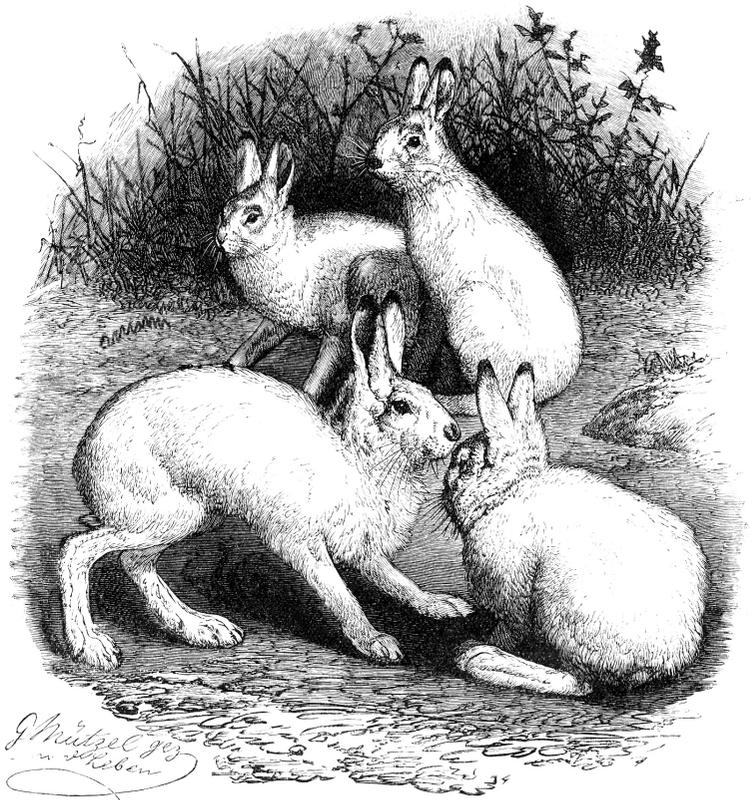




María de Lourdes Torres
Colegio de Ciencias Biológicas y Ambientales
Universidad San Francisco de Quito

ltorres@usfq.edu.ec



Agrobiodiversidad y Biotecnología

Un sitio determinado es biodiverso si es rico en ecosistemas, especies y genes. Es conocido que nuestro país es privilegiado en este sentido y es considerado como el país más megadiverso por Km² en el mundo.

Este artículo describe los fundamentos biológicos de la agrobiodiversidad, haciendo especial énfasis en la diversidad agrícola vegetal del país y su contribución al desarrollo de la agricultura y producción de alimentos. Resalta los principales campos de desarrollo biotecnológico que tienen relación con la conservación y el uso sustentable de esta biodiversidad específica. Finalmente, comenta sobre la importancia de poder conjugar inteligentemente diversidad genética, conservación y tecnología para alcanzar una agricultura más sustentable y ecológicamente responsable.

Introducción

Hoy en día, en diversos contextos se escucha hablar sobre agrobiodiversidad. Parecería ser que en el mundo actual, este término toma importancia porque nos encontramos en un momento crucial donde alimentación, pobreza, deterioro ambiental, cambio climático ya no son conceptos vacíos sino que nos llaman la atención, nos preocupan y quizás, principalmente, nos interesan.

En efecto, luego de tantas décadas de explotar nuestros recursos biológicos sin reflexión ni planificación, es hora de tomar conciencia, conocer sobre nuestras riquezas y debilidades y tratar de seguir adelante de forma más organizada y coherente con todos los componentes del ambiente que nos rodea. Sí, esto definitivamente es un reto cuya consecución no es fácil, pero es posible si nos esforzamos de verdad.

Biodiversidad

En la actualidad, cuando se habla de biodiversidad hay que entender que ésta abarca tres niveles:

- Nivel de especies que implica la diversidad de éstas en una región determinada (número de especies de aves en Quito).
- Nivel de ecosistemas que indica la variedad de éstos en una región dada (diferentes ecosistemas que encontramos en la Región Interandina), y
- Nivel de genes que abarca la diversidad genética entre especies y dentro de una misma especie, es decir la riqueza de alelos (polimorfismos) que se puede encontrar en una población determinada (diferentes colores de flores de margaritas), (Valdebenito, 2008).

Un sitio determinado es biodiverso, entonces, si es rico en ecosistemas, especies y genes. Es conocido que nuestro país es privilegiado en este sentido y es considerado como el país más megadiverso por Km² en el mundo. Basta considerar algunas cifras para comprobar esta realidad (Ver tabla 1). Condición que demanda de cada uno de nosotros el compromiso de conservar esta megadiversidad y usarla inteligentemente. Para esto debemos conocer acerca de esta riqueza, educarnos en la importancia de su conservación y reconocer en ella su valor estratégico, en un planeta que se debate en la actualidad entre el manejo racional de los recursos, su sobreexplotación o destrucción.

Tabla 1. Datos sobre diversidad biológica del Ecuador

Grupo	Especies presentes en el Ecuador	No. total de especies descritas en el mundo	Porcentaje del total de especies en el mundo
Mamíferos	407	4629	8,79%
Aves	1593	9040	17,62%
Reptiles	414	6458	6,41%
Anfibios	479	4222	11,35%
Peces	1375	18910	7,27%
Plantas	15901	233950	6,80%

Fuentes: Coloma L., 2000, 2005, Jørgensen M. et al, 1995, Remsen J., et al 2010, Tirira D., 2010, Countdown - Cuenta Atrás 2010

Agrobiodiversidad

Desde hace varios años, la agrobiodiversidad ocupa un sitio relevante cuando se habla de conservación, manejo de recursos y seguridad alimentaria. Según Lobo (2008):

“la agrobiodiversidad es la variedad y variabilidad de animales, plantas y microorganismos que son importantes para la alimentación y la agricultura, y que implica una interacción entre recursos genéticos y los sistemas de manejo, que abarcan las prácticas utilizadas para tal fin por los agricultores desde hace miles de años en todas las regiones agrícolas del planeta”.

Los sistemas agrícolas productivos dependen de la agrobiodiversidad para dar respuestas al desarrollo y demanda de la agricultura y por lo tanto a la necesidad actual de tener alimentos en cantidad y calidad necesarios debido al constante crecimiento poblacional humano (Salvatore et al, 2005).

La agrobiodiversidad, por lo tanto, abarca la riqueza de plantas, animales y microorganismos que juegan un rol principal en el desarrollo de los diferentes sistemas agrícolas que se llevan a cabo en un determinado lugar. Para fines de este artículo vamos a concentrarnos en la agrobiodiversidad relacionada a plantas, para que luego de su análisis podamos identificar la importancia de este tema en nuestra realidad particular.

La agrobiodiversidad vegetal abarca los cultivos comestibles, las variedades tradicionales, los materiales desarrollados por los mejoradores, los parientes silvestres, los organismos del suelo importantes para su fertilidad, estructura y calidad, los insectos, las bacterias y los hongos que controlan plagas y enfermedades y los componentes físicos de los agroecosistemas indispensables para que se lleven a cabo los ciclos de los nutrientes (Lobo, 2008).

En este contexto, es esencial conocer que aproximadamente el 35% de la producción mundial de alimentos proviene o se origina de los recursos genéticos de la Región Andina y Amazónica y que los conocimientos tradicionales asociados a estos recursos son componentes determinantes e integrantes de esta diversidad.



Es interesante conocer que de las 511 familias de plantas identificadas hasta el momento, solo 173 tienen representantes domesticados. Aparte de las especies ya domesticadas, más de 10.000 plantas se conocen como comestibles o tiles; estas constituyen una reserva potencial para el desarrollo de futuros cultivos y para una posible diversificación de fuentes alimenticias.

El Manual del Convenio de la Diversidad Biológica (citado en González, 2002) reconoce la naturaleza especial de la agrobiodiversidad ya que, entre otros factores:

- Sirve para satisfacer las necesidades esenciales del género humano de alimentación y bienestar social
- Es manejada por campesinos
- Su conservación está ligada definitivamente al uso sostenible
- Gran parte de la diversidad biológica de las plantas está guardada en bancos de germoplasma
- La interacción entre el medio ambiente, los recursos genéticos y las prácticas de manejo agrícola son la base de la conservación *in situ* dentro de los agrosistemas de producción que permiten mantener un proceso dinámico de conservación de la agrobiodiversidad.

En este contexto, es esencial conocer que aproximadamente el 35% de la producción mundial de alimentos proviene o se origina de los recursos genéticos de la Región Andina y Amazónica y que los conocimientos tradicionales asociados a estos recursos son componentes determinantes e integrantes de esta diversidad. Los conocimientos sobre los cultivos, el uso de alimentos, la culinaria asociada a éstos, las tecnologías de conservación tanto de alimentos como de fertilidad de los suelos y las técnicas de riego e infraestructura de manejo, drenaje y uso del clima son tan importantes como los propios recursos genéticos asociados a estos cultivos y técnicas (González, 2002).

Tabla 2. Especies utilizadas en la agricultura

	Especies de plantas	Especies de animales	
		Mamíferos	Aves
Descritas hasta la actualidad	270000	45000	
		300 - 400	1070 - 1750
Utilizadas	3000	30 - 40	
Domesticadas	2500	10	3
% utilizadas	15 - 20	5	2

Fuente: Modificado de Spedding (1979)

Una fracción muy pequeña de las especies ha sido domesticada y contribuye efectivamente a la alimentación del ser humano (Spedding, 1979) (Ver tabla 2). Noventa por ciento del consumo de alimentos se sustenta en 15 plantas de las aproximadamente 270.000 existentes y en siete animales (cinco mamíferos y dos aves) (González Jiménez, 1994 citado en González 2002). Seguramente, nuevas descripciones

de especies tanto de plantas y animales que se realizan constantemente modificarán las cifras mencionadas en cuanto al número de especies existentes pero no necesariamente al número de especies utilizadas o domesticadas. Sin lugar a dudas, el análisis de estos datos refleja claramente que la base alimenticia de la humanidad es muy estrecha y vulnerable.

La domesticación se refiere al proceso mediante el cual plantas o animales seleccionados de la naturaleza se adaptan a ciertas condiciones creadas por el ser humano (González, 2002). Estos organismos se reproducen en cautiverio y bajo estricto control. Muchas de las plantas domesticadas fueron escogidas por sus características culinarias, de sabor y olor, por sus poderes curativos, sus usos ornamentales, o como fibras, entre otros (Hawksworth y Kalin-Arroyo, 1995). La biodiversidad domesticada incluye entonces la variación genética existente entre especies, razas, cultivares, variedades e individuos principalmente de las especies animales y plantas que son utilizadas para actividades agronómicas. Los parientes silvestres de cultivos que incluyen tanto a los antepasados de los cultivos como a otras especies más o menos vinculadas con ellos contribuyen a esta biodiversidad como fuente de genes de resistencia contra enfermedades, plagas y factores de estrés como las sequías y las temperaturas extremas. Los parientes silvestres también han sido empleados para aumentar el valor nutricional de algunos cultivos, como por ejemplo el contenido de calcio de la papa. Estos materiales amplían y enriquecen la diversidad genética de un cultivo en particular y deben ser conservados para enfrentar posibles riesgos que abarca la creciente uniformidad genética de las variedades cultivadas (Bioversity Internacional, 2006).

Es interesante conocer que de las 511 familias de plantas identificadas hasta el momento, sólo 173 tienen representantes domesticados. Por ejemplo, la familia de las Poaceae (antiguamente llamadas gramíneas) abarca el mayor número de especies domesticadas (370 especies), las leguminosas tienen 337 especies domesticadas de muy diferente origen, aunque fundamentalmente amazónico y mediterráneo y las Solanaceae contienen 115 especies domesticadas, provenientes principalmente de Ecuador, Perú, Bolivia y Chile (Hawksworth y Kalin-Arroyo, 1995). Es importante analizar los datos presentados en la tabla 3 para conocer acerca de la contribución de las regiones geográficas para la producción agroalimentaria e industrial basada en la riqueza de sus recursos genéticos.

Aparte de las especies ya domesticadas, más de 10000 plantas se conocen como comestibles o útiles; éstas constituyen una reserva potencial para el desarrollo de futuros cultivos y para una posible diversificación de fuentes alimenticias en un planeta donde la capacidad para producir suficientes alimentos de calidad para la población mundial tiende a disminuir por varias razones. Entre ellas se puede mencionar a la erosión genética, los costos crecientes de

los alimentos y la disminución de la fertilidad de la tierra (desertificación) (González, 2002). Según Balakrishna (2001, citado en González, 2002), la disminución del poder adquisitivo y el crecimiento de las ciudades lleva a un incremento en la demanda de alimentos. Demanda que debe ser "saciada" a través de estrategias basadas en principios ecológicos esenciales que guíen una producción agrícola sustentable que permita una mayor disponibilidad de alimentos tanto de origen vegetal como animal.

Tabla 3. Contribución de las regiones en la diversidad de recursos genéticos para la producción agroalimentaria e industrial

Región	Producción Agroalimentaria (% de producción)	Cultivos Industriales (% de área cubierta)
Chino-japonesa	12,9	2,1
Indochina	7,2	13,7
Indostana	5,7	2,0
Asia centro-occidental	30,0	10,8
Mediterránea	1,4	18,2
Africana	4,0	8,3
Eurosiberiana	2,9	0,0
Andino-amazónica	35,6	34,5
Norteamericana	0,0	10,5

Fuente: González Rosquel (1997)

El reto actual, a nivel mundial y local, es sin duda alguna mejorar los índices productivos de cultivos. En el caso particular del país, esto se debería lograr aprovechando las ventajas comparativas de una diversidad agroecológica con multiplicidad de opciones basadas en su posición geográfica, gama altitudinal, pluviometría y evolución edafológica (González, 2002). Para ello hay que tomar decisiones adecuadas en el manejo y conservación de recursos naturales, conjuntamente con la implementación de técnicas modernas apropiadas.

En Ecuador existe una gran diversidad de recursos vegetales útiles, muchos de los cuales son utilizados a la vez por diferentes grupos sociales. González (2002) menciona el ejemplo de un estudio que resalta que las principales especies consumidas por diez pueblos indígenas y una comunidad rural de colonos mestizos son el achiote (*Bixa orellana*), ají (*Capsicum annum*), papaya (*Carica papaya*), guaba (*Inga edulis*), yuca (*Manihot esculenta*) y guayaba (*Psidium guajava*). Asimismo, al comparar las plantas medicinales empleadas por nueve pueblos indígenas y una comunidad rural de colonos mestizos, se determinó el uso común

del paico (*Chenopodium ambrosioides*), hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), tía Tina (*Scoparia dulcis*), ortiga (*Urera baccifera*) y verbena (*Verbena litoralis*). En la tabla 4 se resaltan algunos usos de ciertas especies en la Costa ecuatoriana.

Entre la vegetación natural del país, las diversas regiones geográficas son muy ricas en parientes silvestres afines a las especies cultivadas. Algunos ejemplos, son los materiales silvestres de la papa, fréjol, tomate, frutales tropicales y frutales subtropicales. También los bosques naturales del país contienen parientes silvestres de especies como el aguacate (*Persea* spp.) y la papaya (*Carica* spp.). Un caso muy conocido es el del uso del germoplasma de los tomates silvestres de Ecuador (*Lycopersicon esculentum* cerasiforme, *L. hirsutum* y *L. pimpinellifolium*), que ha sido utilizado para mejorar el contenido de vitamina C y de sólidos solubles, así como para ampliar el rango de cultivo de las variedades domesticadas. *Lycopersicon cheesmani*, endémico de las Islas Galápagos, tolera altos niveles de salinidad del suelo y sequía, características que han sido aprovechadas para el fitomejoramiento de variedades comerciales. Las especies medicinales representan otro grupo de interés por su amplia variedad biológica y de usos (González 2002).

Tabla 4. Usos de algunas especies en la Costa ecuatoriana

Nombre local	Nombre científico	Usos
Achiotes	<i>Bixa orellana</i>	Colorante, condimento
Ajjes	<i>Capsicum</i> spp.	Condimentos
Anonas, chirimoya	<i>Annona</i> spp.	Refrescos, consumo directo
Caimito, cauje	<i>Pouteria caimito</i>	Consumo directo
Granadilla	<i>Passiflora</i> spp.	Consumo directo
Guaba (varias especies)	<i>Inga</i> spp.	Consumo directo
Maracuyá	<i>Passiflora edulis</i>	Jugos, consumo directo
Papaya	<i>Carica papaya</i>	Consumo directo, jugos
Pitajaya	<i>Hylocereus</i> sp.	Consumo directo
Tomate de árbol silvestre	<i>Cyphomandra</i> spp.	Consumo directo
Tomate silvestre	<i>Lycopersicon</i> spp.	Medicinal, mejoramiento
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>	Cocido, sopas

Fuente: Modificado de Castillo (1998).

Ecuador no cuenta con información detallada sobre la distribución y estado actual de las especies silvestres y cultivares locales. Es evidente, que diversos factores como: la destrucción de hábitats, la explotación forestal, los cambios en los hábitos alimenticios, la conversión de bosques en pastizales y/o plantaciones, la inseguridad en la tenencia de la tierra que promueve la deforestación, la

conversión de los bosques y la destrucción de otros hábitats naturales causen la pérdida irreparable de especies y variedades, incrementando así la erosión genética de estos materiales vegetales (Josse, 2000). El desplazamiento de los cultivos autóctonos, tales como papas nativas (*Solanum* spp.), melloco (*Ullucus tuberosus*), oca (*Oxalis tuberosa*), mashua (*Tropaeolum tuberosum*), jícama (*Polymnia sonchifolia*), miso (*Mirabilis expansa*) y jíquima (*Pachyrhizus tuberosus*) es un hecho indiscutible. Sin embargo, es válido mencionar también que existen todavía algunos ejemplos de comunidades indígenas y asentamientos rurales que continúan sembrando y conservando variedades tradicionales de algunos cultivos, como: maíz, papa, camote (*Ipomoea batatas*), melloco, oca, zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y otros tubérculos y raíces andinos, con fines de autoconsumo y mercado (González 2002).

Instituciones nacionales como el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) llevan a cabo proyectos dirigidos a lograr la conservación *in situ* de los recursos genéticos de interés agrícola. Estos esfuerzos deben ser complementados con proyectos orientados a la conservación *ex situ*, que se orienta a la conservación de los recursos genéticos agrícolas fundamentalmente a través de la constitución y manejo de bancos de germoplasma. Ecuador cuenta con varias colecciones nacionales de recursos fitogenéticos que se mantienen en entidades públicas y privadas, universidades y centros e instituciones de investigación. El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), a través del Departamento Nacional de Recursos Fitogenéticos (DENAREF) maneja un banco de germoplasma nacional por mandato del Estado que ejecuta y coordina las acciones en materia de conservación *ex situ* (González 2002). Este banco de germoplasma cuenta con aproximadamente 17920 accesiones provenientes de colectas, intercambio y custodia, de las cuales aproximadamente 13711 se almacenan como semillas, 4209 en campo o duplicadas en colecciones *in vitro*. Esta banco incluye colecciones de un sinnúmero de cultivos relevantes para la agrobiodiversidad ecuatoriana como son una variedad de tubérculos andinos, maíz, quinua, chocho, fréjol, haba, arveja, lenteja, maní, ají, naranjilla, chirimoya, arroz, yuca, cacao, tomate de árbol, uvilla, amaranto, entre otros. (Tapia, et al, 2008).

Dentro de este contexto, es importante mencionar que el Ecuador ha ratificado el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura de la FAO. Los objetivos principales de este Tratado son la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, para una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria. Este acuerdo internacional establece un sistema multilateral para facilitar el acceso a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, y para

compartir los beneficios de manera justa y equitativa. El sistema multilateral se aplica a más de 64 cultivos y forrajes principales claramente especificados en el texto del Tratado (Anexo I de FAO, 2009). Al momento, se está trabajando para la implementación de este Sistema, que sin lugar a dudas representa un reto para todos los países que forman parte de este instrumento internacional.

Los países como el Ecuador, que han ratificado el Tratado, apuestan a que la implementación del mismo conlleve al beneficio de varios sectores como:

- Los agricultores y sus comunidades, a través del fortalecimiento de los derechos de los agricultores;
- Los consumidores, debido a la mayor variedad de alimentos disponibles, así como de productos agrícolas, junto con el aumento de la seguridad alimentaria;
- La comunidad científica, mediante el acceso facilitado a los recursos fitogenéticos, de importancia fundamental para la investigación y la mejora de las plantas;
- Los sectores público y privado, a quienes se asegura el acceso a una amplia gama de diversidad genética para mejorar el desarrollo agrícola; y
- El medio ambiente y las futuras generaciones, puesto que el Tratado ayudará a conservar la diversidad genética necesaria para afrontar los cambios imprevisibles del medio ambiente y las necesidades humanas futuras (FAO, 2009).

Este instrumento internacional obviamente tiene relación con la agrobiodiversidad, su conservación y uso sustentable considerando temas muy relevantes como son los de propiedad intelectual, distribución de beneficios derivados del uso de estos recursos fitogenéticos, conocimientos ancestrales, derechos colectivos, entre otros. Temas que son de difícil manejo a nivel mundial y especialmente en el Ecuador donde hasta el momento no existen lineamientos claros que guíen el camino a seguir.

Biotecnología

La definición tradicional de biotecnología plantea que es la disciplina que utiliza seres vivos o partes de ellos para la elaboración de nuevos productos o para el mejoramiento de plantas o animales o para la creación de nuevos microorganismos con usos específicos. La biotecnología es multidisciplinaria porque se fundamenta en el avance de ciencias como la biología, bioquímica, genética, biología molecular, química, informática, entre otras, para su desarrollo (Torres, 2008). La historia de la biotecnología conlleva

va varios siglos, solo pensemos en la elaboración de vinos donde interviene un ser vivo (la levadura) para darnos un producto altamente apreciado por las sociedades desde hace algunos siglos. Por lo tanto, la biotecnología no es un descubrimiento de hace un par de años sino una tecnología utilizada por el ser humano desde hace mucho tiempo y en diferentes campos.

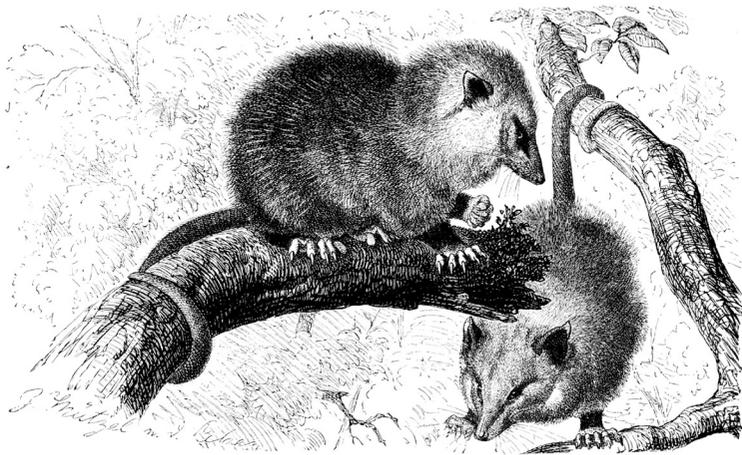
Pero ¿por qué hablar de biotecnología en relación a la agrobiodiversidad? ¿Contribuye esta disciplina positiva o negativamente a la conservación y uso racional de la misma?

Para poder contestar estas inquietudes debemos revisar brevemente algunos campos de la biotecnología que seguramente hay que considerar cuando hablamos de agrobiodiversidad:

Cultivo in vitro de plantas: abarca una serie de técnicas enfocadas a la propagación de plantas en condiciones controladas en el laboratorio (Pierik, 1987). Todas estas técnicas se basan en una propiedad que tienen las células vegetales, la totipotencia (Echenique et al., 2004). Esta consiste en que cualquier célula vegetal diferenciada puede reprogramarse (si tiene los estímulos adecuados y crece con los nutrientes necesarios) y dar origen a una nueva planta. Obviamente este tipo de propagación es asexual y las plantas nuevas que se obtienen son clones de la planta de la que se derivaron, en otras palabras son genéticamente idénticas. Las aplicaciones de este tipo de cultivo son varias, como la propagación de material vegetal a gran escala para su uso en prácticas agrícolas, propagación clonal de plantas que no presentan estos mecanismos de forma natural, propagación de material vegetal con fines de conservación y desarrollo de bancos de germoplasma, entre otras. Claramente podemos darnos cuenta de la importancia de esta herramienta tecnológica para establecer programas de conservación, propagación de material vegetal para siembra, desarrollo de nuevos cultivares, desarrollo de colecciones de germoplasma de materiales nativos infrautilizados, que se van perdiendo, entre otras aplicaciones.

Marcadores Moleculares: dentro de los avances de la biología molecular en los últimos años se encuentra el desarrollo de una serie de marcadores moleculares que permiten tener una huella de los individuos para que éstos puedan ser caracterizados molecularmente. A través de este tipo de identificación específica de individuos y/o poblaciones se puede conducir una serie de estudios enfocados a analizar diferentes estructuras poblacionales, determinar la diversidad genética de diferentes grupos, realizar estudios filogenéticos, identificar individuos con características claves y establecer relaciones entre diversos materiales dependiendo de diversos factores, como por ejemplo, su distribución geográfica. Por lo tanto a través de esta tecnología podemos conocer más acerca de los

La historia de la biotecnología conlleva varios siglos, solo pensemos en la elaboración de vinos donde interviene un ser vivo (la levadura) para darnos un producto altamente apreciado por las sociedades desde hace algunos siglos. Por lo tanto, la biotecnología no es un descubrimiento de hace un par de años sino una tecnología utilizada por el ser humano desde hace mucho tiempo y en diferentes campos.



La realidad es que en el 2009 se cultivaron 134 millones de hectáreas, en 25 países (10 Latinoamericanos), con un incremento del 7% anual (9 millones de hectáreas) en relación con el 2008 lo que demuestra que es una tecnología en crecimiento. Los principales cultivos biotecnológicos a nivel mundial son la soya, el maíz, el algodón y la canola

materiales vegetales relevantes para la agrobiodiversidad y establecer prioridades de conservación, de fitomejoramiento, y de uso adecuado de recursos genéticos (Nuez y Carrillo, 2000).

Selección asistida por marcadores moleculares: una aplicación del uso de los marcadores moleculares es el desarrollo de programas de fitomejoramiento. A través de la identificación molecular de individuos con características agronómicas deseadas, se pueden conducir cruces específicos y obtener variedades mejoradas de forma más eficiente y en menor tiempo. Un ejemplo práctico de la utilización de esta metodología fue el desarrollo de una nueva variedad de fréjol (*Phaseolus vulgaris*) resistente a dos enfermedades producidas por virus (virus del mosaico común y necrótico), que afectan a este cultivo (Nuez y Carrillo, 2000).

Transformación genética: metodología basada en la técnica del ADN recombinante que permite introducir nueva información (nuevos genes de la misma especie o de otra) en una especie determinada. El resultado es un organismo genéticamente modificado ya que en su genoma existe información proveniente de otro origen. El ejemplo más clásico de la aplicación de esta tecnología, en el campo agrícola, es la soya tolerante al glifosato (herbicida), la misma que se obtuvo al introducir este gen de tolerancia de una bacteria a la soya (Padgett et al., 1995).

Las implicaciones de esta tecnología han desencadenado una serie de discusiones y debates a nivel mundial sobre la pertinencia o no del uso de esta tecnología y sus productos. La realidad, sin embargo, es que en el 2009 se cultivaron 134 millones de hectáreas, en 25 países (10 Latinoamericanos), con un incremento del 7% anual (9 millones de hectáreas) en relación con el 2008 lo que demuestra que es una tecnología en crecimiento. Los principales cultivos biotecnológicos a nivel mundial son la soya, el maíz, el algodón y la canola (James, 2009). A estos datos hay que añadir un número cada vez más creciente de investigaciones que intentan desarrollar plantas genéticamente modificadas que presenten características mejoradas para conseguir mejores niveles de producción, mejoras nutricionales, o plantas que produzcan nuevos productos, como medicamentos o vacunas. El 2002, DaSilva reporta que en algunos países como Bélgica, Francia, Italia, Holanda y el Reino Unido se llevan a cabo proyectos que implican modificaciones genéticas en al menos 27 especies diferentes de plantas.

Sin lugar a dudas, el desarrollo, uso y comercialización de estos nuevos cultivos debe ser llevado a cabo siguiendo normas de bioseguridad adecuadas que garanticen la seguridad alimentaria, la inocuidad de los productos y el bienestar ambiental. Después de más de 15 años del uso de estos productos, no existen pruebas sustentadas de efectos adversos ni para el ambiente, ni para la salud hu-

mana ni animal derivados directamente de la transgénesis. Esta realidad permite afirmar que si esta tecnología es utilizada apropiadamente, representa una alternativa, entre otras, para obtener nuevas variedades que contribuyan a desarrollar una agricultura más sustentable.

Comentario final

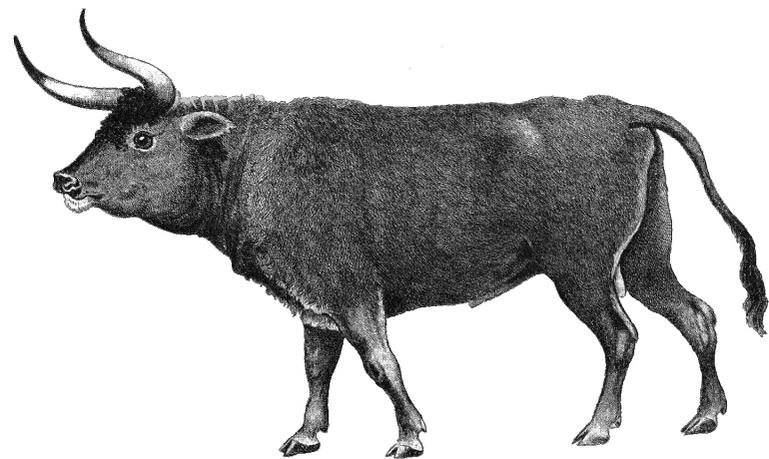
Por lo expuesto anteriormente, es claro que la Biotecnología debe ser considerada como una herramienta que, a través de las diversas metodologías que maneja, puede contribuir sólidamente a la conservación y uso de la diversidad agrícola.

El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y Agricultura hace hincapié del uso de germoplasma para el mejoramiento y obtención de nuevas variedades. ¿Cómo entender, en el siglo 21, estos procesos de fitomejoramiento sin la aplicación de tecnologías como el empleo de marcadores moleculares y diversos métodos de cultivo in vitro? Inclusive la aplicación de la transformación genética puede aportar a la obtención de variedades con características deseadas y que contribuyan a la alimentación y agricultura de una determinada región. La brecha que existe actualmente, por la poca comprensión sobre temas de desarrollo tecnológico, seguramente se superará en un futuro y finalmente se podrá conjugar adecuadamente conservación, desarrollo tecnológico responsable, conocimientos ancestrales e innovación para alcanzar una agricultura verdaderamente sustentable que dé respuestas a las necesidades del mundo actual.

En el contexto actual de las discusiones sobre agrobiodiversidad, su valor y potencialidades, parece que se olvida una realidad importantísima: la diversidad agrícola abarca especies de interés para la alimentación y agricultura, consta de una serie de variedades locales que forman una invaluable riqueza de genes que son la base para poder mejorar las especies de cultivo de importancia en este sector. Muchos son los puristas que proponen “no topar” esta agrobiodiversidad. En algunos escenarios mejoramiento genético es considerado una mala palabra, un proceso que hay que desechar; entonces es válido preguntarse si no se pueden usar las valiosas características que contienen los materiales que constituyen la agrobiodiversidad con el fin de obtener nuevas variedades, ¿de qué nos sirve tenerlas? Solo como una colección intocable para enseñar esta maravillosa riqueza? Estos argumentos son un sinsentido, el mejoramiento genético es la base de la agricultura, de su historia y evolución. Por supuesto que en el momento actual debemos enfocarnos en el uso adecuado de esta diversidad. ¿Cómo? Desarrollando programas responsables de uso del germoplasma valioso y reconociendo la importancia de su conservación.

Si, por un lado, existen variedades locales de un cultivo de interés, con características deseadas pero dispersas en diferentes accesiones, y por otro lado, hay variedades de poco rendimiento que por eso dejan de ser utilizadas por campesinos y agricultores; ¿no será estratégico establecer programas de fitomejoramiento para obtener líneas vegetales más productivas? Este debe ser el papel real de la agrobiodiversidad, ser utilizada responsablemente, con sólidos principios de conservación pero con una firme decisión de uso que implique mejorar las condiciones agrícolas y por lo tanto de producción de alimentos de una región determinada.

Quizás no nos quedemos en la oscuridad por miedo de “arriesgarnos” a innovar. Quizás el país logre valorar lo que tenemos y lo utilice inteligentemente.



Quizás no nos quedemos en la oscuridad por miedo de “arriesgarnos” a innovar. Quizás el país logre valorar lo que tenemos y lo utilice inteligentemente.

Bibliografía

Bioversity Internacional, 2006. Parientes Silvestres de cultivo. Proyecto Parientes Silvestres de Cultivos. Bioversity Internacional. Roma.

Castillo R. 1998. La diversidad agrícola y la seguridad alimentaria en el Ecuador. En: *Ecuador Biodiversidad*, editado por L. Suárez. EcoCiencia, Quito. Documento inédito.

Coloma, L. A (ed). 2005–2009. Anfibios de Ecuador. [2010]. Ver. 2.0 (29 Octubre 2005). Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. <http://www.puce.edu.ec/zoologia/vertebrados/amphibiawebec/anfibiosecuador/index.html> [Consulta: 15-09-2010].

Coloma, L. A.; Quiguango-Ubillús, A.; Ron, S. R. 2000-2008. Reptiles de Ecuador: lista de especies y distribución. Crocodylia, Serpentes y Testudines. [2010]. Ver.1.1. 25 Mayo 2000. Museo de Zoología, Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Quito, Ecuador. <http://www.puce.edu.ec/zoologia/vertebrados/reptiliawebec/reptilesecuador/index.html> [Consulta: 15-09-2010].

Countdown - Cuenta Atrás 2010. Datos de biodiversidad en Ecuador. <http://www.countdown2010.net/files/Ecuador%20y%20Biodiversidad.pdf> [Consulta: 15-09-2010].

DaSilva E.J., 2002. GMOs and Development. EJB Electronic Journal of Biotechnology ISSN: 0717-3458. <http://www.ejbiotechnology.info/content/issues/01/index.html> [Consulta: 18-09-2010].

Echenique, V, Rubinstein C, Mroginski L. 2004. Biotecnología y Mejoramiento Vegetal. Buenos Aires, Ediciones INTA.

FAO, 2009. Tratado Internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y agricultura. 2009. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

González, E. (2002). Agrobiodiversidad. Documento Temático Preparado para la Elaboración de la Estrategia Regional de Biodiversidad para los Países del Trópico Andino. Convenio de Cooperación Técnica No Reembolsable ATN/JF-5887-RG. Comunidad Andina - Banco Interamericano de Desarrollo. Maracay, Venezuela, 2002.

González-Rosquel, V. (1997). La valoración económica de los recursos fitogenéticos de la región de América Latina y el Caribe. I Foro parlamentario venezolano-colombiano sobre Diversidad Biológica en áreas de interés común. Maracaibo 1997.

Hawksworth, P.M. y Kalin-Arroyo, M.T. (1995). Magnitude and distribution of biodiversity. In: *Global Biodiversity Assessment* (eds. Heywood VH y Watson RT), pp. 107-191. Cambridge University Press, Cambridge.

James, Clive. 2009. Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2009. ISAAA Brief No. 41. ISAAA: Ithaca, NY.

Jørgensen, M.; Neill, David A. y León-Yáñez Susana. 1995 - 2010. Catálogo de las Plantas Vasculares del Ecuador. [en línea]. Missouri Botanical Garden <http://www.mobot.org/mobot/research/ecuador/introduction.shtml> [Consulta: 15-09-2010].

Josse, C. 2000. La Biodiversidad del Ecuador. Informe 2000. Ministerio de Ambiente, EcoCiencia y Unión Mundial para la Naturaleza (UICN). Quito.

Lobo, M. 2008. Importancia de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad en el desarrollo de sistemas de producción sostenibles. Revista Corpoica – Ciencia y Tecnología Agropecuaria 9(2):19-30.

Nuez, F. y Carrillo, J.M. 2000. Los marcadores moleculares genéticos en la mejora vegetal. Universidad Politécnica de Valencia, España.

Padgett, S. R., Kolacz, K. H., Delannay, X., Re, D. B., LaVallee, B. J., Tinius, C. N., Rhoades, W. K., Otero, Y. I., Barry, G. F., Eicholtz, D. A., Peschke, V. M., Nida, D. L., Taylor, N. B., y Kishore, G. M. (1995). Development, identification, and characterization of a glyphosate-tolerant soybean line. *Crop Science* 35, 1451-1461.

Pierik, R.L.M. 1987, *In Vitro Culture of Higher Plants*. Martinus Nijhoff Publishers. The Netherlands.

Remsen, J. V., et al. Version [2010]. A classification of the bird species of South America. American Ornithologists' Union. <http://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.html> [Consulta: 15-09-2010].

Salvatore, M., Pozzi, F., Ataman, E., Huddleston, B. y Bloise, M. 2005. Mapping global urban and rural population distributions. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.

Spedding, C.R.W. 1979. *An introduction to agricultural systems*. London: Elsevier Applied Science Publishers.

Tapia C., Zambrano E., Montero A. 2008. Estado de los Recursos Filogenéticos para la Agricultura y Alimentación en el Ecuador. Publicación Miscelánea No. 114, INIAP. Quito. 74 pp.

Tirira, Diego F. Mamíferos del Ecuador, Fundación Mamíferos y Conservación, Quito, Ecuador 2010. <http://www.mamiferosdeecuador.com/lista-de-especies.html> [Consulta: 15-09-2010].

Torres, ML. 2008. La Biotecnología. En: *Del Big Bang a Dolly*, Ed. Gabriel Trueba y Carlos Montúfar. Colección San Francisco. Quito.

Valdebenito H. 2008. La Biodiversidad en el Ecuador. En: *Del Big Bang a Dolly*, Ed. Gabriel Trueba y Carlos Montúfar. Colección San Francisco. Quito.

