

El mejoramiento genético autóctono de maíz (*domesticación continua*) y el maíz transgénico en México

**Antonio Turrent Fernández
José Antonio Serratos Hernández**

Taller celebrado el 12 de Junio del 2006 en el Centro de estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria:

“Régimen de protección del maíz en la Ley de Bioseguridad de OGM's”

Algunos argumentos en pro de la apertura del país a la siembra de maíz transgénico en México, dentro del marco de la LBOGM

- Es posible proteger los centros de biodiversidad genética de maíz nativo por el procedimiento de las áreas de exclusión (como en las reservas ecológicas);
- El conocimiento de la biología reproductiva del maíz y del teocintle, permite definir los procedimientos para cultivar comercialmente maíz transgénico y a la vez impedir el flujo del ADN transgénico hacia los maíces nativos; tal se logra con ciertos parámetros de distancia geográfica y de tiempo;
- En vista de que en su mayoría los materiales nativos han sido ya colectados y estudiados y que se conservan en bancos de germoplasma con varios duplicados en el mundo, se podría recurrir a estas fuentes para descontaminar regiones de maíz nativo cuando fuera necesario;
- La domesticación del maíz es un proceso terminado hace tiempo; es mejor continuar el proceso de mejoramiento genético usando a la ciencia moderna en vez del conocimiento tradicional;
- El flujo de ADN transgénico hacia los maíces nativos es útil para los productores que carecen de recursos de capital;

Teocintle



Híbrido



Maíz



El Mejoramiento genético autóctono del Maíz (proceso de domesticación) (1)

Hernández X. estudió este fenómeno en sus exploraciones Etnobotánicas en México, Guatemala, Cuba, Colombia, Ecuador y Perú; sus observaciones son:

- El campesino cultiva varios tipos de maíz (granos, texturas, color, precocidad, etc.) y aún razas, en sus predios;
- La mujer tiene el conocimiento preciso sobre el mejor tipo de maíz para cada uso específico; ella es la encargada de la selección de la semilla para la siembra;
- Intercambia su maíz con vecinos y trae materiales prometedores a veces de grandes distancias, para su prueba y eventual introducción como variedad o como progenitor;
- El productor conoce del efecto de la polinización entre plantas; conoce las diferentes fechas de floración de sus tipos de maíz;
- Es cuidadoso observador de la naturaleza, siempre en la búsqueda del mejor maíz para cada nicho edafoclimático: ladera, suelo profundo o somero, fecha temprana o tardía de siembra, viento, sequía, helada, resistencia a plagas, etc.
- Mantiene materiales tardíos y precoces (normalmente señalados por el color del grano: blanco para los tardíos, amarillo para los intermedios, y colores oscuros para los precoces) y otros rasgos morfológicos;
- Los materiales tardíos rinden más que los precoces, pero se adaptan sólo a una fracción del predio y sólo al inicio temprano de las lluvias;
- La estabilidad del rendimiento tiene prioridad como criterio de selección, sobre el rendimiento mismo.

El mejoramiento genético autóctono(2)

- . La especie tiene el hábito de la polinización cruzada (alógama).
- . El número de genotipos posibles de la especie es prácticamente infinita. $10^{exp2097}$. En contraste, los productores mexicanos siembran cada año 10^{exp11} individuos, mientras que en el mundo se siembran anualmente (130 millones de ha) 10^{exp19} ; en la historia (10mil años de domesticación en México) serían 10^{exp15} individuos; 10^{exp9} en Bancos de Germoplas.
- . Cuando coinciden (1) el genotipo con la expresión de un carácter sobresaliente, (2) la tensión ambiental selectiva, y (3) la presencia del observador-operador que conserva los gametos, surge la posibilidad del mejoramiento genético. Este proceso requiere el incremento de las frecuencias alélicas dentro de la población, lo que se puede lograr con la operación colectiva social. Así debe haber ocurrido con los grupos étnicos habitantes de Mesoamérica.
- . El productor sabe que hay que salir de la comunidad y del agroecosistema, a veces a grandes distancias, para obtener nuevos materiales genéticos de maíz y enriquecer lo suyo.
- . Estimamos que hay alrededor de un millón de UP (<2ha) de 62 grupos étnicos mexicanos practicando el MGA de 59 razas nativas de maíz.
- . Usa el espacio Mesoamericano como el escenario de ejecución.

El mejoramiento genético autóctono (3)

Los elementos centrales de este sistema parecen ser:

1. La introducción colectiva y continua de nuevos materiales y su hibridación con el material local;
2. La recirculación del material genético entre los predios, muestreando varios nichos edafoclimáticos;
3. La selección de mazorcas y semillas como mecanismo conductor del mejoramiento, siguiendo un consenso cultural sobre el tipo ideal de mazorca y semilla para cada uso;
4. La repetición multilocalidad de este proceso y por prolongados períodos de tiempo;
5. Repetición en paralelo en 59 razas nativas de maíz;

Hace por lo menos 60 años que los materiales genéticos del INIFAP se han infiltrado a las razas nativas por este mecanismo, y más recientemente, también materiales exóticos de clima templado.

Caracteres sobresalientes, frecuentes en algunas razas nativas de maíz de México

- Calidad proteínica
- Contenido de aceite
- Resistencia a plagas y enfermedades de campo
- Resistencia a plagas y enfermedades del almacén
- Adaptación a hiperacidez del suelo
- Adaptación a hiperalcalinidad del suelo
- Asociación simbiótica para la fijación libre de nitrógeno

**Raíces adventicias en raza Olotón
Sierra Mazateca de Oaxaca
Material mucilaginoso**



Plantas de vigor sobresaliente

Relaciones asociativas en el maíz para fines múltiples

- Alta frecuencia de este carácter en la raza olotón en Oaxaca
Estudio dirigido por el Dr. Ronald Ferrera del CP
- De 46 cepas aisladas del mucigel, 36 mostraron capacidad de fijación de N; los géneros involucrados son Klebsiella, Pseudomonas, Azospirillum, Derxia, Xanthobacter
- Seis cepas del mucigel y tres del suelo rizosférico mostraron capacidad antibiótica contra Rhizoctonia, Sclerotium y Fusarium.
- Del total de 93 cepas aisladas del mucigel y el suelo rizosférico, tres presentaron a la vez, capacidad de fijación de N, producción de antibióticos y solubilización de fosfato tricálcico: dentro de los géneros Azospirillum, Citrobacter y Enterobacter.

Estadío actual de la tecnología de ADN recombinante en los híbridos transgénicos comerciales

- Método biolístico: bombardeo a embriones inmaduros de maíz, con el vector plásmido portador del ADN transgénico, mediante la “pistola de genes”, seguido por un proceso de búsqueda del individuo(s) transformado(s) que muestra(n) el comportamiento esperado;
- Restringido a un número mínimo de genes mayores, por lo que la tecnología ADN recombinante depende del mejoramiento genético convencional para definir su materia prima básica: el genotipo de los embriones inmaduros; el transgene es monoalélico e irreversible.
- El locus específico de inserción es incontrolable por este método: puede ser cualquier cromosoma y posición, e ir acompañado de réplicas con locus igualmente incontrolados; esta imprecisión tendría profundas repercusiones en el proceso del Mejoramiento Genético Autóctono, al liberarse comercialmente el maíz transgénico: la más importante es la acumulación progresiva de ADN transgénico en progenies sucesivas del maíz nativo, con efectos aún desconocidos; la pérdida drástica de germoplasma nativo de maíz es un escenario posible en el plazo largo.
- *Takeo Angel Kato Yamakake.2004. Variedades transgénicas y el maíz nativo en México. Agricultura, Sociedad y Desarrollo 1(2):101-109.*

Es necesario realizar investigación para conocer el efecto de liberar maíz transgénico (método biolístico) sobre el maíz nativo-MGA

- Investigación multianual bajo condiciones de bioseguridad (¿Islas Marías? ¿Isla Guadalupe?)
- La investigación habría de ser conducida por un grupo de instituciones públicas nacionales de investigación, con fondos públicos.
- Metodología: (1) exponer a las razas nativas a cruzamientos con diferentes fuentes de transgenes (método biolístico de eventos independientes) de manera progresiva, para que las progenies acumulen las dosis de ADN transgénico, (2) retrocruzar hacia cada raza nativa para simular el método MGA, (3) exponer las progenies acumuladoras de ADN transgénico a la diversidad de tensiones bióticas (plagas, enfermedades) y abióticas (sequía, vientos, heladas, granizo, hiperacidez del suelo, hiperalcalinidad) típicas de sus nichos ecológicos;
- Esta investigación podría durar cinco a diez años y sería costosa, pero también sería ejemplo de la actitud de un país megadiverso que respeta y protege su patrimonio que es a la vez de la humanidad.

La liberación de la generación actual de maíz transgénico (método biolístico) podría ser un mal negocio ecológico para México

- No hay estrategia válida para impedir el flujo de ADN transgénico a las razas nativas de maíz, porque el productor usará a aquellas como progenitoras dentro de su MGA: no es suficiente con aislarlas geográficamente, con leyes reglamentarias, con castigos o con el gene “terminator”;
- Sólo con progreso en la tecnología del ADN recombinante podrá alcanzarse el estadio de inocuidad a las razas nativas;
- Angel Kato nos recuerda que en el caso del sector salud, un tratamiento no puede ser prometedor si tiene efectos colaterales negativos para la salud; tenemos sospechas fundamentadas de que la introducción del maíz transgénico puede tener efectos colaterales desastrosos para el germoplasma nativo de maíz. **Generar este conocimiento debería ser requisito de la introducción del maíz transgénico al país.**

La interacción entre el maíz transgénico y las 59 razas nativas de maíz, amenaza la operatividad del Mejoramiento Genético Autóctono (MGA) en el plazo largo

- Maíz nativo y MGA

Polinización cruzada,
Produce y conserva su semilla,
Búsqueda activa de materiales
para incorporarlos,

X

- Maíz Transgénico y T-ADN-R

Locus transgénico no
controlado,
Carácter monoalélico,
Transformación progresiva,
Mano corporativa libre en el
genoma del maíz,



Transformación de progenies (activa y pasiva)
Acumulación de ADN-T en progenies sucesivas
Irreversibilidad
¿Interferencia con el genoma residente a plazo
largo: 50 años?
Se debe investigar bajo bioseguridad

En resumen:

- 1. El recurso de la protección de áreas de gran diversidad genética de maíz y Teocintle no impedirá el flujo de ADN transgénico hacia las razas nativas de maíz.**
- 2. Las razas nativas de maíz tienen un desarrollo de 60 años con mejoramiento genético autóctono, con respecto al status de colecta durante los años 1950 y 1960.**
- 3. La transformación del maíz nativo por flujo activo o pasivo, acumula irreversible y progresivamente ADN transgénico, y puede haber un umbral de interferencia con la funciones básicas del ADN residente.**
- 4. En el plazo largo, la transformación del maíz nativo dentro del contexto del mejoramiento genético autóctono, no lo favorece.**

Maíz transgénico no comestible: El maíz como bioreactor

- Aprotinina (anticoagulante clave en operaciones a corazón abierto)
- Vacuna contra hepatitis B
- Inhibidor del crecimiento de células cancerígenas
- Insulina humana
- Vacuna contra cáncer cervical
- Enzima digestiva para pacientes con fibrosis quística
- Vacuna abundante y a bajo precio contra sida
- Esta tecnología hará obsoleta a la tecnología de las proteínas terapéuticas recombinantes, cuyo mercado actual es de 17 millardos de dólares y se duplicará hacia el año 2010.
- Un productor de maíz no comestible ganaría muchas veces más que si se dedicara al maíz comestible.

La Ley de Bioseguridad y Organismos Genéticamente Modificados

- **Status de los recursos genéticos de maíz en México;**
- **Status de los recursos genéticos del teocintle en México;**
- **Status de los recursos del ecosistema natural;**
- **Derecho de los pequeños productores de maíz de continuar su estrategia de mejoramiento a largo plazo en un espacio libre de ADN extraño;**
- **Derecho de producir y exportar alimentos tradicionales Mexicanos basados en el maíz hacia mercados internacionales que rechazan los productos transgénicos;**
- **Derecho de acceso de los productores Mexicanos con orientación empresarial, a la tecnología de maíz transgénico comestible y no-comestible;**
- **Derechos de los consumidores;**
- **Montos de inversión privada y pública en la ciencia y tecnología para el maíz transgénico y para la formación de recursos humanos especializados.**