biotecnología moderna para la agricultura en México merecen un análisis profundo sobre la problemática específica que presenta cada cultivo para incidir en las alternativas tecnológicas que se requieren. Paralelamente, es fundamental hacer una revisión a conciencia de la situación que guarda la investigación tecnológica y biotecnológica del sector agropecuario que se realiza en el país, a objeto que ésta se refuerce a partir de las necesidades que realmente demandan los productores y que además, apunte un modelo de nación que tienda a la autosuficiencia y la soberanía alimentaria.

Puesto que la aplicación general de estas nuevas tecnologías es relativamente reciente, es lógico que las evaluaciones de los efectos a largo plazo continúen durante un tiempo. Mientras se mantenga esta incertidumbre, es probable que el comercio de estos productos se vea limitado.

Las consecuencias comerciales de la adaptación por los productores y la aceptación por los consumidores de la próxima generación de tecnologías que podrían promover la creación de nuevas características y formas de utilización de los cereales son todavía desconocidas, puesto que todavía no están comercialmente disponibles.

Desde el punto de vista de los países en desarrollo, el problema fundamental es saber si las tecnologías elaboradas para determinadas condiciones de los países desarrollados serán adecuadas para que los productores de los países en desarrollo puedan adoptarlas. A este respecto, todo indica que es urgente efectuar nuevas investigaciones públicamente financiadas, que probablemente beneficiarían a la producción de cereales en los países en desarrollo. Los grupos desearán tal vez recomendar una vigilancia constante de los progresos hechos en la aplicación de la biotecnología a los cereales y sus impactos comerciales, así como el análisis de determinados problemas con que se enfrentan los países en desarrollo.

Se puede argumentar que ninguna rama de la ciencia pueda ser calificada de poco

ética y también que ningún conocimiento pueda ser calificado como tal. La ética se podrá aplicar en todo caso al tipo de uso que se haga de tales conocimientos, pero no a los conocimientos en sí. Pese al enorme respeto que nos pueda provocar unas técnicas potencialmente peligrosas, que parecen desafiar la historia natural y abren un camino nuevo totalmente inexplorado con la incertidumbre de no saber donde nos puede conducir

11. CONCLUSIONES

El marco regulatorio en México relacionada con la bioseguridad de cultivos de origen frente a la importación de semillas, no asegura la conservación de la diversidad biológica, la salud del consumidor y ni garantizan los derechos de los agricultores y de los consumidores de maíz.

El grado de conocimiento del consumidor, en el estado de Veracruz, acerca de qué es un alimento transgénico y qué productos los contienen dentro de los que acostumbra consumir es prácticamente nulo.

El cultivo de maíz tiene una gran importancia en la vida diaria del agricultor maicero, y desconoce lo que es una variedad de maíz transgénico, por lo que no tiene idea de los posibles riesgos por contaminación con variedades de maíz modificado genéticamente en el estado de Veracruz, México.

Existe contaminación con maíz transgénico en muestras de maíz cultivado actualmente en el estado de Veracruz.

12. RECOMENDACIONES

- Establecer un programa permanente de monitoreo en Veracruz Puerto, por ser la entrada potencial de transgénicos.
- Registrar y reconocer a nivel local, regional, nacional e internacional, áreas libres de presencia de transgénicos.

- Iniciar con carácter de urgente un programa oficial de saneamiento de introgresión transgénica, para evitar su dispersión.
- Generar y distribuir información actualizada, objetiva y accesible para los agricultores y consumidores.

LITERATURA CITADA

- AEIC (Advancing Bionalytical Technologies) 2002. Acta de la reunión. October 3-4, 2002. Minneapolis, Minnesota. P.L. Hunst, AEIC Secretary. 6p
- AGBIOS 2005. Base de datos de cultivos GM aprobados, 21 de febrero de 2005. Disponible vía Internet en: <http://www.agbios.com> (consultado 31/08/09)
- Aguilar N. P. 2005. Elaboración de mapas de pobreza a diferentes niveles de desagregación geográfica, una aplicación para el estado de Veracruz. In: Marco Referencial-Características Generales del Estado de Veracruz. Universidad de las Américas Puebla (ed). Universidad de las Américas Puebla. pp: 28-33.
- AINA. Centro Tecnológico. Alimentos transgénicos. 2009 Principios básicos y métodos de detección. 24 p
- Altieri MA 1995 Agroecology. The science of sustainable agriculture. 2a ed. Westview Press. Boulder, CO, EEUU. 433 pp.
- Alvarez Febles N. 2005. Cuadernos de África y América Latina, Pérdida de biodiversidad en agricultura: descripción, causas y alternativas, Agricultura y alimentación en las relaciones Sur-Norte, nº 35, editado por Sodepaz, Madrid/Barcelona, España.
- Álvarez-Buylla R., E (a). 2004. Aspectos Ecológicos, Biológicos y de Agrobiodiversidad de los impactos del Maíz Transgénico. In: Muñoz Rubio, J. (Coord.) Alimentos transgénicos. Ciencia, ambiente y mercado: un debate abierto. UNAM-Siglo XXI. Editores. México. pp. 181-218
- Álvarez-Buylla R., E. 2004 (b). Evaluación de la presencia de transgenes en maíces criollos de Oaxaca y Puebla. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Ecología. Departamento de Ecología Evolutiva, Proyecto CONABIO V027. 25 p.
- Álvarez-Buylla. 2009. El maíz mexicano y la milpa: paladines por un procomún en la alimentación sustentable de alimentos. Revista Ecología y biopropiedad, Biodiversidad y Recursos Genéticos Mexicanos: PROCOMUN crucial para el mundo. Archivos Ecología y Biopropiedad, México D.F. a 12 de abril del 2009

- Andow, D.A. 2002. Resisting resistance to Bt corn. In: Genetically engineered organisms: Assessing environmental and human health effects. Ed.: D.K. Letourneau and B.E. Burrows, 99-124, Boca Raton: CRC Press.
- Anido, Manuel. 2005. Capitalismo, desarrollo sustentable y necesidades humanas. Disponible vía Internet. <http://www.scribd.com/doc/3209038/Capitalismo-Desarrollo-Sustentable-y-Necesidades-Humanas> (consultado el 21/02/2010)
- Ausubel, F. M., R. Brent, R. E. Kingston, D. D. Moore, S J. G. Eidman, J. A. Smith, and K. Struhl. 1994. Current Protocols in Molecular Biology. John Wiley & Sons: New York, 1994.
- Badstue, L. B. Bellon, M.R. Berthaud, J. Ramírez, A. Flores, D. Juárez, R. X. 2003. The dynamics of seed flow among small scale maize farmers in the Central Valleys of Oaxaca, Mexico. Economics Working Paper 02/02, presented at the International workshop on property rights collective action and local conservation of genetic resources. Rome Italy, 29-October 2003. <http://www.capri.cgiar.org/pdf/bellon.pdf>
- Barahona, M. 2006. Familias, hogares, dinámica demográfica, vulnerabilidad y pobreza en Nicaragua, serie Población y desarrollo N° 69 (LC/L.2523-P), Santiago de Chile, CEPAL. Publicación de las Naciones Unidas
- Benz, B. F. 2001 Archaeological evidence of teosinte domestication from Guilá Naquitz, Oaxaca. PNAS February 13, 2001 vol. 98 no. 4 2104-2106.
- Benz, B.F. 1986. Taxonomy and evolution of Mexican maize. Ph.D. dissertation, Madison: University of Wisconsin. 433 p.
- Bertrand, B. y Sandrine, T. El estado del mundo. Anuario económico geopolítico mundial. Ediciones Akal, S.A., 2008. 665p.
- Bourque Robert. 1999. En busca de un modelo para la sustentabilidad en el siglo XXI. En Delgado García Carlos Jesús (Coord.), Cuba verde Editorial José Martí.
- Brush, Stephen y M. Chauvet. 2004. Capítulo 6: Evaluación de los efectos sociales y culturales asociados con la producción de maíz transgénico. In: Maíz y biodiversidad: Efectos del maíz transgénico en México. Edición Departamento de Comunicación y Difusión Pública del Secretariado de la CCA. 44p
- Cámara de Diputados 1974. Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos en materia de Sanidad Vegetal. Ley derogada por la Ley Federal de Sanidad Vegetal y Ley General de Sanidad Animal DOF 05-01-94.
- Cámara de Diputados 1984. Anexo 3. Normatividad aplicada por la Secretaría de Salud (SSA). Ley General de Salud. Título decimosegundo. Control Sanitario de productos y servicios y de su importación y exportación. Capítulo VII bis. Productos

biotecnológicos. TEXTO VIGENTE. DOF 07-02-84.

Cámara de Diputados 1984. Anexo 3. Normatividad aplicada por la Secretaría de Salud (SSA). Ley General de salud. Título decimosegundo. Control Sanitario de productos y servicios y de su importación y exportación. Capítulo XIII. Importación y exportación. TEXTO VIGENTE. DOF 07-02-84. Última reforma DOF 09-05-07.

Cámara de Diputados 1988. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Nueva ley DOF 28-02-98. Última reforma DOF 16-05-08. Disponible vía Internet en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/148.pdf> (consultado el 07/07/08).

Camara de Diputados 1991. Ley sobre Producción, Certificación y Comercio de Semillas. TEXTO VIGENTE. DOF 1991. Última reforma publicada DOF 25-10-1996.

Cámara de Diputados 1992. Ley Federal de Protección al Consumidor. TEXTO VIGENTE. Nueva ley DOF 24-12-92. Última reforma DOF 06-06-06. Disponible vía Internet en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/113.pdf> (consultado el 07/07/08).

Cámara de Diputados 2001. Ley de Desarrollo rural sustentable. TEXTO VIGENTE. DOF 7-12-01. Última reforma DOF 2-02-07. Disponible vía Internet en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/235.pdf> (consultado el 07/07/08).

Cámara de Diputados 2000. Reglamento de la ley general del equilibrio ecológico y protección al ambiente en materia de evaluación de impacto ambiental. Nueva ley DOF 30-05-2000. Disponible vía Internet en: http://www.cddhcu.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LGEEPA_MEIA.pdf (consultado el 07/07/08).

Cámara de Diputados 2004. Reglamento de la ley de desarrollo rural sustentable en materia de organismos, instancias de representación, sistemas y servicios especializados. TEXTO VIGENTE. DOF 5-10-04. Disponible vía Internet en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LDRS_MOIRSSE.pdf (consultado el 07/07/08).

Cámara de Diputados 2005. Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados. 18-03-05. H. Cámara de Diputados de Los Estados Unidos Mexicanos, Secretaría General, Secretaría de Servicios Parlamentarios, Dirección General de Bibliotecas. Nueva Ley DOF 18-03-05

Cámara de Diputados 2008. Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados. DOF, 2008. Modificación al Reglamento de la Ley de Bioseguridad de organismos genéticamente modificados DOF 15-03-09

Cámara de Diputados 2006. Reglamento de la ley federal de protección al consumidor. TEXTO VIGENTE. Nueva reglamento DOF 3-08-06. Disponible vía Internet en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LFPC.pdf (consultado el 07/07/08).

Cámara de Diputados 2007. Ley federal de producción, certificación y comercio de semillas. TEXTO VIGENTE. DOF 15-06-07. Disponible vía Internet en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPCCS.pdf> (consultado el 07/07/08).

Cámara de Diputados 2008. Reglamento de la Ley de bioseguridad de organismos genéticamente modificados. 19 de marzo de 2008. Nuevo reglamento DOF 19-03-08. Última reforma DOF 06-03-2009.

Camara de Diputados Diario Oficial de la Federación 1917. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. DOF 5-02-17. TEXTO VIGENTE. Última reforma publicada DOF 26-09-08.

Camara de Diputados. . Ley Federal de Variedades Vegetales 1996. TEXTO VIGENTE. DOF 25-10-96. Disponible vía Internet en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/120.pdf> (consultada el 15/04/2008).

Camara de Diputados. Ley Federal de Sanidad Vegetal. 1994. Título segundo de la protección fitosanitaria. Capítulo IV. Del control de insumos, actividades y servicios. TEXTO VIGENTE. DOF 5-01-94. Última reforma publicada DOF 26-07-2007. Declaración de invalidez de artículos por Sentencia de la SCJN DOF 18-11-2008 Disponible vía Internet en: <http://www.sagarpa.gob.mx/legislacion/pdf/leyes/1005.pdf> (consultada el 18/03/08).

Camara de Diputados. Ley federal sobre Metrología y Normalización 1992. TEXTO VIGENTE. DOF 01-07-92. Última reforma DOF 28-07-06. Disponible vía Internet en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/130.pdf> (consultado el 07/07/08).

Camara de Diputados 1999. Reglamento de la Ley General de Salud de Control Sanitario de Productos y Servicios. Segunda sección. Reglamento de la Ley General de Salud. Secretaría de Salud. Título Décimo Octavo. Productos biotecnológicos. Capítulo único. TEXTO VIGENTE. DOF 9-08-99. Disponible vía Internet en: <http://cofepris.salud.gob.mx/mj/documentos/reg/RegDGCSPYS.pdf> (consultado el 07/07/08).

Camara de Diputados. 1974. Reglamento de la Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos en materia de Sanidad Vegetal. TEXTO VIGENTE. DOF 18-01-1980.

Camara de Diputados. Reglamento de la ley federal de producción, certificación y comercio de semillas 1993. TEXTO VIGENTE. DOF 26-05-93. Disponible vía

Internet en: http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/regley/Reg_LPCCS.pdf.
(consultado el 07/07/08).

Camara de Diputados. Reglamento de la Ley Federal de Variedades Vegetales 1998. TEXTO VIGENTE. DOF 24-09-98. Disponible vía Internet en: <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/120.pdf> (consultada el 15/04/2008).

Castelán, E. 2002. Role of Large Dams in the Socio-economic Development of Mexico, en: *Water Resources Development* 18(1):163-177.

Convención sobre Diversidad Biológica (CBD), 1992, Junio 5, 1992, 31 I.L.M. 818, entró en vigor Dic. 29, 1993 México ratificó el CDB el 11 de Marzo de 1993, en línea: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-un-en.pdf> (consultado Junio, 4, 2007)

CEFP, 2005. CEF/026/2005. Cámara de Diputados. Centro de Estudios de Finanzas Públicas. El Sistema de Cupos y los Subsidios para el Maíz Blanco y el Frijol en el marco del TLCAN y su efecto en las relaciones comerciales de los países signatarios. Palacio legislativo de San Lázaro Julio de 2005

Christou, P. 2002. No credible scientific evidence is presented to support claims that transgenic DNA was introgressed into traditional maize land races in Oaxaca, Mexico. *Transgenic Research* 11: iii-v. Editores. México. pp. 181-218

Cochran, W. G. 1984. Técnicas de muestreo. Emeritus-Harvard University. Editorial Continental S.A. de C.V. (ed) pp: 19-37

Codex Alimentarius, FAO/OMS 2000. Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación.

COFEPRIS, Secretaría de Salud. 2003. Aprobación y liberación del maíz transgénico "Mon 863" para consumo humano 7 de octubre de 2003. Publicado en Gaceta del Senado. Legislatura LX, 2º año de ejercicio, segundo periodo permanente. No.9. 2005. Disponible vía Internet en: <http://www.senado.gob.mx/gace2.php?sesion=2005/06/29/1&documento=52/> (consultado: 12/06/2008).

Comisión de Agricultura, Cámara de Diputados LVII Legislación., 2000. ¿Cuánta Liberalización aguanta la Agricultura? Impacto del TLCAN en el sector agroalimentario. Cámara de Diputados. México.

Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. 1999. Recent developments in biotechnology as they relate to plant genetic resources for food and agriculture. Background Study Paper N° 9, página 25.

Comisión del Codex Alimentarius Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Organización Mundial de la Salud 2001. Programa

conjunto FAO/OMS sobre normas alimentarias. Distribución del informe de la segunda reunión del grupo de acción intergubernamental especial del codex sobre alimentos obtenidos por medios biotecnológicos (ALINORM 01/34A). 24º período de sesiones. Ginebra, 2-7 de julio de 2001. Disponible vía Internet en: <ftp://ftp.fao.org/codex/alnorm01/AI0134as.pdf> (consultada el 13/05/2008).

Comisión para la Cooperación Ambiental de Norte América. 2004. Maíz y Biodiversidad. Efectos del maíz transgénico en México. Conclusiones y recomendaciones. Secretariat Article 13 Report, Nov.8, 2004. Informe del secretario de la Comisión para la Cooperación Ambiental. 51 pp.

Conferencia de las Naciones Unidas Sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, 1992. Principio 15 o Principio Precautorio. Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo. CODHEM. 14 de junio de 1992.

Covantes, L. 2001 Organismos Transgénicos: sus Implicaciones Ambientales y en la Salud. Greenpeace.

Crouch, M. 1998. How the terminator terminates: an explanation for the non-scientist of a remarkable patent for killing second generation seeds of crop plants. Profesor Asociada de Biología, Universidad de Indiana. Consultado en Internet (091109): <http://www.bio.indiana.edu/people/terminator.html>

Dellios, H. 2004. Report could put a crimp in corn exports, Chicago Tribune, septiembre 29, 2004. Disponible en Internet en : <http://www.biodiversidadla.org/index.php/content/view/full/14782>. (Consultado 31/12/09)

Convenio sobre la Diversidad Biológica 2000. Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica: texto y anexos. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Protocolo de Cartagena sobre Biodiversidad. Promulgado y publicado en DOF 28-10-03

Diario Oficial de la Federación, 1994. Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN). Reimpreso en 32 I.L.M. 605, y por la editorial Miguel Angel Porrúa S.A.

Doebley, J. 1990. Molecular evidence for gene flow among Zea species. BioScience 40:443–448.

Doebley, J. 2004. The Genetics of Maize Evolution. Annu. Rev. Genet. 2004. 38:37–59 doi: 10.1146/annurev.genet.38.072902.092425

Doebley, J.J., and H.H. Iltis. 1980. Taxonomy of Zea I: Subgeneric classification with key to taxa. American J. Botany 67:986–993.

Dyer Leal G. y A. Yúnez Naude 2003. El TLCAN y la conservación de la diversidad del

maíz en México. Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte. Disponible vía internet en: <http://www.cec.org/symposium/> (consultado 03/03/2007).

Dyer, G. and Taylor. 2002. Rethinking the supply response to market reforms in agriculture: Household heterogeneity in village general equilibrium analysis from Mexico. Dept. Ag. and Res. Econ. Working Paper. Thesis of Doctorate Univ. of California, Davis.

Editorial Note. 2002. Nature 416: 600

Ellstrand N.C. and C.A. Hoffman. 1990. Hybridization as an avenue for escape of engineered genes. BioScience 40:438–442

Ellstrand, N., H. Prentice, and J. Hancock. 1999. Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives. Annu. Rev. Ecol. Syst. 30: 539-563.

Ellstrand, N.C. 2003. Dangerous liaisons: When crops mate with their wild relatives. Submitted to Johns Hopkins University Press.

Ellstrand, N.C. 2001. When transgenes wander, should we worry? Plant Physiology 125:1543–1545.

Enkerlin E. C. Cano G. Garza R. A. y Vogel E. 1997 Ciencia ambiental y desarrollo sostenible. Internacional Thomson Editores. México. 690 pp.

Escobar Moreno, Darío Alejandro. 2006. Valoración campesina de la diversidad del maíz. Estudio de Caso de dos Comunidades Indígenas en Oaxaca, México. Dialnet. Disponible en Internet en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=1261297> (Consultado 10-10-09)

Eubanks, M. W. 2001 The Mysterious Origin of Maize. Economic Botany, Vol. 55, No. 4 (Oct.-Dec., 2001) pp. 495-514.

Ezcurra, E., A. Valiente-Banuet, O. Flores-Villela y E. Vazquez. 2001. "Vulnerability to global environmental change in natural systems and rural areas: A question of latitude?" In: J.X. Kasperson y R.E. Kasperson (eds.). Global environmental risk. United Nations University Press, Tokio. Pp. 217-246

FAO 1983. Resolución 8/83 de la Conferencia de la FAO (noviembre de 1983). Textos fundamentales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Volúmenes I y II - Edición de 1998. FAO, Roma (Italia).

FAO, 1999. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Departamento Económico y Social. Progresos de la biotecnología y sus posibles efectos sobre el comercio de cereales. Roma, 22 - 24 de septiembre de 1999.

FAO 2001. Producción y protección vegetal. 28. ISBN: 9253044578 X7650/S
FAO/WHO: "Safety Aspects of Genetically Modified Foods of Plant Origin. Report
of a Joint FAO/WHO Expert Consultation on Foods Derived from Biotechnology."
Geneva: World Health Organization, 2000.

FAO 2003 Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
Biotecnología agrícola: ¿servirá de algo?
<http://www.fao.org/spanish/newsroom/focus/2003/gmo1.htm>

FAO/WHO. 2008. Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la
Alimentación y la Agricultura. FAO 2001. Consultado en Internet (091109)
<http://www.fao.org/docrep/011/i0520s/i0520s00.htm>.

FAO/WHO 1996: Biotechnology and food safety, Report of a joint FAO/WHO
consultation. FAO Food and Nutrition Paper 61, Food and Agriculture Organization
of the United Nations, Rome.

Frankel, R., and E. Galun. 1977. Pollination mechanisms, reproduction and plant
breeding. Berlin: Springer-Verlag.

Funtowicz, Silvio y Jerome R. Ravetz., 2000. La Ciencia Posnormal. Ciencia con la
gente. Icaria. Barcelona

Gallavotti A, Zhao Q, Kyojuka J, Meeley RB, Ritter MK, Doebley JF, Pè ME, Schmidt
RJ. 2004. The role of barren stalk1 in the architecture of maize. Nature,
2;432(7017):630-5.

Geissert, K. D. 1999. Regionalización geomorfológica del estado de Veracruz.
Investigaciones Geográficas, diciembre, número 040 Universidad Nacional
Autónoma de México. D. F. México. Pp. 23-47

Gliessman SR 1990a Agroecology. Researching the ecological basis for sustainable
agriculture. Introduction. En Gliessman SR (Ed.) Agroecology. Researching the
ecological basis for sustainable agriculture. Ecological Studies 78. Springer. New
York, EEUU. pp. 3-29.

Gliessman SR 1990b Quantifying the agroecological component of sustainable
agriculture: a goal. En Gliessman SR (Ed.) Agroecology. Researching the
ecological basis for sustainable agriculture. Ecological Studies 78. Springer. New
York, EEUU. pp. 366-370.

Gliessman SR 2002 Agroecología. Procesos ecológicos en agricultura sostenible.
Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba,
Costa Rica. 359 pp.

Gobierno del estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. 2004. Plan Veracruzano de

Desarrollo. Disponible vía Internet en:
[http://www.sanrafael.gob.mx/plan_estatal/archivos/capitulol.pdf/](http://www.sanrafael.gob.mx/plan_estatal/archivos/capitulol.pdf) (consultado:
18/10/2007).

Gobierno del estado de Veracruz. 2005 Enciclopedia de los Municipios de México. Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=153,1&_dad=portal&_schema=PORTAL Consultado el 03 de abril del 2008.

Greenpace. 2005. GM Contamination register. Consultado en octubre del 2009, <http://www.gmcontaminationregister.org>

Greenpeace. 2006 Guía de alimentos transgénicos. 1ª Edición Guía realizada en base a información recogida hasta el 5 de abril de 2004. Actualizada en Junio del 2006. [http://www.greenpeace.org/raw/content/chile/photosvideos/documentos/guia-de-alimentos.pdf/](http://www.greenpeace.org/raw/content/chile/photosvideos/documentos/guia-de-alimentos.pdf) (consultado: 18/10/2007).

Guzmán-Casado G, González de Molina M, Sevilla-Guzmán E 1999 Introducción a la agroecología como desarrollo rural sustentable. Mundi Prensa. Madrid, España. 535 pp.

Hails, R.S. 2000. Genetically modified plants-the debate continues. Trends in Environmental Ecology 15:14-18.

Hall, L., K. Topinka, J. Huffman, L. Davis, and A. Good. 2000. Pollen flow between herbicide-resistant Brassica napus is the cause of multiple-resistant B. napus volunteers. Weed Science 48:688–694.

Hammond, Bruce G. 2007. Food Safety of Proteins in Agricultural Biotechnology. Monsanto Company, St. Louis, Missouri, USA Series: Food Science and Technology Volume: 172, 320 p

Hancock, J. F. 1992. Plant evolution and the origin of crop species. Prentice Hall, New Jersey.

Hart Robertd. 1985. Conceptos basicos sobre agroecosistemas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica 159 pp.

Hernández, X. E. 1985. Maize and the greater Southwest. Economic Botany 39:416–430.

Herrera-Estrella, L., Depicker, A., Van Montagu, M., Schell, J. 1983. Expression of chimaeric genes transferred into plant cells using a Ti- plasmid derived vector. Nature 303:209-213.

- Hodges, J. 2009. Fundamentos, errores, y asunción de ciencia para el desarrollo del ganado: uso de animales transgénicos. UN IAEA-FAO Simposio internacional sobre la mejora sustentable de la producción animal y la salud. 8-11 de Junio 2009, IAEA, Viena.
- Hodgson, J. 2002. Doubts linger over Mexican corn analysis. *Nature Biotechnology* 20:34
- Hruska, AJ. y M. Lara Pavón. 1997. *Transgenic plants in Mesoamerican agriculture*. Zamorano Academic Press, Honduras.
- Illis, H.H. 1987. Maize evolution and agricultural origins. In: *Grass systematics and evolution: An international symposium held at the Smithsonian Institution, Washington, DC, 27–30 July 1986*. Edited by T.R. Soderstrom et al. p. 195–213.
- Illis, H.H. 2000. Homeotic sexual translocations and the origin of maize (*Zea mays*, Poaceae): A new look at an old problem. *Economic Botany* 54:7–42.
- Illis, H.H., and J.F. Doebley. 1980. Taxonomy of *Zea* (Gramineae) II. Subspecific categories in the *Zea mays* complex and a generic synopsis. *Am. J. Bot.* 67:994–1004.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática o INEGI. 2005. Población total. Disponible vía Internet en: <http://www.inegi.gob.mx/lib/olap/general/MDXQueryDatos.asp?#Regreso&c=10401/> (consultado: 18/10/2007).
- James, C. 2006. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2006. ISAAA Briefs, No. 35; ISAAA: Ithaca, NY.
- James, C. ISAAA, 2007. Situación global de los cultivos transgénicos comercializados 2007 (resumen ejecutivo). Informe actualizado que muestra la adopción y distribución de los cultivos transgénicos en todo el mundo. Disponible vía Internet en: [http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/37/executivesummary/pdf/Brief%2037%20-%20Executive%20Summary%20-%20Spanish%20\(Latin%20America\).pdf](http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/37/executivesummary/pdf/Brief%2037%20-%20Executive%20Summary%20-%20Spanish%20(Latin%20America).pdf) (consultado: 20/10/2008).
- James, C. 2008. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2008. ISAAA Briefs, No. 39; ISAAA: Ithaca, NY. Disponible vía Internet en: [http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/39/executivesummary/pdf/Brief%2039%20-%20Executive%20Summary%20-%20Spanish%20\(Latin%20America\).pdf](http://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/39/executivesummary/pdf/Brief%2039%20-%20Executive%20Summary%20-%20Spanish%20(Latin%20America).pdf) (consultado: 12/12/2009).
- Janssen W, Goldsworthy P 1996 Multidisciplinary research for natural resources management: conceptual and practical implications. *Agric. Syst.* 51: 259-279.

- Jones PG, Robinson DM, Carter SE 1993 A geographical information approach for stratifying tropical Latin America to identify research problems and opportunities in sustainable agriculture. En Bunce RGH, Ryszkowski L, Paoletti MG (Eds.) Landscape ecology and agroecosystems. Lewis. Boca Raton, FL, EEUU. pp. 197-214.
- Kaplinsky, N., et al. 2002. Maize transgene results in Mexico are artifacts. *Nature* 416:601–602.
- Kelly, A.F. and R.A.T. George. 1998. Encyclopedia of seed production of world crops. Chicester: John Wiley and Sons.
- Kruse, H. and H. Sørum. 1994. Transfer of multiple drug resistance plasmids between bacteria of diverse origins in natural microenvironments. *Applied Environmental Microbiology* 60:4015–4021.
- Lih-Ching, C., Yen-Ling, C., Jei-Hwa, Y., Yang-Chih & Shih, D. 2001. Detection of four types of genetically modified maize by polymerase chain reaction and immuno-kit methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 9, 50–57.
- Linacre, N. A., Thompson, C.J. 2004 Dynamic so finsect resistance in Bt-corn. *Ecol. Model.* 171, 271–278.
- Losey JE, Rayor LS, Carter ME. 1999. Transgenic pollen harms monarch larvae. *Nature*. 20; 399(6733):214.
- Mander, J. y E. Goldsmith 1996. The case against the global economy. Sierra Club Books, San Francisco.
- Mariaca M. R., José P. P., Noe S. L, M., Antonio L. M. 2007. La milpa tzotzil de los altos de Chiapas y sus recursos genéticos. El Colegio de la Frontera Sur. Universidad Intercultural de Chiapas. ECOSUR. 272 p.
- Marielle, Catherine 2001, Semillas transgénicas en la comida y en la agricultura campesina, en: *Rostros y Voces del Sur*, Nueva Época, Año6 Núm. 22 Mayo/ Junio 2001.
- Martínez Alier, Joan y Jordi Roca Jusmet., 2000. Economía Ecológica y Política Ambiental. PNUMA-FCE; México.
- Matsuoka, Y. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99: 6080
- Metz, M. and J. Fütterer. 2002. Suspect evidence of transgenic contamination. *Nature* 416:600–601.

- Miraglia M, Berdal K G, Brera C, et al. 2004. Detection and traceability of genetically modified organisms in the food production chain. *Food Chem Toxicol* 42, 1157-1180.
- Miranda M., R., J.J. Sánchez G., M. Aguilar S., C.F. Barrera S. 2001. Un pariente silvestre del maíz como alternativa de forraje. *Scientia-CUCBA Vol 3(4)*: 18-31. ISSN 1665-8493
- Monroy, B. M. (2001), El control de los alimentos mediante la manipulación genética, en: *Rostros y Voces del Sur Op. Cit.*
- Muñoz-Furlong A, Sampson HA, Sicherer SH. HA, Burks AW, 2004. Molecular cloning and epitope Prevalence of selfreported seafood allergy in the U.S. analysis of the peanut allergen, Ara h3. *J Clin Invest. [abstract]. J Allergy Clin Immunol.* 113 (suppl): 1999; 103: 535-42. S100.
- Nadal Alejandro. 2002. Corn in NAFTA: Eight Years After. El Colegio de México. Altieri Miguel. Riesgos Ambientales de los Cultivos Transgénicos: Una evaluación Agroecológica Universidad de California, Berkeley. Consultado en Internet 091109: <http://ww2.grn.es/avalls/riesgos.htm>
- Nadal Alejandro. 2004. "The Environmental Costs of Agricultural Trade Liberalization: US.-Mexico Maize Trade Under NAFTA", *Globalization and the Environment: Lessons from the Americas*. Washington, DC. Heinrich Böll Foundation North America (con Timothy A. Wise). pp 29-32.
- Nadal, Alejandro. 1999. Maize in Mexico: Some environmental implications of the North American Free Trade Agreement (NAFTA), Commission for Environmental Cooperation, Ottawa.
- National Academy of Sciences. 2002. Environmental effects of transgenic plants. Washington, DC: National Academy Press.
- NERC 2000 Support for interdisciplinary science. National Environment Research Council. www.nerc.co.uk
- NOM-056-FITO-1995. Requisitos Fitosanitarios para la Movilización Nacional, Importación y Establecimiento de Pruebas de Campo de Organismos Manipulados Mediante la Aplicación de Ingeniería Genética (11-Jul-96, DGSV, SAGARPA, CNBA)
- OCDE 1993: Safety evaluation of foods derived by modern biotechnology, Concepts and principles. Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos, París.
- OECD 2002. Handbook of Biodiversity Valuation. A guide for policy makers. Final report on the impacts of trade liberalization in OECD countries on the food security of non-member economies (COM/AGR/TD/WP(2001)74/REV1), febrero.

- OMS, 2000. Informe de una Consulta Mixta FAO/OMS de Expertos sobre Alimentos Obtenidos por Medios Biotecnológicos. 29 de mayo a 2 de junio de 2000. FAO, Ginebra, Suiza.
- Ortega-Paczka, R. 1973. Variación en maíz y cambios socioeconómicos en Chiapas México 1946-1971. Tesis de M.C. Colegio de Postgraduados, Rama de Botánica. Chapingo, México. 200p.
- Ortiz-Garcia , E. Ezcurra, B. Schoel, F. Acevedo, J. Soberon and A. A. Snow. 2005. Absence of detectable transgenes in local landraces of maize in Oaxaca, Mexico. S. PNAS Early Edition, August 2005
- Papa R and Gepts P. 2004 Asymmetric gene flow and introgression between domesticated and wild populations. In: H.C.M. den Nijs, D. Bartsch, J. Sweet (eds.), Introgression from Genetically Modified Plants into Wild Relatives. CABI, Wallingford, Oxfordshire, UK
- Patanothai A 1997 Systems approaches to farm management in variable environments. En Teng PS et al. (Eds.) Applications of systems approaches at the farm and regional level. Kluwer. Academic Publisher. London. pp. 19-29.
- Paul Scott. 2007. SB News Report. An Unexpected Method for Controlling Corn Pollen Dispersal
- Perales H, Brush SB, Qualset CO 2003a Landraces of maize in central Mexico: an altitudinal transect. Econ Bot 57: 7–20
- Perales H, Brush SB, Qualset CO 2003b Dynamic management of maize landraces in central Mexico. Econ Bot 57: 21–34
- Perales, B, Morales and M. Del Valle. 2004a. Biotecnología en agricultura: las controversias de un régimen internacional en construcción. in, Integración regional, globalización y sector agropecuario, Universidad de Chapingo y Cámara de Diputados, ISBN 968-884-926-X, pp.207-218.
- Perales, S. A. Ávila, J. A. Oble, D. E. García, V. R. 2004b. El impacto del TLCAN en la cadena agroalimentaria del Arroz. Universidad Autónoma Chapingo 49 p.
- Permingeat, H. R. Martín, I. Reggiardo, and Rubeán H. Vallejos 2002. Detection and Quantification of Transgenes in Grains by Multiplex and Real-Time PCR. J. Agric. Food Chem. 2002, 50, 4431-4436
- Pierce FJ, Nowak P 1999 Aspects of precision agriculture. Adv. Agron. 67: 1-85.
- Piperno, D. R. y Flannery, K. V. 2001. The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: New accelerator mass spectrometry dates and their

implications. PNAS February 13, 2001 vol. 98 no. 4 2101-2103.

Plucknett D L, J T Williams, N J H Smith, N M Anishetty 1992 Bancos genéticos: un recurso mundial. In: Los bancos genéticos y la alimentación mundial. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura y Centro Internacional de Agricultura Tropical. Costa Rica. Pp: 19-34.

Principio Precautorio, es el principio 15 de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo. 14 de junio de 1992

Proyecto de NOM-FITO/ECOL-2001. Disponible vía Internet en: <http://www.cofemermir.gob.mx/uploadtests/2552.59.59.1.nom%20general%20versi%C3%B3n%20dictamen%20cofemer.doc> (consultado el 14/05/08).

Pusztai, A., Grant, G., Bardocz, S., Alonso, R., Chrispeels, M.J., Schroeder, H.E., Tabe, L.M. and Higgins, T.J.V. 1999 Expression of the insecticidal bean alpha-amylase inhibitor transgene has minimal detrimental effect on the nutritional value of peas fed to rats at 30% of the diet. *Journal of Nutrition* 129, 1597–1603.

Qualset, CO., AB. Damania, ACA Zanatta, and S.B. Brush. 1997. Locally based crop plant conservation. In: *Plant Genetic Conservation: The in situ Approach*, N. Maxted, B.Y. Ford-Lloyd, and J.G. Hawkes (eds.). London: Chapman & Hall.

Quintero, R., R. 1991. México ante las nuevas tecnologías. Edit. Centro de Investigaciones Interdisciplinarias en Humanidad UNAM y Miguel Ángel Porrúa, Librero Editor. México. pp. 163-218.

Quist, D. and I. H. Chapela. 2001. Transgenic DNA introgressed into traditional maize

Quist, D. and I.H. Chapela. 2002. Landraces in Oaxaca, México. Reply. In *Nature* 416:602

Reyes, G., G., J. Guerra N., G. Calderón P. 2005. Condiciones de cultivo de maíz criollo en comunidades de Puebla, Tlaxcala e Hidalgo: Un análisis de las economías de autoconsumo. *Aportes, Revista de la Facultad de Economía. BUAP. Año IX. Número 29, Mayo-Agosto de 2005.*

Rissler, J. and M. Mellon 1996. *The ecological risks of engineered crops*. MIT Press, Cambridge.

Ruiz-Rosado O 2001 Agroecological sustainability en Kent, England: the systems theory approach at catchment and parish group levels. Tesis. Imperial College, University of London, UK. 322 pp.

Ruiz-Rosado, 2006. Agroecología: una disciplina que tiende a la transdisciplina. INCI, feb. 2006, vol.31, no.2, p.140-145. ISSN 0378-1844.

Sabbatini, M.R.; Irigoyen, J.H.; Vernavá, M.N. 2002. Estrategias para el manejo integrado de malezas: problemática, resistencia a herbicidas y aportes de la biotecnología. In Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Argenbio. Argentina.

SAGARPA 2007. Secretaría de Economía. Consulta pública para establecer el arancel a la cuota adicional de importación de maíz amarillo. Dirección General de Industrias Básicas. Dirección de Cadenas Agroindustriales. 25 enero del 2007. Disponible vía Internet en: http://www.sagarpa.gob.mx/cmdrs/sesiones/2007/Prim_ord_07/Cons_maiz.pdf/ (consultado: 09/04/2007).

SAGARPA. 2005 Datos básicos de maíz. Boletín semanal. 29 de marzo

Saghai-Maroo MA, Soliman KM, Jorgensen RA, Allard RW. 1984. Ribosomal DNA location spacer-length polymorphisms in barley: Mendelian inheritance, chromosomal and population dynamics. Proc Natl Acad Sci USA 81:8014-8018.

Sánchez G., J.J. 1993. Modern variability and patterns of maize movement in Mesoamerica. In: Corn and Culture in the Prehistoric World. (Ed. S. Johannessen and C.A. Hastorf). Boulder, CO: Westview Press Inc.

Sánchez. G., J.J. and S. Ordáz, L. 1987. Teosinte in Mexico. Systematic and ecogeographic studies on crop gene pools: 2. El teocintle en México: distribución y situación actual de las poblaciones. IBPGR, Rome.

Schuelke, M. 2000. An economic method for the fluorescent labeling of PCR fragments. Nature Biotechnology 18: 233-234.

Sears M.K., R.L., Hellmich, D.E., Stanley-Horn. 2001 Impact of Bt corn pollen on monarch butterfly populations: A risk assessment. Proceedings of the National Academy of Sciences 98, 11937-11942.

SECOFI. 1994. Tratado de Libre Comercio con América del Norte. Ed. Porua 1993. Capítulo IV, artículos 401 a 403.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. 2000. Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica: texto y anexos. Montreal: Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Protocolo de Cartagena sobre Biodiversidad 11-Sept-2003.

SIAP-SAGARPA (Sistema de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2009. "SIACON Base de Datos". SIAP/SAGARPA. 2009. Avance de siembras y cosechas. Resumen nacional por producto. Año agrícola 2008 Riego+Temporal. México D.F. Disponible vía Internet en: http://reportes.siap.gob.mx/Agricola_siap/ResumenProducto.do (consultado: 09/05/2009).

- SIAP-SAGARPA (SISTEMA de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera). 2008. SIACON Base de Datos. México D.F. Disponible vía Internet en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> (consultado: 09/05/2008).
- SIAP-SAGARPA 2007. Situación actual y perspectivas del maíz en México 1996-2012. 208 pp. Elaborado por el SIAP, con datos del SIC-M, SE.
- Smale, M. J. A. Aguirre, G. M. R. Bellon, J. Mendoza, G. I. Manuel, R. 2003. The economic costs and benefits of a participatory project to conserve maize landraces on farms in Oaxaca, Mexico. *Agricultural Economics*, Volume 29, Issue: 265-275.
- Stephen, B. B. Chauvet, M. 2004. Evaluación de los efectos sociales y culturales asociados con la producción de maíz transgénico. In: *Maíz y biodiversidad: Efectos del maíz transgénico en México*. Edición Departamento de Comunicación y Difusión Pública del Secretariado de la CCA (ed). 44 p
- Stotzky, G. 2002. Release, persistence, and biological activity in soil of insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis*. In: *Genetically engineered organisms: assessing environmental and human health effects*. Ed. D. K. Letourneau and B. E. Burrows, 187–222, Boca Raton: CRC Press.
- Stotzky G. 2001. Release, persistence and biological activity in soil of insecticidal proteins from *Bacillus thuringiensis*. Pp. 187-222 in *Genetically Engineered Organisms: Assessing Environmental and Human Health Effects*. D.K. Letourneau and B. E. Burrows, Eds. CRC, Boca Raton, Florida, USA.
- Strizhov, N., M. Séller, J. Mathur, Z. Koncz-Kálmán, D. Bosh, E. Prudovsky, J. Schell, B. Sneh, C. Koncz, and A. Zilberstein. 1996. A synthetic CryIC gene, encoding a *Bacillus thuringiensis*-endotoxin, confers *Spodoptera* resistance in alfalfa and tobacco. *PNAS* 93:15012–15017.
- Takeshi, M., H. Kuribara, K. Takubo, H. Akiyama, H. Miura, Y. Goda, Y. Kusakabe, K. Isshiki, M. Toyoda, and A. Hino. 2002. Detection of Recombinant DNA Segments Introduced to Genetically Modified Maize (*Zea mays*) *J. Agric. Food Chem.* 50:2100-2109
- Tenaillon M.I., M.C. Sawkins, A.D. Long, R.L. Gaut, J.F. Doebley, B.S. Gaut. 2001. Patterns of DNA sequence polymorphism along chromosome 1 of maize (*Zea mays* ssp. *mays* L.). *Proc. Natl. Acad. Sci.* 98:9161–9166.
- Toledo, V.M., 2008. Metabolismos rurales: hacia una teoría económico-ecológica de la apropiación de la naturaleza. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica* 7: 1-26.
- Toledo, Victor Manuel, A. Castillo 2000. Applying Ecology in the third world: The case of México. *Bioscience*. Vol. 50. No. 1. 66-76

- Trujillo OLE, Gliessman SR 2003 Agroecología: origen, principios y estado del arte. Mem. VII Simp. Int. y II Cong. Nac. de Agricultura Sostenible. (Monterrey, NL, México). pp. 15-17.
- Tunwar N.S. and S.V. Singh. 1988. Indian minimum seed certification standards. The Central Seed
- Certification Board Department of Agriculture and Cooperation, Ministry of Agriculture, Government of India, New Delhi.
- UNDP 1995 Agroecology: creating the synergism for a sustainable agriculture. United Nations Development Program. New York, EEUU. 87 pp.
- Valdez M. N. F., R. Rodríguez H., M. L. Reyes V., C. N. Aguilar G. 2003. Detección de residuos de maíz genéticamente modificado en alimentos tradicionales mexicanos. Universidad Autónoma de Coahuila
- Volkmar, C.; Freier, B. 2003. Spider communities in Bt. maize and not genetically modified maize fields vol. 110 (6) p.572-582 Publisher: Verlag Eugen Ulmer GmbH, Stuttgart, Germany
- Vollbrecht, E. y Sigmon, B. 2005 Amazing grass: developmental genetics of maize domestication. Biochemical Society Transactions (2005) Volume 33, part 6.
- Wang, H. 2005. The origin of the naked grains of maize. Nature. 2005 August 4; 436(7051): 714–719.
- Wang, R., A. Stec, J. Hey, L. Lukens, and J. Doebley. 1999. The limits of selection during maize domestication. Nature 398:236–239.
- Wellhausen, E., J. Roberts, L.M. Roberts, and E. Hernández X. 1952. Races of maize in Mexico: Their origin, characteristics, and distribution. Cambridge, MA: The Bussey Institution, Harvard University.
- Wilkes, H.G. 1977. Hybridization of maize and teosinte, in Mexico and Guatemala and the improvement of maize. Economic Botany 31:254–293.
- Wilkes, H.G., 1972. Maize and its wild relatives. Science 177:1071–1077.
- Zapata Bolivar, F. 2001. Biotecnología moderna. Para el desarrollo de México en el siglo XXI: retos y oportunidades. Edit. SEP-CONACYT, pp. 17-24.

ANEXO A

Herramienta de Evaluación de Percepción del Agricultor Campesino

Cuestionario exploratorio sobre el conocimiento y percepción de las implicaciones económicas, legales, sociales, ecológicas y comerciales de la contaminación con maíz transgénico en el estado de Veracruz, México.

La información vertida por el informante será anónima y de utilidad exclusiva para la investigación que se menciona.

DATOS GENERALES

Nombre: _____

Sexo: F () M () Edad (años cumplidos): _____

Grado máximo de estudios: _____

Fecha: _____

Municipio: _____ Comunidad: _____

DISPONIBILIDAD Y MANEJO

1. ¿Cuántas hectáreas dedica a la agricultura?

_____ ha

2. ¿En cuántas hectáreas cultivó maíz en el 2005?

_____ ha

3. ¿Es de riego o de temporal?

Riego () Temporal () Ambos ()

4. ¿En qué ciclos siembra?

Primavera / Verano () Otoño / Invierno () Ambos ()

5. ¿Cuáles tipos de maíz conocen?

6. ¿Qué tipo de semilla siembra? Criolla() Mejorada() Híbrida()
Otra _____ ¿Por qué? _____

7. ¿Dónde compra o adquiere la semilla para sembrar?

Almacén comercial () Almacén de gobierno () Semilla propia ()
Otras _____

8. De la cosecha de maíz ¿qué porcentaje es para consumo y cuánto para venta?

Consumo _____% Venta _____%

9. ¿Del maíz que vende qué porcentaje de su ingreso anual representa? _____%

10. ¿Qué tan importante es el maíz en su vida diaria?

Muy importante () Importante () Neutral () Poco importante () Nada ()

11. Indique en orden de importancia sus actividades productivas

1° _____
2° _____

3° _____
4° _____

5° _____
6° _____

CONOCIMIENTO Y PERCEPCIÓN DEL AGRICULTOR

12. ¿Ha oído hablar del maíz transgénico?

Si () No ()

13. ¿Qué sabe del maíz transgénico?

14. ¿Ha tenido alguna experiencia con cultivos transgénicos?

Si () No ()

¿Cuál? _____

15. Si por accidente se mezclara maíz transgénico con el maíz que usted siembra y utiliza para comer ¿cree que afectaría su salud o la de su familia?

Sí () No () No sabe () ¿Por qué? _____

16. Si por accidente se mezclara maíz transgénico con sus cultivos de maíz ¿cree que afectaría el precio de venta de su maíz?

Sí () No () No sabe () ¿Por qué? _____

17. Si por accidente se mezclara maíz transgénico con sus cultivos de maíz ¿cree que afectaría el precio de venta de su maíz?

Sí () No () No sabe () ¿Por qué? _____

18. Si se llegara a encontrar contaminación con maíz transgénico en sus cultivos ¿cree que usted tendría algún problema legal con las compañías que lo producen y venden?

Sí () No () No sabe () ¿Por qué? _____

19. Si se encontrara contaminación con maíz transgénico en sus cultivos de maíz ¿cree que esto afectaría negativamente la variedad de maíces que existen en la región?

Sí () No () No sabe () ¿Por qué? _____

20. ¿Sembraría maíz transgénico en su parcela?

Sí () No () No sabe () ¿Por qué? _____

ANEXO B

Herramienta de Evaluación del Conocimientos del Consumidor Urbano

Cuestionario exploratorio sobre el conocimiento del consumidor urbano sobre el maíz transgénico y alimentos procesados con transgénicos en el estado de Veracruz, México.

La información vertida por el informante será anónima y de utilidad exclusiva para la investigación que se menciona.

DATOS GENERALES

Nombre: _____

Sexo: F () M () Edad (años cumplidos): _____

Grado máximo de estudios: _____

Fecha: _____

Municipio: _____ Comunidad: _____

CONOCIMIENTO DEL CONSUMIDOR SOBRE ALIMENTOS PROCESADOS CON TRANSGÉNICOS

1. ¿Sabe qué es un alimento transgénico?

No _____

Sí _____ Explique _____

2. ¿Tiene conocimiento de qué es el maíz transgénico y de los alimentos procesados con él?

No _____

Sí _____ Explique y dé ejemplos _____

3.¿Tiene la certeza de si algunos de los alimentos que consumen contienen o no productos transgénicos?

No _____

Sí _____ Explique _____

4. Señale de la lista si ha consumido alguno de estos alimentos:

Harinas: Maicena, Maseca, Minsa

Frijoles: La Sierra, Sabormex

Productos para bebés: Enfapro, Kindercal, Miel Karo, Nan

Bebidas: Ades, Bébere, Clight, Gatorade

Cereales: Nutri Grain Kellogg's, Princesas Kellogg's, Quaker PepsiCo, Zucaritas
Kellogg's, Zucosos Nestlé

Pan y galletas: Empanizador Kellogg's, Lonchibon Bimbo, Galletas Kraker Bran,
Galletas Lara, Galletas Nabisco Kraft, galletas Gamesa PepsiCo, Tía Rosa,
Suandy Bimbo, Gonder

Sopas y pastas: Sopas Knorr, Maggi, Maruchan, Nissin, Rosa Blanca

Tortillas: Milpa real, Tía Rosa

GLOSARIO DE TERMINOS

Para los fines de la presente Investigación se describen los siguientes conceptos:

“*Agrobacterium tumefaciens*”, bacteria presente en el suelo comúnmente, empleada para la mejora genética de cultivos.

“*Bacillus thuringiensis* (Bt)”, bacteria presente en el suelo, usada durante más de 30 años con buenos resultados por jardineros y agricultores orgánicos como bioinsecticida para controlar determinadas plagas. Cuando el insecto al atacar el cultivo lo ingiere, la proteína producida por Bt lo controla al paralizar su sistema digestivo. La proteína Bt que también está incorporada en los maíces y algodones GM, es inofensiva para otros insectos, personas y animales.

“Bioseguridad”, las políticas y procedimientos adoptados para garantizar la segura aplicación de la biotecnología en salud, ambiente y efectos socioeconómicos (se aplica principalmente al uso seguro de organismos transgénicos).

“Biotecnología”, desde el punto de vista científico, es cualquier técnica que utilice organismos vivos o sustancias de estos organismos para hacer o modificar un producto, mejorar plantas o animales, o desarrollar microorganismos, para usos específicos.

"Biotecnología moderna", aplicación de: a) Técnicas in vitro de ácido nucleico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y su inyección directa en células u orgánulos; b) La fusión de células más allá de la familia taxonómica, que superan las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional.

"Conferencia de las Partes", Conferencia de las Partes en el Convenio.

“ELISA”, (enzyme-linked immunosorbent assay) Análisis inmunoenzimático. Técnica que se vale de las propiedades de los anticuerpos para diagnosticar la presencia y la cantidad de determinadas moléculas en una muestra compuesta. Combina la

especificidad de una inmunoglobulina con la capacidad de detectar un producto coloreado generado enzimáticamente. En primer lugar, al anticuerpo primario (específico para la proteína estudiada) que se fija sobre un sustrato sólido, se le añade una cantidad conocida de muestra; el antígeno que contiene la muestra se une al anticuerpo. Se añade un segundo anticuerpo (conjugado con una enzima) específico para un segundo sitio de la proteína en estudio, la enzima genera un cambio de color en presencia de un sustrato reactivo.

"Exportación", movimiento transfronterizo intencional del país fabricante al país comprador

"Exportador", cualquier persona física o jurídica sujeta a la jurisdicción del país exportador que organice la exportación de un organismo vivo modificado.

"Importación", movimiento transfronterizo intencional al país comprador del país fabricante.

"Importador", cualquier persona física o jurídica sujeta a la jurisdicción de importación que organice la importación de un organismo vivo modificado.

"Ingeniería genética", manipulación de la composición genética mediante la introducción o eliminación de genes específicos a través de técnicas modernas de biología molecular y ADN recombinante.

"Inserción génica", incorporación de una o más copias de un gen en un cromosoma.

"Introgresión", secuencias de construcciones transgénicas dentro de organismos no transgénicos

"Movimiento transfronterizo" se entiende el movimiento de un organismo vivo modificado entre países que forman parte del Protocolo de Cartagena, con la excepción de que a los fines de los artículos 17 y 24 el movimiento transfronterizo incluye también el movimiento entre países que son parte y los que no lo son.

"Organismo vivo modificado", cualquier organismo vivo que posea una combinación nueva de material genético que se haya obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna.

"organismo vivo", cualquier entidad biológica capaz de transferir o replicar material genético, incluidos los organismos estériles, los virus y los viroides.

"organismo transgénico", organismo (animal, vegetal o microorganismo) en el cual un gen foráneo, o una secuencia de ADN foránea ha sido incorporada a su genoma durante su desarrollo inicial.

"Organismo no blanco", organismo que se ve afectado por variedades transgénicas, pero para quienes no fue creado.

"PCR" (Reacción en cadena de la polimerasa) (Polymerase chain reaction), método in vitro que permite conseguir múltiples copias de una secuencia determinada de ADN.

"Plásmido", pequeña parte de ADN presente fuera de los cromosomas de algunas bacterias. Los plásmidos pueden servir como herramientas para insertar nueva información genética en microorganismos o plantas.

"Propiedad intelectual", campo de la Ley que incluye la protección de patentes, derechos literarios, marcas comerciales e industriales y protección de variedades vegetales.

"Teosinte, teozinte o teozintle", planta silvestre de aspecto de maíz: flores masculinas en inflorescencia terminal, dispuestas por pares; las femeninas en ejes laterales con estilos largos; granos angulosos y pequeños. Es planta forrajera, *Euchaena mexicana*, es común en Jalisco, México, Puebla, etc., frecuentemente en los plantíos de maíz.

"Uso confinado", cualquier operación llevada a cabo dentro de un local, instalación u otra estructura física, que entrañe la manipulación de organismos vivos modificados controlados por medidas específicas que limiten de forma efectiva su contacto con el medio exterior o sus efectos sobre dicho medio.