



Boletín de Acción Ecológica
julio 2012 N° 166



Una mirada
al **banano transgénico**
desde la ecología política

UNA MIRADA AL BANANO TRANSGÉNICO DESDE LA ECOLOGÍA POLÍTICA

Durante el 1er. Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad, en el marco del IX Foro Internacional del banano¹, investigadores del Centro de Investigaciones Biotecnológicas del Ecuador (CIBE) de la ESPOL presentaron sus trabajos sobre los avances que habían hecho en la ingeniería genética del banano, para producir dos tipos de plantas transgénicas: con resistencia a la enfermedad de la sygotoka negra y otro biofortificado para que aumente la producción de folato². El Instituto trabaja con financiamiento del SENACYT³ y de la Universidad de Lovaina (Bélgica).

En este documento queremos presentar un análisis de lo que implicaría la introducción de banano transgénico en un país que ha sido declarado libre de transgénicos. Cuáles son las relaciones de poder que se dan en torno a la industria bananera, cuáles serían las vulnerabilidades que se introducirían en nuestra matriz productiva y qué alternativas hay.

UNA HISTORIA ECOLÓGICA DEL BANANO

El banano es una hierba gigante, perteneciente al género *Musa*, de la familias *Musaceae*. Es originario del Sudeste Asiático y las islas del Pacífico. Las evidencias taxonómicas muestran que fue en la península malaya, donde se originó el banano comestible.

Hoy las variedades comerciales se cultivan en todas las regiones tropicales del mundo, y es la fruta tropical más cultivada. Los bananos no se desarrollan a partir de semillas,

1. El Congreso tuvo lugar en Guayaquil del 28 al 31 de mayo 2012

2. El folato, ácido fólico o Vitamina B9, es necesario para la formación de proteínas estructurales y hemoglobina (y por esto de los glóbulos rojos); su insuficiencia en los humanos es rara.

3. Proyecto PIC-08-0003000

pues su reproducción es vegetativa, por eso en muchos casos se habla de clones en lugar de variedades.

Todo el comercio internacional del banano depende de un solo clon: el Cavendish, que por tener una forma de reproducción asexual, tiene una diversidad genética muy pobre; es sensible a la enfermedad de la sigatoka negra, aunque resistente a la enfermedad de Panamá.

Los bananos son híbrido naturales de dos especies silvestres: *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. Debido a su origen, la clasificación de los bananos es muy compleja, pues contienen genomas de las dos especies.

De acuerdo a Simmonds y Shepherd (1955), la fuente primaria del banano moderno fueron formas diploides ($2n$) comestibles de la especie *Musa acuminata*, y que otra especie silvestre, *Musa baibisiana* también contribuyó, a través de un proceso de hibridación. Entonces, existen tipos de *M. acuminata* comestibles que son diploides y triploides; así como híbridos diploides, triploides ($3n$) y tetraploides ($4n$)⁴.

Existe la posibilidad que una tercera especie silvestre haya contribuido para dar origen a un pequeño grupo de banano de híbridos tipo triploides. La triploidía se estableció probablemente por un trabajo de selección humana, para darle vigor y tamaño a la fruta. Los bananos tetraploides ($4n$) son inexplicablemente raros.

Las dos especie *Musa paradisiaca* y *Musa sapientum* son en realidad variedades comestibles de origen híbrido, por lo que esta nomenclatura puede ser separada del grupo de bananos silvestres⁵.

4. Una planta es diploides ($2n$) cuando tienen dos copias de cromosomas (como ocurre con la gran mayoría de seres vivos); es triploide ($3n$) cuando tienen una copia adicional y tetraploide ($4n$) cuando tienen 4 copias.

5. Simmonds, N. W. and Shepherd, K. (1955), The taxonomy and origins of the cultivated bananas. *Journal of the Linnean Society of London, Botany*, 55: 302–312

Clasificación del banano de acuerdo a Simmonds and Shepherd (1995)

Género	Genoma	Tipo	Sub-grupo	Cultivares comunes
Musa	AAA	Banano	Gros Michel	Gros Michel Cocos Lacatan Cavendish enano Valery (robusta, poyo)
Musa	AAB	Plátano	Plátano	Falso cuerno Francés
Musa	ABB	Banana de cocina	Maia Maoli	Maqueño Bluggoe Pelipita

Las designaciones A y B en su genoma, corresponden al genoma de *Musa acuminata* y *M. balbisiana*, respectivamente.

La mayoría de cultivares comerciales son triploides tipo AAA. Son relativamente pocos los clones de banano que se han trasladado desde su centro de origen en el sudeste asiático hacia el resto de los trópicos, dando como resultado que la diversidad de estas plantas vaya disminuyendo desde Asia hacia África hasta América.

Marin et al (1998)⁶, hacen revisión histórica del movimiento del banano desde su centro de origen hacia el resto del mundo, su transformación en un cultivo comercial y la relación con el apareamiento de plagas y enfermedades. Ellos señalan que no hay fechas exactas sobre cómo ocurrió la evolución y difusión de los plátanos comestibles. Posiblemente en el sudeste de Asia este proceso se inició hace milenios. En el siglo V al siglo XV, o tal vez antes, se introdujo en el Océano Índico por comerciantes árabes, persas, hindúes e indonesios. En aquella época, los cultivares que circulaban eran una mezcla de

6. Marin, Sutton y Kenneth. 1998. Dissemination of Bananas y Latin America and the Caribbean and its relationship with the occurrence of *Radopholus similis*. Plant Disease / Vol. 82 No. 9

combinaciones genómicas (AAA), (AAB), (ABB), e incluso cultivares AA y AB.

Antes de la llegada de los portugueses en el siglo XV ya se cultivaba banano y plátanos en África. Es probable que hayan entrado desde Indonesia y Malasia a través de Madagascar y la costa Este a lo largo del siglo X.

Sin embargo, los cultivares de las tierras altas de África Oriental son en general diferentes de los que se cultivan en las zonas bajas. Se cree que el banano dulce y los plátanos (AA y AAA) fueron introducidos al África del Este muy temprano, en zonas donde habían asentamientos árabes.

Más tarde en el siglo VII entraron a Madagascar, desde el sur de Borneo los bananos de cocción (AAB y ABB). Desde allí, se movió hacia el norte y luego hacia el oeste a lo largo de la cuenca del Congo y la costa occidental.

En África Occidental se cultiva los plátanos para cocinar, aunque también hay algunos clones dulce AA y AAA. Los bananos de postre están presentes sobre todo en África Oriental y Egipto.

Los portugueses introdujeron el plátano en las Islas Canarias a finales del siglo XV, luego de sus primeras incursiones a la costa de Guinea (1469 -1474), aunque hay otras teorías sobre la presencia de banano en estas islas.

En 1516, Fray Tomás de Berlanga trajo una planta de banano a la Isla Española (hoy República Dominicana), desde las Canarias. A partir de este clon se tomaron plantas que fueron llevadas a Cuba en 1529, México en 1531 y Costa Rica en 1541 y más tarde a Panamá. El banano fue introducido también por portugueses a través de las islas de Cabo Verde. Los primeros clones identificados en América eran el plátano seda (Musa AAB) y el plátano francés (Musa AAB).

Hay hipótesis que sostienen que en América ya se cultivaba banano antes de la invasión europea, posiblemente proveniente de la Polinesia. Algunos investigadores sostiene que los plátanos del grupo Maná Maoli (tipo popoulu) podría haber entrado a la zona del Pacífico Ecuatoriano alrededor de 200 aC⁷.

A lo largo de los siglos XVI al XIX, portugueses y españoles introdujeron banano en toda la América tropical. Comerciantes holandeses, ingleses, franceses, alemanes jugaron un papel importante en la distribución de banano Gros Michel y Cavendish en África Occidental, América Latina y el Caribe. Otros clones fueron introducido al Continente, a inicios del siglo XX, por el Jardín Botánico de Kew.

Las variedades comerciales empezaron a diseminarse en el continente americano a partir del siglo XIX, empezando por el Caribe. La industria bananera se estableció después de la



7. De Langhe, E. 1996. Banana and plantain: The earliest fruit crops? Pages 6-8 in: INIBAP. Annual Report 1995. INIBAP, Montpellier, France.
Langdon, R. 1993. The banana as a key to early American and Polynesian history. J. Pacific Hist. 28:15-35

introducción de Gros Michel en Jamaica alrededor de 1835. Cuarenta años más tarde, Gros Michel estaba distribuido ampliamente en América Central y el Caribe, y totalmente adoptado por los comerciantes de banano.

Empieza la era de las grandes plantaciones de banano. Se inicia la historia de la bananera en Centroamérica, la misma que está fuertemente ligada a la historia de United Fruit Company.

A mediados de la década del 50, la United Fruit Co. introdujo en sus plantaciones un mutante de Gros Michel conocido como Cocos, porque era más resistente al viento, pero menos resistente a plagas y enfermedades. En 1958 -59 la empresa introduce el banano Cavendish por su resistencia a la enfermedad de Panamá (producida por *Fusarium oxysporum*). En 1960 la variedad Valery (resistente a la enfermedad de Panamá), sustituyó a Gros Michel en todos los países, excepto en Panamá. En la década de 1980, Valery fue reemplazado por un cultivar enano (Grande Naine), que es uno de los cultivares que más se cultiva hoy.

A pesar de la poca diversidad del banano comercial, el Centro de Tránsito Internacional (ITC) de la organización *Biodiversity International*⁸ posee la Colección Internacional de Germoplasma Musa que está alojada en la Universidad Católica Leuven en Bélgica (Katholieke Universiteit Leuven). Esta es la colección más grande del mundo de Musa, con más de 1400 ejemplares, que incluye en su mayoría cultivos tradicionales, algunas muestras mejoradas y sus parientes silvestres. Hay además otras colecciones que son parte de una red y distribuida en diferentes lugares de los trópicos y son parte de la Estrategia Global de Conservación para Musa.

8. Biodiversity International era antes conocida como IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, y pertenece a la red de centros de investigación agrícola CGIAR.

LA ENFERMEDAD DE LA SIGATOKA NEGRA: LA BIOLOGÍA DE UN HONGO PATÓGENO

Las enfermedades de la sigatoka del banano están causadas por dos hongos ascomicetes emparentados: *Mycosphaerella fijiensis*, que causa la sigatoka negra o raya negra de la hoja y *M. musicola*, que causa la sigatoka amarilla o sigatoka común. Estos patógenos se distinguen por las características de sus conidios y los conidióforos⁹.

En el caso de la sigatoka negra, el patógeno ataca las hojas de las plantas, produciendo un rápido deterioro del área foliar cuando no se combate; afecta además el crecimiento y productividad de las plantas al disminuir la capacidad de fotosíntesis. También produce una reducción en la calidad de la fruta, pues acelera la maduración de los racimos.

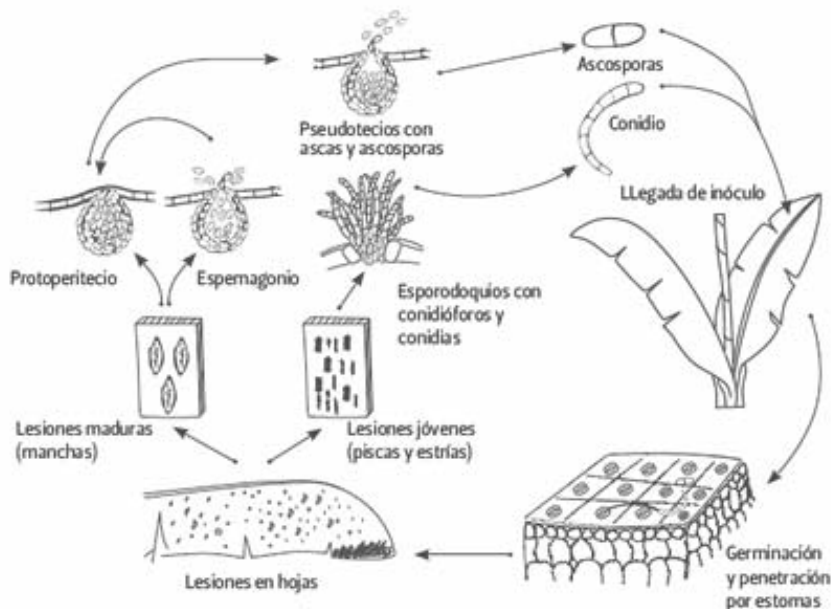
Mycosphaerella fijiensis fue descubierto en Fiji en 1963 y posteriormente en otras islas del Pacífico. En Centro América fue descubierta en Honduras en 1972, desde donde se diseminó al resto de la región. En Sudamérica apareció primero en Colombia en 1981 y en 1989 fue registrada en Ecuador.

Al momento, toda la industria platanera en América Central, Sudamérica y algunas islas del Caribe es afectada notablemente por la enfermedad de la Sigatoka negra.

El nombre científico en su fase de conidio (que es la fase asexual del hongo) es *Paracercospora*. Cuando *Paracercospora fijiensis* (Morelet) (anamorfo¹⁰ de *M. fijiensis*) produce una infección en el banano, se observa un engrosamiento de las paredes celulares en la base de los conidios. Este engrosamiento está ausente cuando la infección es producida por los conidios de *P. museae* (anamorfo de *M. musicola*).

9. Conidios son esporas asexuales y los conidióforos son estructura donde se producen los conidios.

10. Hongo en su fase asexual, cuando produce conidios, llamada también anamorfa



Ciclo de vida del hongo *Paracercospora fijiensis*

Los síntomas que se presentan en la planta también son distintas cuando ésta es atacada por *Mycosphaerella fijiensis* o por *M. musicola*. En el caso de una infección producida por *M. musicola*, el primer síntoma aparece en el haz del limbo en forma de manchas longitudinales de un color amarillo pálido (sigatoka amarilla); cuando la infección es provocada por *M. fijiensis* hay una mancha café oscuro en el envés del limbo (sigatoka negra) de 1 a 2 mm de largo, que aumentan de tamaño formando lesiones necróticas con halos amarillos y centro gris calor.

Las lesiones pueden destruir grandes áreas de tejido foliar y maduración prematura de los frutos. La sigatoka negra es más grave porque afecta a hojas más jóvenes, provocando daños en los tejidos fotosintéticos, y ataca a cultivares resistentes a la sigatoka amarilla (como los cultivares AAB).

En la fase asexual se presentan las primeras lesiones de la enfermedad, donde se observa un número relativamente bajo de conidióforos, que salen de los estomas, principalmente en la superficie inferior de la hoja.

El hongo *Mycosphaerella fijiensis* puede infectar al banano todo el año. La fase sexual es la más importante en la producción de la enfermedad, ya que se produce un gran número de ascosporas¹¹ y son la principal fuente de inóculo, que es el medio de dispersión a grandes distancias y de diseminación de la enfermedad.

La recombinación debido a la naturaleza heterotálica¹² de este patógeno, crea un alto potencial para que ocurran cambios genéticos dentro de las poblaciones de *Mycosphaerella fijiensis*, lo que puede conducir a una rápida adaptación a las condiciones ambientales cambiantes y podría ser la razón de la elevada variabilidad patogénica detectada en el mismo¹³.

De acuerdo a Pedro Crous (2012)¹⁴ el uso de herramientas moleculares han demostrado que en realidad existe un complejo "Mycosphaerella -sigatoka" donde se encuentran más de 20 hongos del tipo *Mycosphaerella* y que producen enfermedades en el banano. Hay además otras *Pseudocarcospora* que producen otras enfermedades menos importantes en el género *Musa*. El señala que las herramientas moleculares también han ayudado a detectar que algunas enfermedades del banano producidas por *Ramichloridium musae*, así como otros hongos géneros anamórficos, morfológicamente similares como *Periconiella*, *Veronaea* y *Rhinocladiella*, están relacionadas también con el complejo *Mycosphaerella*.

El género *Mycosphaerella* es muy complejo y heterogéneo, y está formado por unas 3000 especies y varios miles de especies

11. Las ascosporas son las esporas sexuales.

12. Los hongos heterotálicos producen gametos masculinos y femeninos compatibles en micelios fisiológicamente distintos, al contrario que un hongo homotálico, que producen gametos masculinos y femeninos compatibles en un mismo micelio

13. Orozcos- Santos M, 1998. Manejo integrado de la sigatoka negra del plátano. SAGAR, INIFAP, CIPAC. Campo experimental Tecomán, Colima, México. Folleto técnico N01 División Agrícola. 95p

14. Notas de la ponencia "Sigatoka negra: avances científicos y alternativas de manejo", presentada en el IX Foro Internacional del banano y 1er. Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad. Guayaquil. Mayo 2012.

asexuales¹⁵. Algunas son especies bien definidas, otras no. Los investigadores han ido a un país de origen de alguna enfermedad producida por *Micospherella*, y recolectan material fúngico. Luego van a otro país y encuentran la misma enfermedad, pero cuando comparan molecularmente a los hongos, estos son diferentes, por lo que se podría decir que hay tantas *Micospherella* como huéspedes hay. Y que la misma enfermedad en Norteamérica, no va a ser la misma en Sudamérica o Asia¹⁶. El género *Pseudocercospora* está presente en cualquier planta que podamos pensar, y cada especie es específica para su huésped; y la mayoría de enfermedades son producidas por complejos de especies.

Los resultados de análisis de un grupo de proteínas propias de este grupo de hongos sugiere que los mayores patógenos del banano tienen una historia sexual reciente.

De acuerdo a Crous et al (2011), el género *Micospherella* es ecológicamente muy adaptable. En el caso de *M. fijiensis* los patrones de temperatura y humedad relativa, el número de horas que la superficie de la hoja permanezca humedecida, son importantes factores en la evolución de la enfermedad¹⁷.

Por otro lado, de acuerdo a Rony Swennen de la Universidad de Leuven en Bélgica¹⁸, este hongo tiene una vida sexual muy activa. Es decir, en un mismo ambiente puede haber un micelio que es capaz de infectar al banano y otro que no. El micelio que no lo infecta, puede entrar a la hoja y aunque no produce

15. Ver Crous et al. 2011. Additions to the Mycosphaerella complex. IMA Fungus • Volume 2 • No 1: 49–64.

16. Sobre la complejidad de Mycosphaerella ver P. Crous, et al (2007). Mycosphaerella is polyphyletic. Studies in Mycology 58: 1–32.

17. Fouré, E, 1994. Leaf spot disease of banana and plantain cause by Mycosphaerella fijiensis and Mycosphaerella musicola. 37-46p in The improvement and testing of Musa: A global partnership. Proceedings of the First Global Conference of the International Musa Testing. INIBAP, Montpellier, France.

18. Notas de la ponencia “Sigatoka negra: avances científicos y alternativas de manejo”, presentada en el IX Foro Internacional del banano y 1er. Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad. Guayaquil. Mayo 2012

infección, si puede tener intercambio genético con el otro micelio, y producir esporas sexuales, que por ser heterocigotas, tienen la capacidad producir nuevas infecciones al banano.

Es decir, el agente causal de la sigatoka negra es un organismo muy complejo, altamente variable y diverso con mucha capacidad de adaptabilidad ambiental, lo que hace muy difícil abordar un manejo de la enfermedad a través de la ingeniería genética, pues si se logra obtener un banano que sea resistente o tolerante a la enfermedad, el hongo –debido a su gran versatilidad- podría adaptarse a nuevas plantas con mucha facilidad.

BANANOS TRANSGÉNICOS: ¿LA SOLUCIÓN PEOR QUE LA ENFERMEDAD?

La investigación para el desarrollo de organismos genéticamente modificados obedece a una percepción de desarrollo a través de la cual, se pretende solucionar los problemas causados por el paquete tecnológico de la revolución verde, con más tecnología.

Las plantaciones de banano en los distintos países tropicales han sido infestadas por plagas y enfermedades justamente por la forma como se lo cultiva: extensos monocultivos, uniformidad genética, intenso uso de insumos químicos. Ante epidemias como la enfermedad de la sigatoka negra, se propone ahora como solución la ingeniería genética¹⁹.

Una empresa que ha demostrado su interés por la genética de la enfermedad de la sigatoka negra es Syngenta, que ha secuenciados el genoma de *Mycospherella* (CIRAD 86 y CIRAD 139^a).

19. A través de la ingeniería genética se obtienen organismos genéticamente modificados, conocidos también como transgénicos.

El programa de banano de la organización Biodiversity²⁰ ha desarrollado 70 mil líneas transgénicas con distintos tipos de manipulación genética. Por ejemplo, se insertado genes que expresan proteínas quitinasas²¹, a las que se les añadió distintos tipos promotores, usando suspensión celular. De acuerdo a Swennen²², los resultado en el campo -cuando fueron evaluados- no dieron resultados espectaculares, es decir, la plantas transgénicas se seguían enfermando. En estos días se presentaron los resultados de ensayo de banano transgénico hechos en Uganda y se encontró que las plantas mostraron una resistencia muy limitada a la enfermedad²³.

El propone que es necesario seguir secuenciando el genoma del banano y sus 150 variedades, por ejemplo, a través del proyecto “The 150 Banana Genoma Project” o de un nuevo proyecto que podría llamarse “Banana Genoma Project”.

Sin embargo con tan poco variabilidad genética en el banano y tan amplia variedad y mutabilidad del agente causal de la enfermedad de la sigatoka negra (como lo demuestra el desarrollo tan rápido de resistencia a fungicidas), la ingeniería genética puede resultar en una aventura que no conduzca a ningún lugar, aumentando la vulnerabilidad de este cultivo.

BANANOS TRANSGÉNICO RESISTENTE A LA SIGATOKA NEGRA

En el Instituto de Biotecnología de la Escuela Politécnica del Litoral (CIBE) se está trabajando en dos tipos diferentes de

20. Biodiversity International era antes conocida como IPGRI (Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos), y pertenece a la red de centros de investigación agrícola CGIAR.

21. La quitina es uno de los componentes principales de las paredes celulares de los hongos. Las quitinasas son enzimas que degradan quitina.

22. Notas de la ponencia “Sigatoka negra: avances científicos y alternativas de manejo”, presentada en el IX Foro Internacional del banano y 1er. Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad. Guayaquil. Mayo 2012

23. Mestel Rosie. Bananas and Genetic Engineering. Past, Present and Future. Los Angeles Times. 12-07-2012

transgénicos distintos: uno para resistencia a sigatoka negra, y otro es un banano fortificado.

Para el banano transgénico resistente a la sigatoka negra hay 4 proyectos; 3 son apoyados por el SENACYT.

La necesidad de desarrollar un banano con resistencia a la enfermedad de la sigatoka negra responde al excesivo uso de fungicidas que se aplican para su control²⁴.

Los investigadores del CIBE reportan que parte de su trabajo en el desarrollo de banano transgénico con resistencia a la enfermedad de la sigatoka negra²⁵ se ha dedicado en la identificación de promotores para desarrollar lo que ellos llaman banano “cisgénico”.

Para desarrollar banano con resistencia a la sigatoka negra, se han realizado tres actividades:

a) desarrollo y estandarización de la transferencia de genes en el genoma del banano. Los investigadores señalan que se ha transformado exitosamente los diferentes cultivares de banano y plátano mediante *Agrobacterium tumefaciens*.

QUE ES AGROBACTERIUM TUMEFACIENS

Para insertar el gen de una bacteria en una planta, o en cualquier otro organismo, se necesita un vehículo que transporte, que introduzca ese gen, en el organismo extraño. Ese vehículo se lo conoce como vector. Una de las metodologías usadas es hacerlo a través de la infección de una bacteria que produce tumoraciones en las plantas, llamada *Agrobacterium*.

24. Un informe sobre esta problemática puede encontrarse en Breilh, J. Campaña, A y Maldonado, A. Peritaje a la salud. Trabajadores de aerofumigación en plantaciones de banano. Guayas, El Oro y Los Ríos (Ecuador). 2007

25. Memorias 1er. Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad y IX Foro Internacional del Banano. 28 – 31 mayo 2012. Guayaquil

Las transformaciones hechas a través de *Agrobacterium*, han sido usadas para crear cultivos comerciales desde hace 10 años y se sabe que este tipo de inserción produce mutaciones.

A pesar de ello, hay solamente un estudio a gran escala para evaluar las mutaciones relacionadas con la inserción de transgenes utilizando como vector a *Agrobacterium*. En dicho estudio, se llevaron a cabo 112 eventos de inserción de transgén en *Arabidopsis thaliana* (que no es una especie agrícola), y se encontró que nunca ocurrió una integración exacta del transgén. Es decir, la inserción ocurrió siempre al azar.

Un número significativo de eventos sufrieron re-arreglos a gran escala del genoma de la planta, en el sitio de inserción. Dos de esos eventos de inserción, contuvieron translocaciones cromosómica. El resto tenían re-arreglos que no pudieron ser totalmente caracterizados.

En esta investigación se encontró que 8 de los 112 eventos de inserción mediados por *Agrobacterium*, habían incluido largos segmentos de ADN del plásmido. La mayoría de los otros eventos había incorporado ADN de origen indefinido.

El resultado de este estudios sugieren que la vasta mayoría de los eventos de inserción del transgén incluyen cambios en el genoma de la planta, afectando tanto pequeños segmentos de ADN como también segmentos más grandes, y que hay la inserción de ADN no deseado. Lo que revela el carácter eminentemente incierto de la ingeniería genética, y de los riesgos relacionados.

b) identificación y aislamiento de genes candidatos para resistencia a sigatoka de banano. Se está realizando los estudios para probar la función de los genes candidatos de resistencia a la sigatoka negra identificados en el banano silvestre "Calcutta-4". Se quiere trabajar con genes de quitinasa y análogos de resistencia. Hay varios genes candidatos.

SOBRE LA QUITINA Y LA QUITINASA

La quitina es uno de los principales componentes de las paredes celulares de los hongos. Las quitinasas son proteínas (enzimas) que degradan la quitina.

De acuerdo a Santos et al (2012)²⁶, en el CIBE hay un banco in vitro de plantas de banano modificadas genéticamente y se han identificado genes de resistencia a la sigatoka negra en el banano silvestre "Calcutta-4".

c) la obtención de suspensiones celulares embrionicas de los plátanos "dominico" y "barraganete" y de los bananos "orito" y "williams" como un paso necesario para la transformación genética²⁷.

Uno de los objetivos de esta investigación es estandarizar el método de transformación genética en banano para replicarlo a otros cultivos del país (Santos et al , 2012).

Puesto que se usan secuencias de ADN procedentes del banano, se habla de cisgénesis y no transgénesis. Se dice que es cisgénesis porque se usan secuencias reguladoras de la misma especie o compatibles. El término fue acuñado por Schouten & Jacobsen en 2006.

26. Santos, E et al. Ingeniería Genética para resistencia a la sigatoka negra en banano: avances en el Ecuador. Resúmenes del 1er. Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad. Mayo 2012. Guayaquil.

27. Santos et al (2012)

¿QUÉ ES LA CISGÉNESIS? ¿ES MENOS PELIGROSA QUE LA TRANSGÉNESIS?²⁸

En los últimos tiempos varios artículos hablan de una nueva tecnología que ayudaría a “mejorar” los cultivos, sin incurrir en los peligros inherentes de los transgénicos: la cisgénesis. Una de sus principales aplicaciones es en el banano. Sus proponentes consideran que esta técnica no implica ningún riesgo a la salud o al ambiente, por lo que no debe ser regulada.

La cisgénesis es un término dado por los biotecnólogos para describir a la modificación genética de un organismo receptor de un gen que proviene de otro organismo sexualmente compatible. Esta técnica de biotecnología molecular se aplica en la reproducción de plantas, y difiere de la transgénesis en la medida que no se hacen modificaciones o inserciones de genes entre organismos no sexualmente compatibles.

Sin embargo, siempre habrá algunas secuencias de plásmidos transgénicos en las plantas cisgénicas, por lo que hay ambigüedades en la definición de lo que es una planta cisgénica, tales como permitir la introducción de genes de plantas “relacionadas”, la semántica abren la posibilidad de usar muchas de las manipulaciones genéticas actualmente empleados para hacer que las plantas transgénicas, bajo el disfraz de plantas cisgénicas.

Por ejemplo, como la mayoría de las plantas pueden ser infectados por virus del mosaico del coliflor (CaMV),

28. Tjard de Cock Buning, et al. 2006. 'Cisgenic' as a Product Designation - Nature Biotechnology Debate. Nature Biotechnology 24, 1329 – 1331.

'Cisgenic' crops en: 'Self-Cloned' Wine Yeasts Not Necessarily Safe Prof. Joe Cummins. ISIS Report 08/01/07.

entonces ¿puede el promotor CaMV ser utilizado con los otros genes para promover la expresión génica en plantas cisgénicas? Los defensores de la cisgénesis sostienen que este promotor (usado ampliamente en las plantas transgénicas) puede mejorar una variedad existente sin alterar la composición genética. De hecho, los biotecnólogos que trabajan en cisgénesis prefieren el uso del promotor CaMV porque es mucho más potente que los promotores de las propias plantas²⁹.

De la misma manera, se utiliza genes marcadores con resistencia a antibióticos, de la misma manera como se usa en la creación de plantas transgénicas.

Sus promotores argumentan que no hay ninguna necesidad de aprobación de los reguladores de los cultivos cisgénicos porque no tienen ADN extraño, y ha habido un fuerte apoyo a la propuesta de desregulación de los cultivos cisgénicos por los representantes de la industria.

Dado que la misma tecnología básica es necesaria para hacer plantas cisgénicas y transgénicas, las plantas cisgénicas presentan prácticamente todos los principales problemas de los organismos modificados genéticamente; pues estas pasan por un proceso de transformación del ADN de sus células, lo que resulta en translocaciones del ADN a gran escala dentro la planta. El transgén insertado se revuelve y fracciona, con frecuentes inserciones aleatorias de los plásmido que son usados en este proceso. Además, una planta cisgénica puede carecer de una expresión específica rigurosa del gen introducido en los tejidos donde debe expresarse, dando lugar a modificaciones secundarias aberrantes de las proteínas, lo

29. En un poster "Creación y clonación de plásmidos para el análisis de la actividad de promotores de banano" presentado en el 1er Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad, Villao et al. demuestran que el uso del promotor CMV35S es mucho mas eficiente que los promotores del banano.

que pueden causar graves respuestas inmunológicas en animales.

Además, independientemente de la presencia de elementos reguladores, el patrón y el nivel de la expresión génica puede variar enormemente dependiendo de su sitio de inserción. Es muy probable que la inserción de cualquier transgén produzca mutaciones que no pueden ser removidas por técnicas de mejoramiento convencional para el rasgo añadido, y será más difícil de rastrear los genes insertados.

La afirmación de que la expresión del gen introducido se controla normalmente mediante sus elementos reguladores es muy dudoso debido a que estos elementos pueden estar ubicados a grandes distancias del gen insertado.

Además de poseer muchos de los problemas de las plantas transgénicas, las plantas cisgénicas tienen problemas adicionales de su propia cuenta. Aun si fuera posible la creación de una planta verdaderamente cisgénica que no tenga ninguna secuencias transgénica, entonces sería difícil de caracterizar a esa planta a nivel genómico a causa de la falta de marcadores génicos y, más importante aún, sería problemático rastrear el insertado genes una vez que las plantas sean liberadas. Por ejemplo, una característica común de las plantas trans-y cisgenic es la inclusión de más de una copia del gen en tándem. Esto será un problema si esa planta es utilizada para hacer cruzamiento genético para tener plantas homocigóticas.

Desde un punto de vista diferente, esto será un problema para los agricultores orgánicos, pues ellos no podrán contar con un mecanismo para controlar la contaminación cisgenética.

Sin embargo sus promotores afirman que debido a que el gen introducido ya está presente en una planta relacionada, la "cisgénesis no añade un rasgo extra" y es por lo tanto segura para los consumidores y no representa ningún peligro para el medio ambiente, ignorando que en el proceso de manipulación genética se introduce varias secuencias genéticas que conforman el "paquete de expresión".

RALLT

BANANO TRANSGÉNICO BIOFORTIFICADO

El CIBE está desarrollando, a través "ingeniería metabólica"³⁰ un banano con sobre-expresión de folato, para su futura aplicación tanto en el banano como en otros vegetales. La biofortificación es el método en el cual se seleccionan los cultivos con alta densidad de nutrientes a través de las prácticas convencionales del mejoramiento genético vegetal (o fitomejoramiento) o de la ingeniería genética.

Lo que se quiere es que la planta sobre exprese una proteína relacionada con el ciclo metabólico del folato, lo que haría que el banano tenga mayor cantidad de este nutriente, al tiempo que haría que la planta se desarrolle mejor y que sea más saludable para que puede defenderse mejor de factores de estrés.

El folato es una de las vitaminas del complejo B, conocida también como ácido fólico, o Vitamina B9. La ruta metabólica del folato en plantas no es totalmente conocido, y posiblemente es distinto a la ruta metabólica de las bacterias, pero se sabe que una parte del ciclo metabólico ocurre en las

30. Es una tecnología de ingeniería genética que tiene como objeto la manipulación del ADN para variar rutas metabólicas, ya sea añadiendo nuevos intermediarios a las rutas preexistentes, modificar la regulación de las mismas o creando nuevas rutas.

mitocondrias y otro en los cloroplastos. Es por lo tanto, una ruta metabólica compleja, que demanda de más de un “casete de expresión génica³¹”

Estamos hablando entonces de transgénicos con “genes apilados”. Este tipo de organismos modificados genéticamente significan riesgos adicionales a los ya identificados para otros transgénicos, por eso el Protocolo de Cartagena está desarrollando guías especiales para regular este tipo de cultivos transgénicos.

Para la pregunta que surge es ¿Es necesario desarrollar un banano que contenga altos niveles de folato?. La respuesta es no, pues este es un compuesto que puede adquirirse de una dieta equilibrada sin necesidad de exponer a la población a alimentos transgénicos para “mejorar” su nutrición.

Hay varios alimentos que son fuentes de folato. Las mayores concentraciones las encontramos en algunas legumbres como lentejas, habas, fréjol; en cereales integrales y sus derivados y en el germen de trigo; en vegetales de hoja verde como espinacas, coles, berros, lechugas, espárragos; y en frutas como melón, piña, limón, plátanos, naranjas y aguacate entre otros. Entre los alimentos de origen animal, se incluyen las vísceras como el hígado y el riñón

La propuesta de biofortificar cultivos nació con el llamado “arroz dorado”, que contenía mayor cantidad de Vitamina A, y que se lo proponía para enfrenta problemas relacionados con la ceguera debido a la deficiencia de esta vitamina en algunas poblaciones, sobre todo del Tercer Mundo; esto a pesar de que existen gran cantidad de cultivos y alimentos locales que

31. Casete de expresión genética es una unidad de construcción genética, formada por: el gen introducido (con la característica deseada) + gen promotor (que da la señal para que el gen deseado se transcriba a ARN)+ gen finalizador (que indica al ARN que se traduzca a proteína) + gen tránsito (indica a la proteína que debe actuar en el endosperma). Cada pedazo proviene de diferente organismo.

pueden contribuir a un incremento de la Vitamina A en la dieta, si es que ésta es equilibrada.

En algunos países la deficiencia de la Vitamina A está relacionada con la pérdida de soberanía alimentaria, es decir, las tierras campesinas dejaron de producir para su consumo y el consumo local, con productos de calidad, para producir mercancías para el mercado mundial, descuidando la alimentación local. Esto afectó mucho los niveles nutricionales de poblaciones enteras. Un esfuerzo importante pudo haber sido el recuperar las prácticas agrarias y alimentarias perdidas.

En todo caso, el arroz dorado no pasó de ser una estrategia de marketing para promover los cultivos transgénicos, pues en ese tiempo había un fuerte debate en contra de los cultivos transgénicos en todo el mundo. El arroz dorado nunca fue comercializado masivamente.

Por otro lado, hay una serie de otros problemas con este tipo de transgénicos.

EL "ARROZ DORADO" NO CONSTITUYE UN AVANCE TECNICO Y ES INSEGURO

El "arroz dorado" posee todas las características indeseables de los cultivos transgénicos, más otras adicionales, que se describen a continuación:

- * El arroz dorado está hecho de una combinación de genes y material genético de virus y bacterias asociadas con enfermedades de plantas
- * La construcción genética es nueva; nunca ha existido durante los millones de años de evolución de la vida
- * Se han generado productos derivados impredecibles en el arroz dorado, debido a la inserción de los genes al azar

Por ejemplo el beta-caroteno estaba presente en diferentes proporciones en todas las líneas obtenidas. Adicionalmente se identificó la presencia de otros productos no caracterizados o identificados, los mismos que diferían de una línea a otra. Es difícil decir cuál es el valor nutricional de estos productos, y si estos son peligrosos o beneficiosos.

* El arroz dorado, a diferencia de otros cultivos transgénicos que ya están en el mercado, tiene múltiples copias del promotor CaMV. La sobre-expresión de los genes promotores virales, como el del virus del mosaico de la coliflor (CaMV), provoca respuestas metabólicas indeseadas y las hace inestables. Han habido por lo menos dos promotores CaMV en cada planta del arroz dorado, cada uno de los cuales está ligado a un gen marcador de resistencia a antibióticos.

* La estructura del ADN transgénico es inestable. Esta inestabilidad se mantendrá en las siguientes generaciones. La inestabilidad del ADN transgénico incrementa la posibilidad de que haya transferencia horizontal de genes y recombinación

* La inestabilidad del ADN se incrementa con el promotor CaMV, que tiene un sitio muy activo de recombinación, lo que puede conducir a una mayor transferencia horizontal de genes.

* El promotor CaMV es promiscuo en funcionamiento y trabaja eficientemente en todas las plantas, en algas verdes, levaduras y en E. coli. La dispersión de genes ligados a este promotor por polinización cruzada natural o por transferencia horizontal de genes puede producir severos impactos en la biodiversidad. En particular, el gen de resistencia a la higromicina ligada a éste, puede ser capaz de funcionar en bacterias asociadas con enfermedades infecciosas.

* La transferencia horizontal de transgenes de ADN de la planta transgénica a bacterias ha sido demostrado en

experimentos de laboratorio. Hay evidencias recientes que sugieren que ha ocurrido también pruebas de campo con remolacha transgénica. El ADN persiste en el suelo por al menos dos años (FEMS, 1999)

* En la Universidad de Jena se presentaron evidencias de que hay transferencia horizontal de genes en el sistema digestivo de larvas de abejas. Se alimentaron larvas inmaduras de abeja con polen de canola transgénica tolerante a herbicidas. Cuando se aisló microorganismos del tracto digestivo de las larvas, se encontró que estos tenían los genes de resistencia al herbicida. Estos genes fueron identificados tanto en bacterias como en levaduras

* Todas las células, incluyendo las de los seres humanos, tienen la capacidad de tomar material genético extraño. El material genético natural (no manipulado) es degradado; sin embargo, material invasivo puede saltar al genoma de los genes mutantes. Algunos insertos extraños de material genético puede estar asociado con el cáncer.

* Puede ocurrir que los transgenes introducidos en el "arroz dorado" se esparzan, mediante transferencia horizontal. Estos incluyen genes de resistencia a antibióticos, que pueden ser tomados por bacterias patógenas; y otros con potencial de crear nuevos virus y bacterias asociadas con enfermedades.

Tomaron 10 años producir el arroz dorado, porque este cultivo no tiene el aparato bioquímico para elaborar beta-caroteno, por alguna buena razón biológica. El endosperma inmaduro elabora un precursor temprano del beta-caroteno: el GGPP (geranilgeranil-difosfato). Para que el GGPP se transforme en beta-caroteno, se requiere 4 reacciones metabólicas, cada una catalizada por una enzima diferente. Por lo tanto, se tiene que introducir los genes que sintetizan estas 4 enzimas en el arroz, para que puedan expresarse en el endosperma, cada gene debe

tener su marcador genético y su promotor propio y otros genes que permiten la expresión del transgén.

En el arroz se introdujeron 3 construcciones (cada una se introdujo con el vector Ti, del parásito genético *Agrobacterium*):

PRIMERA CONSTRUCCION: Casete de expresión de la Enzima Uno: + gen marcador de resistencia al antibiótico higromicina + promotor CaMV + Enzimas dos y tres (de *Erwinia uredovora*, una bacteria patógena de plantas) + marcador genético de resistencia al antibiótico kanamicina

SEGUNDA CONSTRUCCION: Casete de expresión de la Enzima Uno + Enzimas dos y tres (sin marcador genético) + promotor CaMV

TERCERA CONSTRUCCION: Casete de expresión de la Enzima Cuatro (del narciso) + casete de expresión del gen marcador de resistencia al antibiótico higromicina.

Se hicieron dos eventos de transformación en el arroz. En el primer ensayo, se inocularon 800 embriones inmaduros de arroz con el vector que tenía la primera construcción. Resultaron 50 plantas transgénicas. En un segundo ensayo se inocularon 500 embriones con una mezcla de la segunda y la tercera construcción. 60 plantas habían tomado la tercera construcción, pero sólo 12 habían tomado las dos construcciones introducidas. Las construcciones se insertaron de distinta manera en cada una de las células transformadas.

Mae Wan Ho
Instituto de Ciencia en la Sociedad

Este es un extracto del artículo publicado en: Third World Resurgency No. 118-119. El artículo completo puede ser encontrado en: www.twinside.org.sg

NORMATIVA NACIONAL SOBRE LOS ORGANISMOS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS O TRANSGÉNICOS

La Constitución del Ecuador declaró -en el Artículo 401- al Ecuador libre de cultivos y semillas transgénicas, aunque hace una excepción cuando por caso de interés nacional, debidamente fundamentado por la Presidencia de la República y aprobado por la Asamblea Nacional, se podrán introducir semillas y cultivos genéticamente modificados. El interés nacional está también explicitado en la Constitución, al reconocer derechos a la naturaleza, y al Sumak Kawsay o Buen Vivir como el camino a través del cual debemos caminar hacia nuestro futuro como país, y a la soberanía alimentaria como uno de los objetivos del Sumak Kawsay.

El caso que estamos analizando se trata de experimentación. Al respecto, el mismo Art. 401 estipula que...

Se prohíbe la aplicación de biotecnologías riesgosas o experimentales.

Por otra parte, el Art. 15 sostiene que

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos

Y además prohíbe...

los organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas.

Adicionalmente, el Art. 73 sobre los Derechos de la naturaleza establece que...

Se prohíbe la introducción de organismos y material orgánico e inorgánico que puedan alterar de manera definitiva el patrimonio genético nacional.

Sobre los transgénicos hay diferentes posturas. Hay quienes reniegan del texto constitucional y los promueven, en muchos casos basándose en el discurso desarrollado por las empresas biotecnológicas que, como Monsanto, dicen que estos cultivos “mejoran la agricultura y mejoran la vida”; y que hay que probar que son peligrosos antes de prohibirlos, en tanto que otros rechazan a los transgénicos por sus comprobados impactos en la naturaleza y la salud humana y de los cultivos.

Quienes abrazan la primera postura estarían promoviendo un anti principio de precaución, el mismo que establece que ante la incertidumbre sobre la inocuidad de un cultivo, es el proponente de la tecnología quien debe demostrar su inocuidad, y no a la inversa. De acuerdo al principio de precaución, reconocido en la Constitución del Ecuador en los Art. 73 y 396, la carga de la prueba recae en quien introducir o desarrollar en el país, organismos genéticamente modificados.

Esto se refuerza con el Art. 395.4 de la Constitución, que dice...

En caso de duda sobre el alcance de las disposiciones legales en materia ambiental, éstas se aplicarán en el sentido más favorable a la protección de la naturaleza.

Finalmente, la Ley Orgánica de la Salud, en su Art. 149 dice...

Para el desarrollo, tratamiento, elaboración, producción, aplicación, manipulación, uso, almacenamiento, transporte, distribución, importación, comercialización y expendio de alimentos para consumo humano que sean

o contengan productos genéticamente modificados, la autoridad sanitaria requerirá la demostración basada en la evidencia, mediante estudios técnicos y científicos, de su inocuidad y seguridad para los consumidores y el medio ambiente. Estos estudios podrán ser observacionales, de casos y controles o prospectivos.

Con estos antecedentes, cabe preguntarse cuál es la base constitucional y legal para que se lleven a cabo estos trabajos, y si la actividad bananera ecuatoriana obedece al “interés nacional”.

¿INTERÉS NACIONAL? ECOLOGÍA POLÍTICA DEL BANANO EN EL ECUADOR

El Ecuador es el primer exportador de banano en el mundo. Sus exportaciones representan el 35% del mercado mundial, y contribuye al 24% del PIB agrícola. Su principal auge tuvo lugar en 1948 a 1965 cuando Galo Plaza desarrolló una política de inversión extranjera. Desde entonces distintos gobiernos de turno han dictado políticas favorables a este sector. Se cultiva banano en 20 provincias del territorio continental, pero las principales plantaciones comerciales se centra en las provincias de Los Ríos, donde se produce el 35% del total nacional y es una producción netamente empresarial con una alta concentración de tierra y agua, seguidas por Guayas, con el 32% y El Oro donde la producción está en manos de pequeños y medianos productores.

De los mayores países productores de banano de Latinoamérica, el Ecuador muestra un rendimiento productivo menor, con 37 TM/ ha (comparadas con las 51 TM/ ha de Colombia y las 41 TM/ ha de Costa Rica). El promedio de rendimiento en el país es de 32 TM/ ha. La productividad más alta se encuentra en la provincia de los Ríos con 39.2 TM/ ha y la más baja en Manabí con 20 TM/ ha.

En Ecuador existen diversos sistemas de producción de banano. Algunas plantaciones tienen riego, sistemas de drenaje, cablevías y su necesidad de mano de obra es de menos de un trabajador por hectárea. Otras son de secano, utilizan pocos insumos externos, tienen sistemas de drenaje ineficaces, instalaciones rudimentarias, y podrían emplear hasta cinco trabajadores por hectárea³².

Por la misma razón, la producción bananera en el país es muy variable que va desde unidades familiares, patronales hasta agroempresariales; y con distintos tipos de propietarios; a diferencia de otros países exportadores donde las empresas transnacionales producen directamente en sus plantaciones. Aparentemente, parecía que la industria bananera beneficiara a un importante grupo de agricultores pequeños y medianos, pero estos tienen una fuerte dependencia a los exportadores. Sus fincas son de hecho territorios campesinos monopolizados por el agronegocio.

RELACIONES DE PODER EN LA PRODUCCIÓN BANANERA

Aunque la producción bananera es llevada a cabo por miles de pequeños y medianos productores, es un pequeño grupo de empresarios el que controla esta actividad, a través del control de las exportaciones. Ellos imponen los términos de cómo deben producir, del paquete tecnológico que deben aplicar, de la calidad de banano que pueden comprar; lo que en muchos casos queda consagrado a través de un contrato entre productores y exportadores. Si el productor rompe alguno de los términos del contrato, el exportador simplemente no le compra, o le paga menos por la caja. Por eso, uno de los mayores problemas con relación al banano en el Ecuador es

32. FAO. Países exportadores de banano. Ecuador.

la pugna entre los productores y los exportadores³³. El Ministerio de Agricultura, para controlar que se está pagando el precio oficial de la caja del banano, exige que todo el banano que se exporta tenga un contrato, pero Jorge Toapanta, Secretario de la Asociación de Bananeros Oreses considera que debido a ello, ahora los exportadores (directamente o a través de sus intermediarios), controlan la oferta, la demanda y el precio de la caja de banano³⁴.

PRODUCTORES DE DIFERENTES PROVINCIAS PIDEN MEDIDAS DE HECHO

La producción bananera ha dejado de ser rentable para convertirse en una simple actividad ocupacional para miles de agricultores, trabajadores, campesinos y más personas integrantes de ese emporio de trabajo y riqueza que en todo el país da sustento económico, paz y estabilidad social a millones de ecuatorianos, hace conocer en un comunicado la Asociación de Bananeros.

Como hechos provocadores de esta trágica situación tenemos a la dolarización que, no es ningún sistema económico sino una herramienta de política cambiaria que, está matando toda la producción nacional, incluidas todas las actividades agropecuarias del Ecuador.

Para darnos cuenta de este terrible hecho, en el banano, solo observemos que en noviembre de 1999 el costo de producción por caja calculado por el entonces MAG era \$ 1,92; luego del 15 de enero del año 2000 en que pusieron en vigencia la dolarización, concretamente en febrero del

33. Rosero, J.L. 2001. Un análisis sobre la competitividad del banano ecuatoriano. Apuntes de Economía 17.

34. Toapanta Jorge. El contrato bananero: trampa mortal para los productores. La Línea de Fuego. Junio 22, 2012.

2000 subió a \$ 2,32 y después de tres meses, en mayo, dicho costo subió a \$ 2,55. Escalada alcista de más de medio dólar por caja que por ser producida en un semestre, deja en evidencia la amenaza mortal que acarrea la dolarización.

En los siguientes años dicho costo ha mantenido un permanente incremento por la sostenida elevación del precio de los insumos agrícolas y más rubros. En el presente año 2012 el costo de producción por caja supera los 5 dólares, luego de haber sufrido una serie de gravámenes, exigencias e imposiciones de parte del gobierno nacional y de gobiernos seccionales como las obligaciones laborales, ambientales, tributarias, en riego, ante el MAGAP, de los municipios, etc. Saetas preparadas para lanzarlas contra el agricultor y más sectores a través del Código de la Producción, el COOTAD, las reformas tributarias y laborales, etc.

La tragedia se agrava porque el gobierno nacional exige y exige, mientras no asegura nada al productor, ni tan siquiera el pago del precio mínimo de sustentación de la caja.

A más de eso, amparado en las últimas reformas a la Ley del Banano, como arrear al ganado para acorralarlo en un callejón, el gobierno nacional obliga al productor a meterse en contrato; mecanismo perverso que desde el año pasado hace caer al productor en esa trampa mortal e igualmente en el sistema de pago SPI y más obligaciones que sólo sirven para dar impunidad a los exportadores especuladores.

Publicado en: Diario El Nacional de Machala. Página No. 7 de la edición. Domingo 1 de julio/2012.

Las relaciones de poder se manifiestan también en las condiciones laborales. En el Ecuador se ocupan unas 200.000 personas en forma directa en las plantaciones aproximadamente 400.000 más en actividades relacionadas con la producción y exportación de banano en el país.

Sin embargo, Cepeda (2011) señala que las relaciones laborales en el banano casi no se realizan de manera directa entre el jornalero y el dueño de la plantación, pues la mayoría son a través de intermediarios, quienes los contratan por un día, por tarea o al destajo. El añade que tras el salario o los jornales, se esconde la explotación de la que son objeto los trabajadores, pues lo que reciben es menor al valor de la fuerza de trabajo contratada, para lo que usan estrategias tales como aumentar las horas de trabajo (por lo general se trabaja una hora más por día), intensificar la jornada de trabajo (se da en trabajadores que tienen contratos en avance, quienes si bien reciben una mejor remuneración, debe hacer un esfuerzo adicional que no es proporcional a lo que recibe). Hay también un incumplimiento en el pago de remuneraciones adicionales.

LOS GRUPOS DE PODER

El mercado bananero internacional es un mercado en extremo competitivo, el cual se encuentra dominado por un reducido número de empresas. En el Ecuador la concentración monopólica es muy fuerte en la fase de comercialización. De las diez principales empresas exportadoras de banano, cinco son extranjeras. La Bananera Noboa ha sido la exportadora más importante del Ecuador y ha ocupado ese lugar por más de 30 años. Sin embargo, al momento UBESA (del grupo DOLE) es la principal exportadora, seguida por la empresa rusa Pacific Crown Fruit, dejando a Bananera Continental en el tercer lugar.

Bananera Continental es el nuevo nombre de Bananera Noboa, luego de que el Servicio de Rentas Internas la clausurara por un litigio tributario en el que se exigía el pago de más de USD 80 millones por impuesto a la renta.

Estas empresas tienen sus propias plantaciones, pero también compran a productores nacionales. Una vez que su banano ha salido del Ecuador, estas empresas distribuyen la fruta en varios países. Por ejemplo las empresas rusas venden banano en varios otros países, con su propia marca. Mucho del banano que se exporta a Bélgica y Alemania es luego re-exportado por empresas europeas, convirtiéndose en importadoras y exportadoras.



PRINCIPALES EMPRESAS EXPORTADORAS DE BANANO
POR EXPORTACIONES (AÑO 2010)

Empresa	% Exportaciones Totales	Notas
UBESA	11,55	Perteneciente al grupo DOLE (Estados Unidos)
Pacific Crown Fruit	8,6	Filial de JFC en Ecuador, después de declararse en banca rota pasó a llamarse Bagnilasa (Rusia).
Bananera Continental	7,88	Grupo Noboa (Ecuador)
Fruitstylelife	6,08	Grupo CONANA, uno de los líderes en el negocio de la fruta en Europa. (Alemania)
Reybanpac	5,85	Grupo Vicente Wong (Ecuador)
Oro Banana	5,25	Grupo OBSA, que incluye empresas, servicios logísticos (aerofumigadoras, camioneros y de laboratorio) y de laboratorio. (Ecuador)
Brundicorpi	5,24	Grupo Chiquita (Estados Unidos)
Ecuagreenprodex	3,53	Grupo Banex (Rusia)
Asoagribal	3,46	(Ecuador)
Sertecban	3,2	Grupo GROPAGRO. (Ecuador). Marca Derby

Fuente: AEBE (2011)

Los principales productores de banano en el mundo son India, Las Filipinas y China, pero como tienen un mercado interno importante, no son los primeros exportadores de la fruta. Estos países son seguidos por Ecuador y Brasil (país que tienen medio millón de hectáreas dedicadas al mercado interno).

En términos del valor de las exportaciones, el primer país es Ecuador, seguido por Bélgica. En este último país, las empresas importan el banano y lo re-exportan a otros países europeos. Le siguen Las Filipinas, Costa Rica y Alemania que también re-exporta banano importado.

Las exportaciones de banano ecuatoriano captan el 35% de la necesidad del mercado de la Unión Europea de esta fruta. La

producción ecuatoriana, según la Asociación de Exportadores de Banano de Ecuador cubre casi 1,1 millones de las 4 millones de toneladas que requiere el bloque europeo³⁵.

EXPORTACIONES DE BANANO ECUATORIANO (cajas)

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
TOTAL	233.680.433	237.525.037	271.826.771	265.587.828	284.587.549	
Promedio mensual	21.243.676	21.593.185	22.652.231	22.132.319	23.715.629	23.432.003*

Fuente: AEBE

Volúmenes en cajas de 18.14 Kg.

*promedio de los tres primeros meses, que son en los que más se exporta

En este cuadro podemos ver que a pesar de la crisis económica, las exportaciones de banano no han disminuido sino que se han incrementado, beneficiando sobre todo a los grandes exportadores. Según algunos analistas, a medida que la población envejece en algunas regiones del mundo, se incrementa el consumo de banano.

EXPORTACIONES DE BANANO ECUATORIANO (cajas)

DESTINO	2009	2010	2011
Mar del Norte/ Báltico	19,53	22,35	23,26
Rusia	21,13	20,09	22,65
Mediterráneo	21,71	19,18	17,17
Estados Unidos	21,73	21,16	17,07
Europa del Este	4,19	4,25	7,49
Cono Sur	5,99	6,87	3,81
Medio Oriente	2,09	2,63	0,79
Oceanía	0,48	0,50	0,42
África	1,94	2,05	0,33
Oriente	1,21		

Fuente: AEBE (2011)

35. El banano ecuatoriano debe crear una "marca de origen". 1/Junio/2012 hoy.com.ec

Vemos que el principal mercado del banano del Ecuador es el europeo, donde hay un sector de consumidores muy exigente en términos de calidad del producto y de las formas como un alimento es producido. Es por eso que mientras aumentan los nichos de mercado para el banano orgánico y de comercio justo, aumenta también el rechazo a los alimentos transgénicos.

METABOLISMO SOCIAL

Si consideramos a la producción bananera como un sistema abierto que tiene flujos de entrada, flujos interiores y flujos de salida, podemos tener una idea de cómo funciona el metabolismo social de esta actividad.

En el flujo de entrada tenemos que en la industria bananera se aplican grandes cantidades de insumos químicos especialmente plaguicidas para el control de plagas y enfermedades. El coctel de químicos utilizado en las plantaciones de banano está conformado por fungicidas, herbicidas, insecticidas, nematocidas y ha generado un estado epidemiológico preocupante en las zonas aledañas a las plantaciones.

Además, en las plantación bananera convencionales se aplican fertilizantes químicos en base a nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre. Otro insumo importante es el plástico, que es usado para protección y embalaje de la fruta.

El agua forma también parte de los flujos exteriores asociados con la industria bananera, siendo una de las actividades agrícolas que más la acapara. Al respecto, Acosta (2010)³⁶ dice que los campesinos arroceros del Guayas pagan 120 veces

36. Acosta (2010). Ecuador. El agua, un derecho humano no un negocio. Ecoportal.

más por el acceso al agua del que paga la bananera REYBANPAC; los horticultores de Toacazo en Cotopaxi pagan 52 veces más y los de Licto en Chimborazo, pagan 35 veces más. Un informe del Foro de Recursos Hídrico³⁷ muestra que

En banano, de las 56.272 ha. con derechos para riego, los sistemas públicos cubren el 46% del área con los proyectos Pasaje-Machala, Guabo-Borbones, Ducos, Tahuin, Caluguro, Santa Rosa, Milagro y Manuel de J. Calle. Sin duda que el agua de algunos sistemas públicos de riego juegan un rol trascendental en el desarrollo de la producción del sector empresarial.

El informe también demuestra que hay un uso ilegal de agua de riego en la industria bananera...

Si recorremos toda el área bananera del Ecuador sólo podríamos encontrar cultivos sin riego como situaciones de excepción. Pero lo novedoso por decirlo de manera coloquial, es que el número de concesiones solo representa el 1,2% de las UPA's bananeras y la superficie cultivada con agua de riego autorizada cubre apenas el 17% del total. Esto significa que el uso del agua al margen de la Ley, es por lo menos cinco veces la superficie que cuenta con autorizaciones de riego.

Entre los flujos interiores tenemos la tierra. Como señala Zapatta, el banano sigue expandiéndose territorialmente y al momento la superficie cultivada es de 220.000 ha. El añade que hay una relación muy cercana entre el control del agua y el control sobre la tierra y que varios conflictos de tierra están relacionados con la calidad de los suelos en disputa, por la abundancia de agua.

37. Foro de Recursos Hídrico. 2008 El despojo del agua y la necesidad de una transformación urgente.

En el país existen cerca de cinco mil productores de banano aunque se habla de casi 12 000 productores, muchos de los cuales no están registrados. Como lo señala Cepeda (2011)³⁸, el 80% de las unidades productivas corresponden a pequeños productores con fincas de menos de 30 hectáreas, y representan el 36% de la superficie total sembrada; el 8,5% posee entre 30 y 50 hectáreas, que representan el 38% del total cultivado, y tan solo el 3,5% son unidades productivas mayores de 100 ha, pero ocupan el 26% de la superficie total sembrada. Estos datos nos habla de una gran concentración de la tierra por parte de los medianos y grandes bananeros.

Martínez Alier aporta con otros aspecto. El dice que cuando se exporta el banano, se está exportando potasio gratuitamente, que no regresa al campo, empobreciendo los suelos ecuatorianos, y que debe ser repuesto con la aplicación de fertilizantes inorgánicos importados. De esa manera, el considera que la sobreexplotación del banano podría ser considerada como una actividad extractiva por la gran cantidad de este mineral que sale.

Entre los flujos de salida tenemos el banano como tal, más el potasio que se extrae en la fase de producción y el agua que sale en forma de "agua virtual". Podría entenderse como agua virtual la cantidad de agua por unidad de alimento que es lo que podría ser consumido durante su proceso de producción, es decir utilizada o contenida en la creación de productos agrícolas³⁹. Zapatta explica que...

...el comercio agrícola mundial no es sino una gigantesca transferencia de agua, en forma de commodities, desde regiones donde se la encuentra en forma abundante y a

38. Cepeda, Darío (2011). Cuando las manos hacen el racimo: condiciones de producción y trabajo del banano en Ecuador. En ¿Agroindustria y Soberanía Alimentaria? Hacia una Ley de Agroindustria y Empleo Rural. SIPAE.

39. Pengue Walter. 2008. Curso de Ecología Política. Clase 7. Deuda Ecológica y Agua Virtual. Grupo de Ecología y Paisaje. Universidad de Buenos Aires.

bajo costo, hacia otras donde escasea, es cara y su uso compite con otras prioridades⁴⁰.

Pengue (2008) estima que aproximadamente el 15 % del agua utilizada en el mundo se destina a la exportación en forma de agua virtual y que el 67 % de la circulación de agua virtual está relacionado con el comercio internacional de cultivos.

Dado que el banano es una de las agroindustrias que más agua acapara, cada vez que se exporta banano ecuatoriano, se está también exportando agua.

La fase final del metabolismo social es la excreción. Todos los insumos usados en la producción, transporte y consumo de la fruta se convierten eventualmente en desechos, que son los flujos externos del metabolismo social del banano que con frecuencia no es considerado cuando se evalúa esta industria.

En la fase de la producción, los desechos van a parar a los cuerpos de agua, ecosistemas naturales, botaderos de basura o en las poblaciones aledañas. Un informe hecho por Maldonado y Martínez (2007)⁴¹ en una comunidad rural que vive junto a plantaciones de banano en Ecuador, expuestas a fumigaciones aéreas, reporta que el porcentaje de abortos es más alto y con una tendencia creciente, si se compara con una comunidad no expuesta. El mayor número de abortos puede estar relacionado con la exposición a ciertos pesticidas. Se encontró además diferencias muy significativas en el número de niños con malformaciones congénitas (26 malformaciones por cada 1000 niños en la comunidad expuestas frente a dos por cada mil en la no expuesta). Las enfermedades más frecuentes fueron asma, diabetes, problemas hepáticos, cáncer e insuficiencia renal. Por otro lado, se encontró afectación a los

40. Zapatta Alex. Ecuador: Consumo de agua en la agroindustria ecuatoriana. Gloobal.

41. Maldonado Adolfo y Martínez Ana María, 2007. Impacto de las fumigaciones aéreas en las bananeras de las Ramas- Salitre-Guayas.

cultivos de subsistencia mantenidos por los miembros de la comunidad, así como a sus animales domésticos.

Con la introducción de banano transgénico en este sistema productivo, se generarán nuevas e inesperadas complicaciones en el metabolismo social de la industria bananera.



MIRANDO EL PROBLEMA DESDE OTRAS ARISTAS

Para Rony Swennen más que centrarse en la aplicación de venenos para el control del patógeno, se debería pensar más en un manejo adecuado del cultivo, tomando en cuenta las condiciones ambientales y las prácticas agronómicas⁴².

Él señala que hay formas de control de la sigatoka negra cultivando el banano bajo sombra y añade que un campesino productor de banano propuso que la incidencia de la enfermedad es menor cuando se siembra el banano con cultivos asociados y esta propuesta ha dado muy buenos resultados. La nutrición del suelo, el estado del tiempo también influyen en la incidencia de la enfermedad. Por otro lado, algunos productores orgánicos han conseguido replicar las

42. Rony Swennen. Notas de la ponencia "Sigatoka negra: avances científicos y alternativas de manejo", presentada en el IX Foro Internacional del banano y 1er. Congreso Internacional de Biotecnología y Biodiversidad. Guayaquil. Mayo 2012.

condiciones selváticas en las que se originó el banano, como una planta pionera.

Finalmente, el señala que se debería diversificar genéticamente a la planta, es decir, trabajar con otras variedades que no sea el clon Cavendish.

Otra posibilidad es el control biológico. En un estudio se encontró que en el control biológico de la sigatoka negra se puede usar microorganismos quitinolíticos y glucaloníticos antagonistas como *Serratia marcescens* y *Bacillus sp*⁴³.

Hay otras estrategias de manejo de la enfermedad de la sigatoka negra como el uso de cáscara de arroz. En una zona de incidencia se tuvo 3 hojas infestadas con la enfermedad en cambio en el control (sin ningún tratamiento), se obtuvo 19 hojas infestadas.

Según el técnico francés Pierre Escodo el mercado europeo está consciente de que el banano ecuatoriano es de mejor calidad. Por otro lado, Werner Nader, de la firma europea de control de calidad Eurofins sostiene que el país debería intensificar la producción del banano orgánico, pues en ese continente se registra un incremento de la demanda anual entre el 10% al 20% como promedio⁴⁴.

Mucho del banano que circula en Europa es de “comercio justo”. En el Reino Unido, el 95% de las importaciones de banano son de “comercio justo”. Gran parte de las importaciones europeas se hace ahora a través de supermercados, que tienen cada vez más poder de mercado. En este contexto cabe decir que el 80% del banano que se vende en Sainsbury’s es de “comercio justo”⁴⁵ y en Tesco el banano es bio-ecológico. El banano orgánico está creciendo también en Alemania y Holanda.

43. Narváez, Sánchez y Maldonado. Nueva Alternativa contra la sigatoka negra en Banano Orgánico.

44. El banano ecuatoriano debe crear una 'marca de origen. 1/Junio/2012 hoy.com.ec

45. Sainsbury gana cuota de mercado con Comercio Justo. www.eurofresh-distribution.com



En el Ecuador se cultivan unas 14.000 ha de banano orgánico. De acuerdo a información suministrada por empresas certificadoras, en el Ecuador se producirían unas 360.000 TM/año de banano y orito orgánico⁴⁶, y unas 60 mil TM/año se exportan bajo el esquema de comercio justo. Un ejemplo es el banano orgánico producido por la organización campesina UNORCAL, comercializado como Banafair.

CONCLUSIONES

1. El Ecuador ha sido declarado constitucionalmente libre de cultivos y semillas transgénicas. Si este es el caso, ¿cuál es la necesidad de investigar el desarrollo de bananos transgénicos si estos no podrán ser sembrados en el país?
2. La Constitución además prohíbe las tecnologías peligrosas y experimentales.
3. Si bien el texto constitucional abre una excepción a la liberación de transgénicos al ambiente, por motivos de interés nacional, este interés nacional debe basarse en otros preceptos constitucionales como el Sumak Kawsay, la Soberanía Alimentaria y los derechos de la naturaleza.

Aunque el banano es el principal producto de exportación agrícola, esta actividad está atravesada por fuertes relaciones de poder. El comercio internacional del banano está controlado por un pequeño número de grandes empresa, varias de ellas transnacionales, y que en sus plantaciones mantienen relaciones laborales precarias. Además estas

46. Estrella Liggia, 2004. Agricultura Orgánica en el Ecuador. Veco


empresas exportadoras compran la fruta de agricultores independientes, con frecuencia no pagan el precio oficial de la caja, o buscan subterfugios para perjudicarlos, y de esa manera incrementar sus ganancias.

En esta fase productiva hay problemas ambientales relacionados con el elevado uso de insumos químicos, plásticos, agua y generación de desechos.

4. El comercio internacional del banano se basa en un sólo clon: el cultivar Cavendish, por lo que su base genética es muy estrecha. El hongo que produce la enfermedad de la sigatoka negra por el contrario tiene una amplia diversidad genética, y ha desarrollado a lo largo de su historia evolutiva estrategias de adaptabilidad e infectividad a nuevos huéspedes muy grande, por lo que con mucha facilidad va a adaptarse a cualquier cultivar transgénico que sea liberado al ambiente de manera comercial.

5. Hay otras alternativas para el control de esta enfermedad como la diversificación genética del cultivo, un manejo agronómico adecuado, el establecer cultivos bajo sombra (replicando las condiciones selváticas en las que se originó el banano) y otros. Otra alternativa es la producción orgánica del banano. En el Ecuador se produce y exporta banano orgánico, y es muy apreciado internacionalmente.

6. En cuanto al banano biofortificado, recordemos que el Ecuador es un país megadiverso tanto en término de especies silvestres como cultivadas. Podemos encontrar en esa rica biodiversidad una gran cantidad de productos que consumidos en una dieta equilibrada, podrá ayudar a resolver cualquier problema de deficiencia de nutrientes en la población. Todo ese dinero y esfuerzos que se usa en el desarrollo de banano transgénico puede ser usado en potenciar nuestra riqueza biológica.



**UN PAÍS
MEGADIVERSO
NO NECESITA DE
CULTIVOS
TRANSGÉNICOS PARA
RESOLVER LOS
PROBLEMAS
AGRONÓMICOS Y
NUTRICIONALES DE LA
POBLACIÓN**

Para mayor Información contactarse con:
Acción Ecológica
Correo electrónico: ebravo@rallt.org
Casilla 17 15246c
Telefax: (593-2) 3211-103 / 3210-436
Quito-Ecuador



JUNTA DE ANDALUCÍA



Brederlijk Delen 
could be sóon please leaf