

La biotecnología vegetal: ¿Una alternativa para el enfrentamiento a los impactos del cambio climático en Cuba?

Arnaldo F. Álvarez Brito.

Instituto de Investigaciones Agro-Forestales, 174 N° 1723 e/ 17B y 17C, Rpto. Siboney, Playa, La Habana, Cuba. e-mail: archie@forestales.co.cu

RESUMEN

Los impactos esperables del cambio climático sobre los sectores agrícola y forestal en Cuba, derivados de las evaluaciones realizadas a la luz de la Primera y Segunda Comunicación Nacional de Cuba a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático, han permitido valorar cómo la biotecnología vegetal puede insertarse adecuadamente en la implementación del Programa Agrario de Enfrentamiento al Cambio Climático, en aras de propiciar la protección de la seguridad y soberanía alimentarias del país y a la par, la de la biodiversidad agrícola y forestal. Además, contribuye a que el sector forestal mantenga su condición de único sumidero neto de carbono en el país, lo cual demuestra que su empleo puede ampliar de forma efectiva las alternativas de adaptación disponibles.

Palabras clave: adaptación, biotecnología vegetal, cambio climático, impactos.

The plant biotechnology: An alternative for the confrontation to the impacts of the climatic change in Cuba?

ABSTRACT

The expected impacts of the climatic change on the agricultural and forest sectors in Cuba, derived from the evaluations carried out under the First and the Second National Communication of Cuba to the United Nations Frame Convention on Climatic Change, allowed to value how plant biotechnology can be inserted appropriately in the implementation of the Agrarian Program for Confrontation to the Climatic Change, in order to propitiate the protection of the security and alimentary sovereignty of the country and at the same time, the agricultural and forest biodiversity. Also, contributing that the forest sector maintains its condition of unique net carbon drain in the country. All those facts demonstrate that the use of plant biotechnology can enhance, in an effective way, the available alternatives of adaptation.

Key words: adaptation, climatic change, impacts, plant biotechnology.

INTRODUCCIÓN

A partir de las pruebas presentadas en el año 2007 por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 2007), quedó demostrado que al menos durante los últimos 50 años del siglo XX, el hombre ha estado interactuando con el clima planetario mediante la emisión de gases de efecto invernadero de origen antrópico. Esto ha provocado el reforzamiento del efecto invernadero natural que ha dado origen al calentamiento global acelerado, que a su vez ha iniciado la modificación de las tendencias históricas de otras variables climáticas e incluso ambientales. Este proceso en su conjunto ha sido denominado como cambio climático.

La República de Cuba es parte signataria de la Convención Marco de Naciones Unidas para

el Cambio Climático desde su presentación en Río de Janeiro, en el año 1992. Como tal, en cumplimiento de las obligaciones así contraídas, ha venido desarrollando un conjunto de acciones que incluyen el sistemático monitoreo del Balance Nacional de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (López *et al.*, 2007) y la presentación de sus Comunicaciones Nacionales a la Conferencia de las Partes. La primera de ellas fue entregada en el año 2001 (Centella *et al.*, 2001), mientras que la segunda se encuentra en la fase final de elaboración.

Como parte del trabajo desarrollado para la elaboración de la Segunda Comunicación Nacional, el Ministerio de la Agricultura (MINAG) ha realizado acciones encaminadas primero, a la identificación de aquellas producciones del sector agrícola en las que resulta importante

para la seguridad y soberanía alimentarias del país, conocer qué impactos negativos se debe esperar que enfrenten como consecuencia del cambio climático y segundo, identificar qué alternativas de adaptación serían más adecuadas poner en práctica para minimizar los impactos sobre esas producciones (Álvarez, 2011).

Por otra parte, desde finales de la década de los años 90 del siglo XX, el sector forestal del MINAG también ha venido trabajando activamente en la identificación de los impactos negativos esperables del cambio climático y de las alternativas de adaptación a implementar para atenuarlos (Centella *et al.*, 2001; Álvarez, 2010).

Sin embargo, aun cuando las dos Comunicaciones Nacionales elaboradas por el país incluyen un total de 59 medidas de adaptación al cambio climático propuestas al MINAG para los tres sectores que lo integran (agrícola, pecuario y forestal), ninguna de ellas hace referencia explícita al papel que debe corresponderle en su implementación a las ciencias biotecnológicas en cualesquiera de sus ramas: la vegetal y la animal. Este aspecto aumenta en relevancia si se toma en consideración que el MINAG dispone en el país de 15 biofábricas, destinadas especialmente a la reproducción de material vegetal de alto valor genético cuyo objetivo es la producción de alimentos.

Entonces, ante esta situación, constituye una necesidad esclarecer cuál es el papel que cabe esperar que desempeñe la biotecnología de las plantas en la implementación del Programa Agrario de Enfrentamiento al Cambio Climático, en cumplimiento de las indicaciones emitidas al respecto por el Gobierno del país. Este trabajo pretende un acercamiento a esta temática a partir de la documentación disponible.

DESARROLLO

El sector agrícola: impactos esperables y medidas de adaptación

En el contexto de la Primera Comunicación Nacional fueron evaluados los impactos esperables debidos al aumento de la

temperatura del aire y a la variación del régimen de lluvias, con y sin efecto de la fertilización atmosférica causada por el aumento de la concentración de CO₂, sobre un total de 11 cultivos. Estos fueron: papa (*Solanum tuberosum* L.), frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), soya (*Glycine maximum* (L.) Merr.), yuca (*Manihot esculenta* Crantz), arroz (*Oryza sativa* L.), caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), maíz (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), millo perla (*Pennisetum americanus* (L.) Leake) y caupí (*Vigna unguiculata*) (Centella *et al.*, 2001).

Por otra parte, para la Segunda Comunicación Nacional, el MINAG priorizó la evaluación de producciones agrícolas específicas, que incluyeron papa (*Solanum tuberosum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), para las cuales se consideraron los efectos esperables de la temperatura, las lluvias, los ciclones tropicales y el aumento del nivel medio del mar (Álvarez, 2011).

Adicionalmente, en ambas Comunicaciones también fueron valoradas las modificaciones esperables debido a los cambios de estas variables climáticas en las principales plagas que afectan estos cultivos y, las posibilidades de variación futura de la composición de especies involucradas.

Los principales resultados alcanzados en ambas Comunicaciones y considerando las prioridades del MINAG, pueden resumirse como sigue:

Producción de papa (*Solanum tuberosum* L.) (INCA, 2011)

Probablemente es la única actividad productiva agraria que ya se ha visto obligada a implementar acciones de adaptación al cambio climático (aunque inconcientemente), debido al gradiente espacial que presenta la temperatura del aire en el país desde la región oriental a la occidental. Esto determinó la suspensión de la producción en las seis provincias orientales (Camagüey, Las Tunas, Holguín, Granma, Santiago de Cuba y Guantánamo), a fin de mantener los rendimientos medios entre 20 y 22 t ha⁻¹. En adición a ello, las evaluaciones realizadas han sugerido la necesidad de acometer la obtención de nuevas variedades nacionales, que conjuguen la tolerancia a una

mayor temperatura, con rendimientos aceptables en suelos de capacidad agroproductiva mediana (II+III).

Producción de arroz (*Oryza sativa* L.) (IIG, 2011)

Solo en cuatro provincias se concentran actualmente los mayores niveles productivos, tanto en superficie como en cantidad, con rendimientos que varían entre 3.3 y 3.8 t ha⁻¹: Pinar del Río, Sancti Spíritus, Camagüey y Granma (Fig. 1).

Las evaluaciones realizadas sugieren que, en adición a las medidas agrotécnicas relacionadas con la reducción en la demanda de agua y el aumento en la eficiencia de su empleo, es necesario desarrollar acciones encaminadas a la obtención de nuevas variedades, que conjuguen la adaptación a una menor demanda de agua, con una mayor tolerancia a la temperatura y a la salinidad.

Producción de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) (IIT, 2011)

Asociada indirectamente a la seguridad alimentaria por constituir una de sus principales fuentes financieras, en la producción de tabaco se identificaron diversos impactos: el incremento de la temperatura atmosférica que conllevará a la posible proliferación de plagas y enfermedades. Igualmente, la disminución de las lluvias y los bajos niveles de humedad, tanto en el suelo como en la atmósfera tendrán impactos negativos, porque repercuten no sólo en la transpiración, sino también en la

fotosíntesis. También el aumento en frecuencia e intensidad de los ciclones tropicales, porque facilitan el traslado de patógenos, provocan erosión eólica en Pinar del Río, destruyen las casas de curación y generan daños a las plantaciones de eucalipto (*Eucalyptus* spp.) (para los cujes) y de cedro (*Cedrela odorata* L.) (para el envasado y los humidores). Finalmente, el aumento del nivel medio del mar, debido a la salinización de los suelos y acuíferos con perjuicio de la buena combustibilidad y la afectación de la hoja usada para capa en el tabaco exportable. Por los múltiples impactos identificados, el programa tabacalero deberá considerar, entre otros aspectos, la valoración de los niveles de tolerancia o resistencia de las variedades actuales a las principales plagas, bajo mayores temperaturas y menores lluvias.

Los resultados expuestos evidencian que el mejoramiento genético es factor común llamado a desempeñar un papel central en la búsqueda e implementación de alternativas de adaptación asociadas a las tres producciones agrícolas priorizadas que han sido objeto de análisis en la Segunda Comunicación: papa, arroz y tabaco. Además, entre las producciones agrícolas priorizadas por el país que fueron evaluadas en la Primera Comunicación y para las que el mejoramiento genético también constituye una alternativa de adaptación se encuentran, los frijoles (común y caupí), el maíz y el sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench), en tanto que el garbanzo (*Cicer arietinum* L.) es una producción cuya evaluación de impactos aun no ha sido acometida.

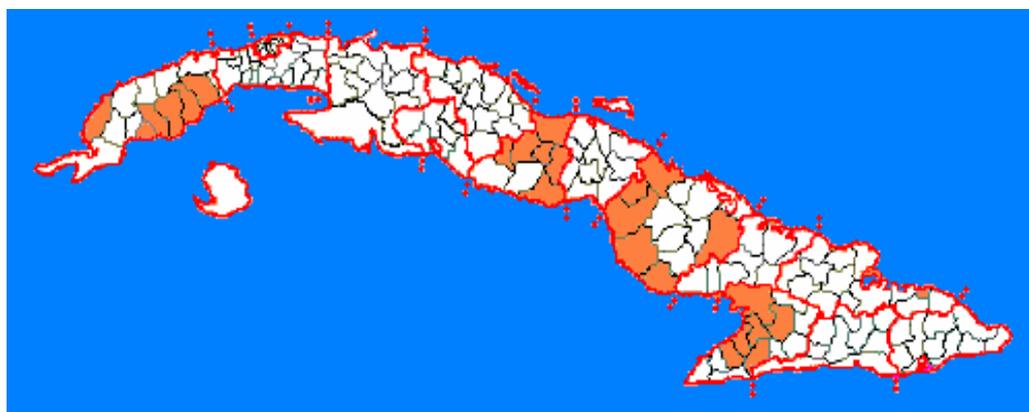


Figura 1. Municipios de cuatro provincias de Cuba (24) donde se concentran las mayores producciones de arroz del país (Álvarez, 2011).

Estos elementos demuestran que la biotecnología, con sus múltiples métodos de trabajo que incluyen desde la micropropagación por diversas vías, hasta el mejoramiento genético asistido por marcadores y la ingeniería genética, debe formar parte indisoluble del esfuerzo de la ciencia nacional por anticiparse a los impactos del cambio climático, en aras de proteger la seguridad y soberanía alimentaria del país, con la premisa de salvaguardar la biodiversidad agrícola nacional.

En tal sentido, noticias recientes del Centro Internacional *John Innes*, en Norwich, Reino Unido, informando el hallazgo del gen *pif4*, responsable del florecimiento de las plantas cuando llega la primavera y aumentan las temperaturas (Orbe, 2012a) y del Centro de Estudios Genéticos Agrícolas de la Universidad de Can Tho, Vietnam, informando la obtención de variedades de arroz que es posible cultivar en campos inundados de agua salada (Orbe, 2012b), indican que de hecho la biotecnología vegetal ya está siendo utilizada como alternativa de enfrentamiento al cambio climático.

Sin embargo, tanto quienes apliquen las técnicas convencionales de mejora genética, como quienes utilicen los métodos biotecnológicos, deberán tomar en consideración que no se trata solo de obtener materiales vegetales mejorados adaptados a los impactos abióticos y bióticos actuales. Además, el mejoramiento deberá realizarse buscando obtener materiales vegetales adaptados a los escenarios climáticos que a corto, mediano y largo plazos se prevén para las diferentes partes del país y ello reclamará un cambio de forma de pensar y actuar en quienes acometan estas actividades.

El sector forestal: impactos esperables y medidas de adaptación

El sector forestal cubano no forma parte de las prioridades vinculadas con la seguridad y soberanía alimentaria del país, pero sí con sus prioridades logísticas, por cuanto la cobertura boscosa está indisolublemente vinculada con la conservación y el mejoramiento de los suelos, que es la base y sustento de la producción de alimentos. En adición a ello, los bosques cubanos constituyen la principal reserva de biodiversidad nacional; el único sumidero neto de carbono del país, que se remueve anualmente de la atmósfera entre 12 y 15 millones de toneladas de

CO₂. Además, los bosques costeros y en particular los manglares, constituyen la única barrera física terrestre con que cuenta Cuba para atenuar espacial y temporalmente los impactos generados por el aumento del nivel medio del mar, de la intrusión salina en los acuíferos y de las marejadas (surgencia) asociadas a los ciclones tropicales (Álvarez, 2010).

En la Primera Comunicación Nacional el impacto esperable sobre los bosques naturales de Cuba debido al aumento de la temperatura y a la variación de las lluvias también fue evaluado, así como el aumento del nivel medio del mar (Centella *et al.*, 2001). En la Segunda Comunicación Nacional la evaluación incluyó, además de esos impactos, los efectos del aumento de la concentración atmosférica de CO₂ y las modificaciones esperables en las principales plagas debido a los cambios de estas variables climáticas y las posibilidades de variación futura en la composición de especies involucradas, tanto entre las ya presentes en el país, como las que puedan llegar a él desde el entorno regional.

De particular importancia para el sector forestal cubano son los impactos relacionados con la biodiversidad que fueron identificados en la Segunda Comunicación, derivados de las afectaciones esperables en diferentes áreas (Fig. 2) debido a:

- El aumento del nivel medio del mar y de la intrusión salina en los acuíferos subterráneos, en el sur de las provincias Artemisa y Mayabeque; en la Ciénaga de Zapata (mayor humedal costero insular de la cuenca del Caribe), provincia Matanzas; en la costa norte de la provincia Villa Clara y, en el refugio de fauna Delta del Cauto, en la provincia Granma.
- El aumento de la temperatura media del aire y en especial de la temperatura mínima, en el macizo de Guamuhaya, en la cordillera Sagua-Nipe-Baracoa y en la Sierra Maestra.

Estos impactos colocan en riesgo de desaparición a un amplio grupo de especies forestales arbóreas, muchas de las cuales son endémicas e incluso algunas de ellas ya están protegidas legalmente por considerarse en peligro. Esto ha dado lugar a la formulación de una demanda de apoyo a las ciencias biotecnológicas con vistas a la implementación de una estrategia de adaptación que incluye tanto la conservación *in situ*, como la conservación *ex situ* de estos recursos. Esta



Figura 2. Áreas evaluadas en Cuba donde la biodiversidad forestal es especialmente vulnerable debido a los impactos del cambio climático.

estrategia comprende el apoyo a la reproducción sexual a través de facilitar la germinación de semillas y el crecimiento de embriones en condiciones *in vitro*, como vía para la reintroducción de especies; la determinación de la variabilidad intraespecífica y el desarrollo de protocolos de propagación asexual para la obtención de plántulas destinadas a la introducción en nuevos ambientes así como, el desarrollo de protocolos de crioconservación para la protección a largo plazo de tejidos, polen y semillas (Álvarez, 2012).

Sin embargo, hay otro aspecto relacionado con el sector forestal donde la biotecnología está llamada a desempeñar un importante papel en el enfrentamiento al cambio climático.

La biodiversidad forestal de los bosques de montaña se encuentra bajo el riesgo del impacto de la temperatura ambiental, variable cuyo promedio en Cuba ha aumentado 0.9°C durante los últimos 20 años, mientras que su valor mínimo aumentó 1.9°C (Centella, 2012), a lo que se añade que el desequilibrio que provoque el cambio climático en estos frágiles ecosistemas generará una reducción de su capacidad actual de retención de carbono, razones que de conjunto sugieren la conveniencia de minimizar el aprovechamiento forestal en esas regiones.

En aras de alcanzar tal objetivo, el sector forestal está empeñado en desarrollar en las zonas llanas del país una tecnología conocida como silvicultura intensiva. Esta consiste en concentrar en zonas llanas y de buenas condiciones edáficas, recursos de alto potencial

genético para el objetivo productivo perseguido donde, además, se apliquen manejos silvícolas que propicien la maximización de la producción y la reducción del tiempo requerido, lo que de conjunto permitiría aumentar los rendimientos y disminuir la duración de los turnos de aprovechamiento.

Sin embargo, la identificación de los recursos de alto potencial genético apropiados para cada condición edáfica donde se lleve a cabo la silvicultura intensiva no es un proceso rápido, dados los ciclos reproductivos de estas especies y las características de los métodos tradicionales utilizados en el mejoramiento genético de poblaciones. Esto implica una selección recurrente acompañada de la creación de bancos de genes, pruebas de progenies y áreas especializadas para la producción de semilla mejorada, a lo que se añade que el resultado dependerá del grado de control genético existente sobre el carácter mejorado y que estos métodos permiten controlar del total de la varianza genética, solo la aditiva, cuya expresión es además susceptible a los efectos de la interacción (genotipo x ambiente).

No obstante, si se dispusiera de protocolos de micropropagación para las nueve especies arbóreas forestales involucradas en la silvicultura intensiva (*Acacia mangium* Willd., *Albizia procera* (Roxb.) Benth. et Hook, *Talipariti elatum* (Sw.) Frixell., *Gmelina arborea* Roxb., *Pinus cubensis* Griseb., *Pinus caribaea* Morelet var. *caribaea* B.&G., *Tectona grandis* L. F., *Cordia alliodora* (R. et P.) Cham. y *E. urophylla* S. T. Blake) (INAF, 2011), que permitieran reproducirlas de forma masiva en las

biofábricas, entonces el tiempo necesario para la identificación de los recursos de alto potencial genético apropiados para cada lugar se pudiera reducir significativamente. Entre las razones que fundamentan lo anterior se encuentran que una vez seleccionada la población de mejora, cada uno de los individuos que la componen se podría micropropagar en tal cantidad que permitiera el establecimiento simultáneo de pruebas clonales en todos los lugares, a fin de poder evaluar y escoger los genotipos mejor adaptados a cada ambiente específico en un tiempo relativamente corto y a partir de esos resultados, reproducir selectivamente en las biofábricas el conjunto de genotipos destinado a cada ambiente particular.

El proceso descrito antes es conocido como silvicultura clonal y además de permitir una reducción apreciable de tiempo en la identificación de los recursos de alto potencial genético apropiados para cada lugar, facilita también el aprovechamiento de toda la varianza genética (aditiva y no aditiva) disponible, debido al empleo de un método de reproducción asexual.

Entonces, esta línea de trabajo en la biotecnología vegetal no solo facilitaría, acortaría en tiempo y abarataría considerablemente los costos de la silvicultura intensiva, sino que al permitir su desarrollo estaría a la par contribuyendo a que los bosques de montaña puedan dejar de ser aprovechados y recategorizados entonces como Bosques de Conservación. Esto contribuiría así a la estabilización de sus ecosistemas, a la disminución de la vulnerabilidad de su biodiversidad y a la conservación y aumento del carbono que retienen, lo que de conjunto los colocaría en una posición más favorable para adaptarse naturalmente a los impactos del cambio climático.

CONCLUSIONES

El análisis particular de los impactos esperables del cambio climático sobre las producciones agrícolas priorizadas en el país, así como sobre el sector forestal nacional ha permitido evidenciar las múltiples acciones que la biotecnología vegetal puede llevar a cabo en aras de facilitar y fortalecer la implementación

del Programa Agrario de Enfrentamiento al Cambio Climático, demostrando que el conjunto de métodos biotecnológicos disponibles constituyen de hecho, una alternativa adicional a disposición del sector agrario cubano.

REFERENCIAS

Álvarez, A (2010) Reporte del sector forestal al Producto Impactos, Adaptación y Vulnerabilidades al cambio climático. Instituto de Investigaciones Forestales, La Habana, Cuba. 220 pp.

Álvarez, A (2011) Reanálisis de los impactos del cambio climático en el sector agropecuario: 2ª aproximación. Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba. 60 pp.

Álvarez, A (2012) Cambio climático y seguridad alimentaria: Un desafío para los mejoradores. Conferencia impartida en la Fac. Agronomía, Univ. Central Marta Abreu, de Las Villas. Clara, Cuba

Centella, A (2012) Tendencias del clima y cambio climático en Cuba. Taller por el 50 Aniversario de la Defensa Civil. La Habana, Cuba. 11 pp.

Centella, P, Llanes A J, Paz L (2001) Primera Comunicación Nacional a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático. La Habana, Cuba. 166 pp.

IIG (2011) Versión para el informe de cambio climático: Cultivo arroz. Instituto de Investigaciones de Granos, MINAG, La Habana, Cuba. 15 p.

IIT (2011) Informe de Tarea del Proyecto Segunda Comunicación Nacional: Sector Tabaco. Instituto de Investigaciones del Tabaco, MINAG, La Habana, Cuba. 22 p.

INAF (2011) Demandas de investigación e innovación tecnológica del Grupo Empresarial Agricultura de Montaña del MINAG. Inst. Invest. Agro-Forestales, La Habana, Cuba. 5 pp.

INCA (2011) Informe Cambio Climático: Cultivo de la papa., Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Ministerio de Educación Superior, La Habana, Cuba. 14 pp.

IPCC (2007) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change En: Solomon, S, D Qin, M Manning, Z Chen, M Marquis, KB Averyt, M Tignor, HL Miller (Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 996 pp.

López, C, PV Fernández, R Manso, A Valdés, A León, AV Guevara, C González, E Martínez, N Rodríguez, J Dávalos, M E García, I López, D Pérez, H Ricardo, SF Pire, JM Ameneiros, A Mercadet, A Álvarez (2007) Efecto Invernadero. Emisiones y Remociones. Cuba 1190 – 2002. ETGEI – Instituto de Meteorología, La Habana

Orbe (2012a) Vinculan gen con florecimiento de las plantas. La Habana, Cuba. Año XIII, No. 44, pág. 13. Semana del 31 de marzo al 6 de abril de 2012

Orbe (2012b) Experimentan en Vietnam arroz resistente al agua salobre. La Habana, Cuba. Año XIII, No. 3, pág. 10. Semana del 16 al 22 de junio de 2012

Recibido: 12-4-12
Aceptado: 26-10-12