

FAO

**Manejo de la Biotecnología Apropriada para Pequeños Productores:
Estudio de Caso – Perú**



**Santiago Pastor
Coordinador Nacional
REDBIO Perú - REDBIO / FAO**

Lima – Noviembre 2004

**Manejo de la Bioteconología Apropriada para Pequeños Productores:
Estudio de Caso – Perú**

INDICE

	RESUMEN EJECUTIVO	4
1.	Introducción	6
	1.1. El estado actual de la bioteconología a nivel mundial y regional	
	1.2. El concepto de la bioteconología apropiada y su potencial para pequeños productores	
2.	La gestión de la bioteconología en el nivel macro – desde conceptos hacia políticas	14
	2.1. Nivel Internacional	
	2.1.1. Acuerdos Internacionales	
	2.1.2. Cooperación Internacional	
	2.2. Nivel Nacional	
	2.2.1. Instituciones nacionales involucradas en bioteconología agrícola	
	2.2.1.a. Gubernamentales	
3.	La gestión de la bioteconología en el nivel micro – desde la idea hacia la comercialización	20
4.	El caso Perú	21
	4.1. Sector agrícola	
	4.2. Los cultivos	
	4.2.1. Arroz	
	4.2.2. Caña de azúcar	
	4.2.3. Maíz	
	4.2.4. Trigo	
	4.2.5. Papa	
	4.2.6. Raíces y Tuberosas andinas	
	4.2.7. Hortalizas	
	4.2.8. Yuca	
	4.2.9. Plátano y Banano	
	4.2.10. Frutales amazónicos	
	4.2.11. Actividades forestales	
	4.3. Bioseguridad y Percepción pública	
	4.4. Conservación y agrobiodiversidad	
	4.5. Derechos de propiedad intelectual	
5.	Propuestas para una gestión apropiada de la bioteconología en Perú	56
6.	Conclusiones	58
7.	Referencias	61
8.	Anexo	63

ACRONIMOS

CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CINVESTAV	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados
CIP	Centro Internacional de la Papa
CNB	Centro Nacional de Biotecnología
CONAM	Consejo Nacional del Medioambiente
CONCYTEC	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
FMAM	Fondo Mundial para el Medioambiente
INIA	Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria
INCAGRO	Innovación y Competitividad del Agro Peruano.
INDECOPI	Instituto Nacional de la Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual
MINAG	Ministerio de Agricultura
MITINCI	Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales.
PNB	Programa Nacional de Biotecnología
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medioambiente
SENASA	Servicio Nacional de Sanidad Agraria
SPDA	Sociedad Peruana de Derecho Ambiental
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
UNMSM	Universidad nacional Mayor de San Marcos
UPCH	Universidad Peruana Cayetano Heredia

Manejo de la Biotecnología Apropriada para Pequeños Productores: Estudio de Caso – Perú

RESUMEN EJECUTIVO

La biotecnología tradicional fue utilizada por los antiguos peruanos a través de numerosos procesos fermentativos en la preparación de alimentos y de mezclas con actividad curativa, biocida, entre muchas otras. Las tradiciones campesinas y en general, el conocimiento tradicional, son por ahora los guardianes de esas muchas formas en que el hombre peruano, y en general el hombre andino, supo obtener bienes y/o servicios a partir de seres vivos, de sus partes o de procesos biológicos.

En los últimos 50 años las tecnologías basadas en seres vivos sus partes o procesos, han avanzado y se han multiplicado vertiginosamente. Aún cuando son los descubrimientos y avances asociados a la manipulación del ADN los de mayor impacto, el cultivo de tejidos, la fitoquímica y la biología molecular constituyen plataformas tecnológicas indispensables para hacer buen uso del conocimiento de la genómica, la transcriptómica y la proteómica. El Perú con su enorme biodiversidad, y en particular agrobiodiversidad, tiene pendiente el desarrollo de un conjunto de conocimientos básicos sobre su flora y fauna para luego decidir las mejores formas de utilización; es necesario decidir y priorizar las plataformas tecnológicas básicas en las que el país debe invertir sus escasos recursos para ciencia, tecnología e innovación; es necesario determinar las prioridades nacionales para canalizar hacia éstas, la siempre bien dispuesta cooperación internacional. Una de las formas de darle sostenibilidad al proceso es que este sea participativo y que el nivel de decisión político lo valide, respalde y lo adopte.

Sí, necesitamos mucha biotecnología para el mejoramiento de nuestros cultivos, pero vemos que nuestra agroexportación avanza a ritmos muy acelerados de crecimiento (30%/año) sin hacer uso significativo de ella; cabe preguntarse o hacer una muy profunda reflexión sobre que plataforma tecnológica priorizar. Hay un déficit muy grande de conocimiento básico de nuestras variedades locales y nativas de nuestros cultivos tradicionales, lo cual no nos permite promover un uso más óptimo y eficiente de los mismos; mucho menos pretender colocarlos en los grandes mercados de la exportación que son muy exigentes en niveles de producción y productividad. Hemos avanzado muy poco y de manera muy inorgánica en todo lo que es post-cosecha y transformación de productos para ganar valor agregado. Tenemos en nuestra flora 4200 especies utilizadas pero no pasan de 10 aquellas que siendo nativas, tengan “paquetes tecnológicos” agronómicos completos y menos aun las que hayan logrado niveles razonables de valor agregado. Desarrollar biotecnología para conocer mejor nuestra agrobiodiversidad es un objetivo básico que dará la fortaleza para luego desarrollar las plataformas tecnológicas tanto para mejoramiento genético de los cultivos como para incrementar la diversificación y su valor agregado de los productos derivados.

El escenario nacional es favorable por varias razones, siendo la primera, la toma de conciencia a nivel político de que nuestro rezago tecnológico debe remediarse a la brevedad posible. La apertura hacia los mercados internacionales y los acuerdos de libre comercio no hacen sino desnudarnos y contrastar nuestra real posición frente a los países con los que competimos; está claro que es muy urgente ponernos al día tecnológicamente. El estímulo que representa el crecimiento acelerado de las agroexportaciones y nuestras necesidades de competitividad para mantener y ganar mercados, unido al enorme potencial de los numerosos recursos genéticos que aun no explotamos, son los principales motores de este cambio que podría darse en breve tiempo.

Como factor modulador existe una bien desarrollada política ambiental nacional que incluye nuestros compromisos nacionales como Parte de la Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB), el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, El Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos (TIRF) y el Acuerdo sobre Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC). Igualmente la legislación andina es parte de nuestro contexto legal supranacional en materias como el acceso a los recursos genéticos, la propiedad industrial y la protección a los obtentores de variedades vegetales. A nivel nacional tenemos legislación y normas sobre nuestra estrategia ambiental nacional y sobre temas de interés como son la agrobiodiversidad y la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica y en particular de la agrobiodiversidad. La Ley 27104 sobre los riesgos derivados de la biotecnología, tiene especial relevancia ya que todo plan o proyecto debe contemplarla como marco regulador en aspectos de bioseguridad y uso seguro y responsable de la biotecnología. Su implementación aun cuando es urgente esta pendiente por parte de las instituciones sectoriales competentes – en agricultura es el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Hay quienes objetan en esta ley un cierto carácter restrictivo respecto a la investigación y al trabajo con transgénicos; sin embargo la Ley 27104 aún no se ha implementado y lo más conveniente es que su naturaleza reguladora, sea complementada con otra norma de carácter promocional de la biotecnología que aún esta en fase de propuesta.

Concretamente el Perú puede usar las herramientas biotecnológicas en varios aspectos. El conocimiento, conservación y uso de la biodiversidad agrícola y también la silvestre para por una exhaustiva caracterización (bioquímica, genética y de potenciales usos). Desarrollar la plataforma fitoquímica Y de biología molecular así como de un adecuado registro de los conocimientos tradicionales sobre usos alternativos, se propondría como de primera prioridad. En segundo término y en forma paralela, el país podría emprender la implementación de una plataforma tecnológica de transformación (industrialización) y otra de genómica, que convierta los bancos de germoplasma en bancos de genes y que permita que nuestro país haga negocios con su biodiversidad sin sacrificar su conservación. Los sujetos de esta estrategia son los numerosos cultivos andinos nativos (papa, oca, mashua, maíz, quinua, kiwicha, cañihua, aguaymanto, grupo pasifloras, etc.) y naturalizados (habas, trigo y cebada); numerosos frutales amazónicos y algunas especies forestales (vg. la castaña que es una especie con grandes virtudes que aun es poco estudiada; las palmeras que, en general, son bastante utilizadas tradicionalmente pero el conocimiento formal sobre ellas es aún muy escaso). Respecto a los cultivos tradicionales de nuestra agricultura nacional como el arroz, el maíz y la caña de azúcar, la biotecnología podría contribuir a limpiar las variedades de patógenos, a encontrar variedades resistentes, y a que éstas se adapten mejor a los problemas de salinidad del suelo y escasez de agua que son tan presentes en nuestros agroecosistemas.

Para la sostenibilidad del auge agroexportador se requiere del apoyo de las biotecnologías en cultivos cuyo nivel tecnológico es ya bastante competitivo; sin embargo, la búsqueda de nuevas variedades así como la elaboración de kits de diagnóstico rápido de plagas y enfermedades, es un área donde las biotecnologías pueden ser de gran utilidad.

El apoyo a un Programa Nacional de Biotecnología proviene de diferentes sectores lo cual es demostración del renovado interés de emprender con apoyo del Estado y en coordinación entre todas las instituciones competentes, un desarrollo orgánico de la biotecnología. Lo apoya la Presidencia del Consejo de Ministros, desde el Centro de Planeamiento Estratégico, y el Ministerio de la Producción; también el Ministerio de

Agricultura desde el Proyecto INCAGRO. El Gobierno desde diferentes instancias ha tomado conciencia de que este Programa Nacional de Biotecnología es impostergable y el presente documento pretende, en ese contexto, ser un aporte para promover un uso más integral de las herramientas biotecnológicas en bien del agro nacional, para la conservación y uso de los recursos genéticos, mejorando nuestra competitividad y dando sostenibilidad al bienestar que puedan alcanzar los productores y consumidores.

1. Introducción

La biotecnología son todos los procesos tecnológicos para la producción de bienes y/o servicios en los que el agente transformante de las materias primas es un ser vivo, un conjunto de ellos o una parte (enzimas, organelos, etc). Como toda tecnología, debe ser apropiadamente utilizada para que sus productos y sus efectos sean positivos. La biotecnología ha acompañado al hombre casi con la aparición misma de la agricultura. Todos los sistemas fermentativos de procesamiento, transformación y preparación de alimentos, son en un sentido estricto, biotecnología.

El avance de la biología y de la instrumentación han permitido usos y aplicaciones insospechados de los seres vivos para la producción de bienes y servicios para la humanidad y el medioambiente. Sin embargo, este mismo avance lleva a la manipulación de los seres vivos a límites que hacen dudar a la humanidad sobre la total inocuidad de los productos biotecnológicos.

Esta claro que esto no puede detener el avance de la ciencia y el uso de la tecnología para el bien de la humanidad, especialmente de pueblos con tantas necesidades insatisfechas como el nuestro. Sin embargo, necesitamos construir capacidades y disponer de la mayor cantidad de información posible, no sólo para hacer buen uso de la biotecnología, sino también para estimar y manejar adecuadamente los riesgos que pudieran implicar sus aplicaciones cada vez más eficientes pero también más complejas y probablemente menos predecibles respecto a su impacto sobre el medio ambiente y la salud.

1.1 El estado actual de la biotecnología a nivel mundial y regional

El origen de la biotecnología de remonta a los albores de la historia. El personaje bíblico Noé hace miles de años había aprendido a fabricar (y consumir) vino. Los sumerios fabricaban cerveza hace ya unos 8 000 años; los egipcios sabían hacer pan y cerveza hace más de 6 000 años y los antiguos habitantes de los Andes fabricaban chicha de maíz hace por lo menos 4 000 años. En esas tareas usaban, sin conocer su detalle biológico, a linajes de levaduras especializadas que se conservaban a través de generaciones.

La penicilina fue aislada de un hongo por Sir Alexander Fleming en 1928. Sólo después que un equipo médico de Oxford desarrolló este descubrimiento y lo pusieron en amplia producción y uso durante la segunda guerra mundial, es que se inició la era de los antibióticos.

Hace sólo 52 años James Watson y Francis Crick describieron la estructura del material genético como una doble hélice regular donde la información es almacenada en el orden en que se intercalan las 4 bases nitrogenadas que constituyen las letras de la información fundamental de la vida.

En 1976 se desarrollan técnicas para secuenciar el ADN y descifrar a mayor velocidad el contenido de la información genética. Un año más tarde (1977), Sanger describe el método de secuenciamiento que lleva su nombre y ese mismo año describe el primer gen humano.

En la década de 1980, se inicia el despegue de la genómica mediante técnicas que trascendían de la descripción de los genes hacia la identificación de las variantes a nivel de nucleótidos, aun cuando éstas no tuvieran efecto en la proteína sintetizada. Ese mismo año, cuando David Botstein, Ray White, Mark Skolnick y Ron Davis, mostraron como los polimorfismos de restricción de longitud de fragmentos (RFLPs) podían usarse para encontrar mutaciones o variantes génicas causantes de enfermedades humanas. En 1982, se secuenció el genoma del bacteriófago lambda de 49 000 pares de bases de longitud. En 1983 se logra la transformación (inserción artificial de ADN exógeno en una célula) de plantas con el plásmido Ti (Swaminathan, 2000). En 1987 se desarrolló por Applied Biosystems, el primer secuenciador automático que tuvo éxito inmediato. En 1995 el genoma de *Haemophilus influenzae* fue secuenciado por el método de la “escopeta”, el que sirvió luego de modelo para secuenciar el genoma humano.

El 15 de febrero del 2001, Nature publica el primer “borrador” de la secuencia completa del genoma humano, trabajado paralelamente por consorcios públicos y privados. Recientemente (2003) se ha secuenciado totalmente el genoma del arroz y este año (2004) FAO lo dedica a este importante cultivo. Para efecto de aplicaciones prácticas se ha secuenciado también los genomas de maíz, soya, sorgo, tomate y algodón (EEUU), caña de azúcar (Brasil) y café (India). Sin embargo, este avance sobre especies de interés comercial para la agricultura y la alimentación se basaron en los grandes avances logrados en el conocimiento de *Arabidopsis thaliana*, curiosamente una pequeña maleza sin mayor importancia agronómica pero que fue utilizada como modelo biológico.

Como vemos, en los últimos años la agricultura, la agroindustria, la industria química y farmacéutica, y el diagnóstico de enfermedades, entre otros, han tenido espectaculares avances basados en el desarrollo de técnicas basadas en el uso de seres vivos, partes de ellos o procesos biológicos para la obtención de bienes y/o servicios.

Las técnicas biotecnológicas más utilizadas para apoyar el sector agrícola han sido el cultivo de tejidos vegetales, el uso de marcadores moleculares, y desde hace unos años la ingeniería genética. Estas técnicas constituyen una poderosa herramienta para apoyar el mejoramiento genético y la obtención y multiplicación rápida de nuevas variedades, así como el diagnóstico y la caracterización y conservación de los recursos genéticos.

A) **El cultivo de tejidos** es una técnica ampliamente difundida en el mundo, en la cual existe una infinidad de trabajos de investigación y algunas de sus múltiples aplicaciones, están siendo utilizadas a nivel comercial. Sus aplicaciones principales son:

- 1) la multiplicación a gran escala de plantas de alta calidad genética y fitosanitaria y la limpieza viral;
- 2) como herramienta en el mejoramiento genético utilizando cultivo de anteras, cultivo de callos, rescate de embriones, fusión de protoplastos, entre otros y
- 3) en la conservación de los recursos genéticos, donde la conservación *in vitro* es una alternativa muy útil en el caso de plantas de reproducción asexual y de semilla recalcitrante.

B) Los marcadores moleculares permiten apoyar y acelerar la identificación de la diversidad genética existente y de genes de interés económico y social; de igual manera son muy útiles en el mejoramiento genético ya que permiten la selección más rápida y precisa de nuevos genotipos. Esta es una tecnología que en la actualidad se encuentra muy difundida y su aplicación es cada vez mayor debido a su versatilidad.

C) La ingeniería genética o tecnología del DNA recombinante, es una técnica reciente que está siendo utilizada en la obtención de nuevos genotipos. Actualmente las plantas transgénicas están siendo sembradas en algunos países, sin embargo sus productos derivados están siendo comercializados en el mundo entero, aún cuando las primeras obtenciones son relativamente recientes. Científicos de Calgene, una compañía de biotecnología agrícola en Davis, obtuvieron lo que se ha venido en llamar el tomate Flavr Savr. Se consiguió realmente el retraso en el reblandecimiento del fruto. Después de completar ciertas pruebas, Calgene introdujo el tomate en el mercado en el año de 1994.

Como ejemplo del gran avance de esta tecnología en los últimos años, sólo en 1999, más de 70 variedades transgénicas de plantas se registraron para siembra comercial en el mundo. Entre éstas se incluyen variedades de algodón, achicoria, papa, zapallo, maíz, papaya, colza, tabaco, tomate, clavo de olor, etc. Se estima que en los últimos años, más de 15 000 pruebas de campo de material transgénico han sido llevadas a cabo en el mundo. El sector privado lleva a cabo el 80% de las inversiones en investigación en biotecnología. En el período 1997-99 las transacciones de las compañías dedicadas a negocios con las semillas de los productos de la biotecnología moderna (BM) alcanzaron la suma de 18 billones de dólares (M. Kern-Aventis, 2000).

El desarrollo del arroz dorado (golden rice) ha sido posible gracias a modificaciones y transferencias génicas que le permiten sintetizar beta caroteno y otros carotenoides precursores de la vitamina A. Este es un producto de la BM que puede potencialmente prevenir el problema de ceguera en al menos medio millón de niños al año en África.

En el Perú, el desarrollo de la BM está muy ligado a los trabajos llevados a cabo en el Centro Internacional de la Papa (CIP). Entre 1994 y 1998 nueve ensayos de campo, con tres variedades de papa, en cuatro localidades fueron llevados a cabo. En los últimos años varias otras pruebas de materiales de papa y camote se han llevado a cabo en el Perú. El CIP además cuenta con las facilidades de invernadero y laboratorio para llevar a cabo las pruebas con transgénicos (Ghislain, 2003).

Sólo dos instituciones nacionales (UNALM-CIRGEBB y el INS) están haciendo BM y trabajando con OVMs. En cuanto a vegetales actualmente el CIRGEBB está investigando la incorporación de la resistencia al "virus de la mancha amarilla" (Ring Spot Virus) en papayo (*Carica papaya*) y en la tolerancia a la salinidad en frijol (*Phaseolus vulagris*). El trabajo en papaya está avanzado, y el trabajo en frijol está en sus etapas iniciales.

Los transgénicos de la primera generación, por sus altos costos de creación, se han enfocado en características de producción (resistencia a enfermedades y tolerancia a herbicidas) de los cultivos más importantes (maíz, algodón, canola y soya); la mejora obtenida no ha tenido beneficios directos para el consumidor, lo cual no ha contribuido a una opinión pública favorable hacia la biotecnología en general y respecto a los cultivos transgénicos en particular. Sin embargo, con los transgénicos de la segunda generación se intenta mejorar la calidad de los productos, como por

ejemplo el aumento del valor nutricional de alimentos, mejor sabor o reducida alergenicidad de alimentos que tradicionalmente pueden producir reacciones alérgicas

La Contraloría Federal de los EEUU (General Accounting Office) en base a datos de la Food and Drug Administration (FDA), una de las agencias reguladoras, encargadas de la seguridad de los alimentos en ese país, emitió un informe en el que señalaba que habían 50 OVM que originarían 50 productos alimenticios transgénicos nuevos, evaluados hasta Abril del 2002, por dicha agencia. El número total es de 62 atributos modificados, dado que varios productos fueron modificados con atributos múltiples. La lista de los productos se da a continuación:

- Resistencia a insectos: maíz (08), tomate (01), papa (04), algodón (02).
- Resistencia a virus: zapallo (02), papaya (01), papa (02).
- Tolerancia a herbicidas: maíz (09), arroz (01), canola (08), remolacha azucarera (02), lino (01), algodón (04), rábano (01), soya (02).
- Aceite modificado: soya (01), canola (01).
- Esterilidad reproductiva en plantas: maíz (03), canola (03), rábano (01).
- Maduración atrasada/ablandamiento: melón (01), tomate (04).

Según el Informe del Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, 2004), el área global de cultivos transgénicos el 2003 fue de 67,7 millones de hectáreas, 15% más que en el año 2002. El informe indica que 7 millones de productores en 18 países siembran variedades transgénicas; casi un tercio del área global sembrada con variedades transgénicas, corresponde a países en vía de desarrollo.

En 2003, Brasil y Sudáfrica se unieron a Estados Unidos, Argentina, Canadá y China, como los nuevos líderes en la producción de cultivos transgénicos. Los países que el año pasado sembraron más de 50 000 h con cultivos transgénicos son:

USA	42,8 millones h
Argentina	13,9 millones h
Canadá	4,4 millones h
Brasil	3,0 millones h
China	2,8 millones h
Sudáfrica	0,4 millones h
Australia	0,1 millones h
India	0,1 millones h
Rumania	<0,1 millones h
Uruguay	<0,1 millones h

Menos de 50000 hectáreas fueron sembradas en: España, México, Filipinas, Colombia, Bulgaria, Honduras, Alemania e Indonesia.

La soya continúa liderando los cultivos transgénicos a nivel mundial, con 41,4 millones de hectáreas (aproximadamente, 13% más que en 2002), área que corresponde al 55% de la soya mundial. Nuevas variedades y aprobaciones provocaron un mayor crecimiento del área de maíz transgénico que aumentó un 25%, alcanzando 15,5 millones de hectáreas en todo el mundo, 11% de la superficie total de maíz. La colza alcanzó 3,6 millones de hectáreas en el 2003 (20% de crecimiento), lo que implica el 16% del área mundial sembrada con colza. El algodón Bt alcanzó 7.2 millones de hectáreas (6% más que en 2002), constituyéndose en un 21% del área mundial cultivada con algodón.

El ISAAA (Service for the Acquisition of Agribiotech Applications), estima que en los próximos cinco años 10 millones de productores en 25 o más países cultivarán 100 millones de hectáreas de variedades transgénicas. Considera además, que se espera que el valor global de mercado de los cultivos transgénicos aumente de los aproximadamente 4 500 millones de dólares de éste año a 5 000 millones o más en 2005.

Entre los países de la región, Argentina contribuyó con 13,9 millones h (3% más que en 2002), lo que implica el 20.5% del área global cubierta con cultivos transgénicos. La superficie de maíz Bt continúa aumentando, mientras que la soya tolerante a herbicida comprende casi el 100% del total de soya en el país. Durante la crisis argentina del 2002, los ingresos generados por las exportaciones de granos, aceite y harina de soya transgénica, jugaron un rol fundamental para contener la inflación, sin los cuales se cree que la situación se hubiera tornado ingobernable (Tambornini, E. 2003).

En Brasil se sembraron 3 millones de hectáreas (4% del área global); este país autorizó la siembra de variedades transgénicas recién en el 2003. Esta es una estimación provisoria y conservadora ya que se estima que el área real cultivada con soya transgénica es significativamente mayor (Gómez, R. 2004).

Uruguay triplicó en el 2003, las hectáreas de soya (60 000 h) y sembró comercialmente maíz Bt por primera vez. Colombia expandió su área de algodón Bt a 5 000 h durante su segundo año de producción de transgénicos. Honduras aumentó la superficie de cultivo de maíz Bt en 2003 a 2 000 h, desde su introducción pre-comercial de 500 h, el año 2002. México cultivó aproximadamente 25 000 h de algodón Bt y aproximadamente 10 000 h de soya tolerante a herbicida.

En México destaca el caso particular de Savia, una transnacional mexicana que a través de la adquisición de empresas productoras de semillas y de investigación en los Estados Unidos de Norteamérica y en otros países desarrollados, ha creado un gran consorcio mundial de investigación, desarrollo y comercialización de semillas de frutas y vegetales, incluidas algunas variedades transgénicas (CamBioTec, 2003).

En el caso de Cuba, es interesante observar el desarrollo de transgénicos destinados a resolver problemas sanitarios locales, la investigación de los mismos se realiza con aporte de fondos estatales.

Esta es la tecnología agrícola que más rápidamente se ha expandido hasta ahora en el Mundo. Desde su introducción en 1996 hasta el año 2002, el área de cultivos transgénicos en el mundo ha crecido 35 veces, del año 2001 al 2002 creció 12%. Entre 5,5 a 6 millones de agricultores sembraron OVM alrededor del Mundo.

Actualmente el país con más empresas biotecnológicas son los EEUU, seguidos por el Reino Unido y el Canadá. La empresa más grande en biotecnología llega caso a US\$ 60 000 millones de capitalización; por lo menos unas 20 empresas pasan de los US\$ 1 000 millones. Las diez empresas farmacéuticas más grandes, que realizan trabajos de desarrollo de nuevas drogas, tanto por medios químicos como por biotecnología, se ubican en niveles de capitalización desde US\$ 60 000 hasta US\$ 234 000 millones.

Dado que se iniciaron las ventas comerciales de semillas OVM en 1995, ha habido una continua evolución de las ventas, alcanzando en el año 2002 a US\$ 4 000 millones a nivel mundial (ISAAA). En el año 2001 habían llegado a US\$ 3 700 millones.

Los principales actores mundiales en aplicaciones agrícolas de los OVM, son hoy las empresas multinacionales Syngenta (fusión de Novartis con Astra y Zeneca); Monsanto; Dow Chemical-Phytogen; Du-Pont-Pioneer Hi-Bred; Bayer Crop Science; y Aventis que resultó de la fusión (1999) de la alemana Hoechst AG y la francesa Rhone-Poulenc.

Del estudio “La Biotecnología en América Latina: panorama al año 2002” realizado por CamBioTec en 14 países (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, México, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela), se han extraído las siguientes conclusiones:

- Los productos de la industria biotecnológica más vendidos en América Latina son las semillas transgénicas que se comercializan desde 1996 en Argentina y actualmente en varios países de Latinoamérica.
- El segundo producto de biotecnología agropecuaria más comercializado en América Latina, son las plántulas y semillas de cultivos diversos, seleccionadas y libres de virus, obtenidas por técnicas de cultivo de tejidos y marcadores moleculares en algunos casos. Pequeñas y medianas empresas en diferentes países la región, venden vitroplantas y ofrecen servicios de selección, limpieza y cultivo de tejidos; empresas grandes usan marcadores moleculares y hacen micropropagación dentro de sus procesos propios de cultivos comerciales como banana, café, tabaco, caña de azúcar, ajo y flores.
- Un ejemplo de cómo las técnicas modernas de cultivo de tejidos vegetales y micropropagación masiva de plantas han ayudado a Cuba a mejorar la calidad y elevar la producción nacional de varios cultivos comerciales, son las biofábricas donde se producen millones de vitroplantas anualmente para cubrir los requerimientos nacionales y la exportación de material de calidad genética y sanitaria.
- Existen numerosas pequeñas y medianas empresas o centros de investigación que se dedican a la producción de biofertilizantes, bioplaguicidas y productos bioactivos para la agricultura.
- En el sector de salud y producción animal se pueden destacar el desarrollo de métodos de diagnóstico, vacunas, crioconservación de semen y embriones, en varios países de Latinoamérica. En Cuba el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología investiga sobre la expresión de proteínas recombinantes en la leche de animales transgénicos, la clonación de ganado bovino, la manipulación del crecimiento de organismos acuáticos, entre otras actividades. En Argentina la empresa Bio Sidus trabaja en la clonación de vacunos transgénicos para la producción de proteínas recombinantes.
- En los últimos cinco años, las empresas innovadoras que producen insumos y servicios se han multiplicado y algunas han logrado comercializar sus productos a nivel mundial. Sin embargo la industria biotecnológica en Latinoamérica aún no ha llegado a despegar en forma sostenida, debido a la falta de políticas nacionales coherentes que incentiven la innovación, la transferencia tecnológica y la comercialización, y permitan superar aquellos factores limitantes como las regulaciones de bioseguridad, la investigación y la percepción del público.

- La infraestructura de investigación y desarrollo en biotecnología en América Latina es esencialmente de carácter público y varía mucho de país en país, como resultado de las diversas políticas de promoción e inversión estatal que los estados han venido brindando a la ciencia y la tecnología y también se deben a las diferencias de tamaños y capacidades económicas de cada país. El estudio permitió identificar, que en biotecnología agrícola los 14 países estudiados cuentan al menos con una institución sólida donde se realiza investigación biotecnológica. En Argentina destaca el Instituto de Biotecnología del INTA, que desarrolla plantas transgénicas, análisis genómico y prospección de genes; y el Instituto de Investigaciones en Ingeniería Genética y Biología Molecular del CONICET que trabaja con trigo, maíz y algodón transgénico. En Brasil es notable la labor del CENARGEN-EMBRAPA en el desarrollo de soya transgénica, el mejoramiento de trigo, cultivo de tejidos, control biológico, además del importante trabajo realizado en el manejo y conservación de recursos genéticos. En Cuba destaca el Centro de Ingeniería Genética y Biotecnología que trabaja con plantas transgénicas (de varias especies) resistentes a plagas y enfermedades, en la expresión de proteínas de interés terapéutico, diagnóstico, en el genoma de caña de azúcar, entre otros proyectos; y el Instituto de Biotecnología de las Plantas, que trabaja en cultivo de tejidos, biología molecular e ingeniería genética en varias especies como bananos, piña, caña de azúcar y papa. En México se destaca el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional - Unidad Irapuato, que trabaja en ingeniería genética, biología molecular, transferencia de genes tolerantes al aluminio, biología de plantas, análisis genómico, entre otros.
- Es notable que los países con capacidades universitarias en investigación más grandes, muestran el mayor progreso en la aplicación de la biotecnología en el sector empresarial.
- En Brasil y Cuba se puede hablar de la presencia de una industria biotecnológica dinámica, debido a la existencia de clusters que agrupan centros de investigación y producción especializados, con altos niveles de cooperación entre sí. Ejemplo de esto son el Polo Biotecnológico de La Habana, que agrupa a más de 40 centros de investigación y manufactura especializados en biotecnología, para desarrollar y comercializar innovaciones de forma planificada y coordinada por el Estado; y el cluster de Minas Gerais en Brasil, que agrupa al 29% del total de empresas biotecnológicas del país.
- En el campo de la ciencia genómica, el país más adelantado en Latinoamérica es Brasil, desde 1997 se ha consolidado una red de laboratorios estatales de genómica y bioinformática de primer nivel mundial, que ha culminado con la secuenciación de varios genomas de bacterias patógenas de plantas, la caña de azúcar y otros organismos.
- Chile, tiene un Plan Nacional de Desarrollo en Biotecnología. El mismo, según ISNAR, comprende la formación de 80 Ph.D. en biotecnología y la inversión de US\$40 millones en investigación que se dirigirá al desarrollo de productos de exportación nuevos ya dar valor agregado a los productos actuales.
- El Programa Genoma - Chile conjuga esfuerzos de CONICYT, CORFO, CODELCO y otras organizaciones y tiene un decidido apoyo desde la Presidencia de la Republica, formando parte de las políticas de Estado de este país.

- Es interesante mencionar el notable avance regional en el establecimiento de acuerdos de colaboración entre las organizaciones de investigación nacionales con otros centros de I+D o empresas privadas ubicadas tanto localmente como en el extranjero.

Según un estudio del Internacional Service for National Agricultural Research (ISNAR, 2000) mencionado por Wendt e Izquierdo (2002), la mayor parte de la investigación en biotecnología en Latinoamérica, la realizan las universidades públicas (44%) seguidas por centros públicos de investigación (26%) y empresas privadas (20%). Respecto a las biotecnologías utilizadas, se destacan las técnicas de biología celular (29,2%), marcadores moleculares (26,9%), seguidos por técnicas de diagnóstico (19,8%) y técnicas de ingeniería genética.

1.2. El concepto de biotecnología apropiada y su potencial para pequeños productores

Para que la aplicación de las técnicas biotecnológicas no resulte en actividades aisladas con poca relevancia y con aceptación por parte de los productores y consumidores, es necesario enmarcar dichas tecnologías en el concepto de una **biotecnología apropiable y apropiada**. Este concepto tiene como objetivo orientar la aplicación de la biotecnología de una manera responsable y viable, orientada a las necesidades reales, tanto de los productores como de los consumidores. En éste contexto, según Wendt e Izquierdo (2002), es sumamente importante que antes de realizar cualquier actividad se deba analizar:

- La relevancia de la investigación para los beneficiarios
- La aceptación del producto por parte de los beneficiarios y consumidores
- La disponibilidad real de insumos para realizar la investigación (recursos humanos y financieros, tecnologías, etc.) y su viabilidad
- El riesgo potencial para el medio ambiente y la salud
- La oportunidad y pertinencia según el cultivo y el estado de avance tecnológico local. Antes de soluciones biotecnológicas pueden haber alternativas más baratas y viables desde tecnologías tradicional y/o convencional para responder a un determinado problema.
- La sostenibilidad económica, en la medida en que la solución debe tender al autosostenimiento y permanecer en el tiempo, aun cuando el apoyo o soporte inicial termine y el proceso quede en manos de los agricultores o autoridades locales.
- La sostenibilidad ambiental, en la medida en que la biotecnología clásica o moderna puede tener un impacto ambiental en el corto, mediano y largo plazo que debe ser evaluado antes de iniciar su aplicación.

Este concepto está regulado por varios acuerdos internacionales que se manifiestan en regulaciones a nivel nacional e internacional. Estas regulaciones debieran ser bien conocidas por los decisores de política quienes en la practica deciden sobre el destino de los escasos dineros del Tesoro Público para innivación tecnológica.

En países en desarrollo, algunos muy ricos en biodiversidad pero con escasos recursos económicos para generar tecnología de punta, la aplicación de una biotecnología apropiada adquiere una especial importancia y se convierte en una verdadera herramienta para el desarrollo sostenible, más aun en un momento histórico en que la Cooperación Internacional otorga cada vez menos recursos para investigación agrícola y el sector privado por lo general no invierte en el mejoramiento genético de cultivos de consumo tradicional.

2. La gestión de la biotecnología en el nivel macro – desde conceptos hacia políticas

2.1 Nivel Internacional

2.1.1 Acuerdos Internacionales

La Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB) es el marco global sobre el cual se basa todo el desarrollo de políticas y legislaciones nacionales, regionales y globales. El texto de la CDB se completó en mayo de 1992 y el 5 de junio de ese mismo año quedó abierto a la firma de los países; entró en vigencia el 29 de diciembre de 1993. El Artículo 19 de la CDB hace alusión expresa a la compartición de beneficios entre las Partes que hacen óptima utilización de la biodiversidad mediante la biotecnología y aquellas Partes proveen los recursos genéticos.

La CDB prevé la formulación de un “protocolo que establezca procedimientos adecuados, incluido en particular el consentimiento informado previo, en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización de cualesquiera organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología que puedan tener efectos adversos para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica”. Basados en este mandato de la CDB, las Partes han llegado a ponerse de acuerdo con el “Protocolo de Cartagena sobre la Seguridad de la Biotecnología” que regula el tránsito transfronterizo de los OVM producidos mediante biotecnología moderna. El Protocolo de Cartagena entró en vigor el 11 de setiembre del 2003 y las Partes están trabajando actualmente en su implementación. El Perú ratificó el protocolo y actualmente es país Parte.

En 1999 se estableció al interno de la Comisión del Codex Alimentarius un **Grupo de Acción Especial Intergubernamental sobre Alimentos Obtenidos por Medios Biotecnológicos**. Este grupo está trabajando con criterios estrictamente científicos, en tareas como la creación de normas, directrices o recomendaciones, según corresponda, respecto a los alimentos obtenidos con medios biotecnológicos o las características introducidas con estos medios en los alimentos (www.fao.org/food/risk_biotech_es.stm).

Reconociendo que el impacto de los alimentos derivados de OVM sobre la salud es un tema de importancia global, la OMS en colaboración con la FAO, ha iniciado una serie de **Consultas de Expertos** para contribuir a la labor del Grupo de Acción, proporcionando las bases científicas necesarias para tomar decisiones sobre los aspectos sanitarios y nutricionales de los alimentos obtenidos con medios biotecnológicos.

Acuerdo sobre los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados al Comercio (ADPIC o en inglés TRIPs), como el **Acuerdo sobre los Derechos de Propiedad Intelectual Relacionados al Comercio (ADPIC o en inglés TRIPs)**, desde el 1 de enero de 1995 constituye un marco vinculante para legislaciones nacionales de los países miembros de la OMC en esa materia. Sus objetivos son la protección de los DPI, la promoción de innovaciones y la transferencia y divulgación de tecnología. El ADPIC establece estándares mínimos en materia de DPI (patentes, derecho de autor, marcas, diseños industriales, indicaciones geográficas, circuitos integrales, información no divulgada) junto con mecanismos para controlar prácticas contra la libre competencia.

El ADPIC obliga a los países a implementar un marco regulatorio en materia de DPI a nivel nacional que sea conforme con los estándares mínimos que prescribe.

Para cumplir con las disposiciones del ADPIC se han establecido diferentes fechas dependiendo del desarrollo de los países, los países menos desarrollados tienen tiempo hasta el año 2006; en caso de no cumplimiento, el país respectivo podría ser denunciado ante la OMC y podría ser sancionado.

El Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFG) fue adoptado por la Conferencia de FAO en noviembre de 2001 y es acuerdo vinculante para todos los países que ratifiquen el tratado. El Tratado tiene como objetivo *“la conservación y la 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 CDB, para una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria”*.

El TIRFG establece un sistema multilateral de acceso facilitado y la distribución justa y equitativa de beneficios derivados de la utilización de 35 cultivos y 32 géneros de forrajes. El TIRFG considera la conservación, el uso sostenible, la cooperación internacional, la asistencia técnica y se aplica a recursos *in situ* y *ex situ*. Los beneficios a compartirse a través del sistema incluyen: beneficios monetarios, acceso y transferencia de tecnología, intercambio de información y fortalecimiento de capacidades. Este sistema implica reemplazar las negociaciones bilaterales (que podrían ser viables en el caso de por ejemplo plantas medicinales) por un mecanismo multilateral donde los beneficios (y costos) derivados del acceso a los recursos genéticos de uso agrícola y para la alimentación se comparten entre los diferentes participantes y actores del sistema.

La Decisión 391 de la Comunidad Andina sobre Régimen Común de Acceso a los Recursos Genéticos, aprobada en julio de 1996, constituye el marco legal en materia de acceso a recursos genéticos para los países de la región. Esta norma sub regional llenó un vacío histórico sobre derecho de acceso a los bienes de la biodiversidad y ha contribuido al desarrollo de la formulación de la Estrategia Regional de Biodiversidad; ha tenido una sensible influencia sobre las legislaciones para el mismo fin en otros lugares del mundo como: Brasil, Costa Rica y Filipinas, constituyendo el primer mandato legal de su tipo en el mundo. La Decisión 391

- Se aplica a los recursos genéticos originarios de la región. Entendiéndose como recursos genéticos a la información de naturaleza biológica contenida en los organismos vivos.
- Los recursos genéticos son de propiedad del Estado y separa de los derechos que rigen la propiedad de los recursos biológicos, la propiedad del lugar donde se encuentren y además la propiedad de los conocimientos asociados.
- El recurso genético no puede pasar a propiedad privada, a menos que luego de haberse obtenido el **Permiso de Acceso** a un recurso genético, a partir de este se haya desarrollado un nuevo producto susceptible de protegerse mediante el régimen de propiedad intelectual. En todo caso, el producto protegido no podrá ser el mismo para el que se solicitó el permiso.
- El ámbito de acción incluye los productos derivados y componentes intangibles, que son los conocimientos asociados a dichos recursos genéticos, por parte de los pueblos originarios.
- Para acceder a los recursos genéticos, es necesario suscribir un **Contrato de Acceso** aceptado por los actores involucrados (autoridad competente, solicitante del acceso, proveedor del componente intangible, la institución nacional de apoyo,

el propietario poseedor del recurso biológico que contenga el recurso genético, el propietario del predio y/o el centro de conservación *ex situ* donde se encuentre el recurso genético).

- Para el acceso se requiere: a) un contrato de acceso, suscrito entre el solicitante y la autoridad nacional competente b) un anexo suscrito entre el solicitante y las comunidades nativas de donde proviene el recurso genético y c) contratos accesorios suscritos entre el solicitante y la institución nacional de apoyo, además del responsable legal de la institución que tiene el banco de germoplasma (si proviene de colecciones de bancos reconocidos por la autoridad competente) y/o el propietario del predio y/o el proveedor del recurso biológico.
- Quedan excluidos del Régimen Común de Acceso a Recursos Genéticos los microorganismos y las variedades vegetales, reguladas en los países andinos mediante las Decisiones 486 y 345 respectivamente.

Un aspecto interesante respecto a la Decisión 391 es la participación del Estado en todos los procesos de negociación de recursos genéticos, diseñándose un complejo y sofisticado sistema de contratos de acceso y accesorios. Luego de varios años de implementación de la Decisión 391 se observa que a pesar de haber sido reglamentada en los diferentes países de la región, su aplicación ha sido escasa y que no responde necesariamente de manera adecuada y eficiente a las distintas particularidades que presentan las diferentes modalidades y actividades de acceso a recursos genéticos y que tampoco responde necesariamente a las necesidades de los centros de investigación (Ruiz, M. 2003).

2.1.2 Cooperación Internacional

Existe una corriente favorable hacia el desarrollo de las capacidades locales en biotecnología, ya que es reconocido su potencial para apoyar el desarrollo sostenible. La cooperación internacional tiene varios mecanismos para apoyar la aplicación de la biotecnología en los países en desarrollo, existen varias iniciativas de los centros internacionales de investigación, universidades e institutos de investigación que promueven la utilización de las técnicas biotecnológicas en diferentes campos de la agropecuaria, el intercambio de conocimiento y la capacitación.

Entre las organizaciones internacionales se puede destacar las del sistema de Naciones Unidas como la FAO, los Centros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR), la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI); estas instancias multilaterales ofrecen programas de cooperación técnica, de capacitación y asistencia en el diseño de un marco regulatorio. Por otro lado, el Banco Mundial (BM) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) ofrecen programas de financiamiento de proyectos a través de préstamos (Wendt, J. e Izquierdo, J. 2002). Mientras que las agencias de cooperación bilateral como la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), el Department for International Development (DFID), la Agencia Danesa para el Desarrollo Internacional (DANIDA), entre otros, financian programas o iniciativas ligadas al fomento del desarrollo.

También se tienen las redes horizontales de cooperación, las cuales agrupan a profesionales de nivel nacional e internacional. Estas redes constituyen una excelente plataforma de discusión e intercambio de información y experiencias; permitiendo también, la formación de alianzas estratégicas, que han dado lugar en muchos casos a la realización de proyectos colaborativos, favoreciendo la compra de materiales y reactivos de manera conjunta y distintos tipos de alianzas relacionadas al manejo y

gestión de una biotecnología apropiada. Ejemplo de esto constituye la Red de Cooperación en Biotecnología para Latinoamérica y el Caribe (REDBIO), la cual tiene el auspicio de FAO. Los principales objetivos de REDBIO son: I) impulsar el intercambio de conocimientos, tecnología y materiales biológicos entre las instituciones y organizaciones públicas y privadas de los países de América Latina y el Caribe; y II) favorecer el desarrollo de proyectos de investigación y desarrollo; auspiciar la capacitación técnica; asesorar a los Gobiernos para la consolidación de estrategias de desarrollo en biotecnología y promover políticas nacionales y regionales de desarrollo en biotecnología para los sectores productivos y agroindustriales. El catálogo de laboratorios CATBIO, disponible en el portal <http://www.redbio.org>, contiene información de 658 laboratorios de 29 países de la región y 2340 profesionales involucrados con la biotecnología. El año 2001 se creó la Fundación REDBIO Internacional (FRI), organización no gubernamental sin fines de lucro que promueve el desarrollo y la utilización responsable de la biotecnología como elemento clave para el crecimiento competitivo y sustentable de la producción agropecuaria y forestal de la región, la cual está permitiendo la canalización de recursos para proyectos que benefician a toda la red. El Proyecto InfoREDBIO tiene como objetivo establecer un sistema de comunicación e información de actualización permanente, sobre innovación biotecnológica, marco regulatorio y percepción pública de la biotecnología. Uno de los productos de este proyecto, es la base de datos de profesionales llamada ProfREDBIO disponible en el portal de REDBIO desde 2003 y que consolida información sobre profesionales y estudiantes que se encuentran en la investigación, el desarrollo, la regulación, la percepción pública y la educación de la biotecnología. PerciREDBIO es otro proyecto de la FRI, el cual tiene como finalidad desarrollar materiales educativos dirigidos a varios grupos de destinatarios, como por ejemplo el "ABC de la Biotecnología" para estudiantes de enseñanza media y el "Viaje al Centro de la Hoja" dirigido a niños.

Existen también los programas de integración entre los países sudamericanos, auspiciados por el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), como el Programa Cooperativo de Investigación Agrícola del Cono Sur (PROCISUR), Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para los Países Andinos (PROCIANDINO), Programa Cooperativo de Investigación y Transferencia de Tecnología para los Trópicos Suramericanos (PROCITROPICOS) y las redes de los mismos como REDARFIT y TROPIGEN, los cuales pretenden consolidar programas de cooperación y articulación con las instituciones y organizaciones que integran los sistemas nacionales de innovación tecnológica agropecuaria e industrial del Cono Sur y la Región Andina (INIAs, universidades, sector privado y ONGs), aunando esfuerzos con los Centros Internacionales del CGIAR y otras instituciones y organizaciones nacionales e internacionales de ciencia y tecnología.

El Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), programa internacional de cooperación científica y técnica multilateral, tiene en varias áreas temáticas, subprogramas relacionados con la biotecnología.

El Programa Regional de Biotecnología de la Universidad de las Naciones Unidas (UNU/BIOLAC), creó la Red Regional de Bioseguridad (RNBio), orientada a los países del Pacto Andino, América Central y el Caribe. La creación de la Red y el área de cobertura escogida, se orienta a apoyar a los países de la región que requieren de capacitación y experiencia en agrobiotecnología y bioseguridad. UNU/BIOLAC y RNBio, organizan anualmente cursos especializados de corta duración y capacitaciones en: bioética, bioseguridad, agrobiotecnología, bioinformática, biotecnología médica, biología molecular, genómica, manufactura de productos de biotecnología avanzada, microbiología industrial, patología molecular y vinculación entre la investigación académica y la industria biotecnológica.

2.2 Nivel Nacional

2.2.1. Instituciones nacionales involucradas en biotecnología agrícola

2.2.1.a. Gubernamentales

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM), como ente rector de la política ambiental del país, se encarga de planificar, promover, coordinar, controlar y velar por el ambiente y el patrimonio natural de la Nación. Es el punto focal nacional del Convenio de Diversidad Biológica (CDB) y preside la Comisión Nacional de Diversidad Biológica (CONADIB), instancia de coordinación intersectorial en materia de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica; además, se encarga de la ejecución de la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica.

Así también, es el Punto Focal Nacional ante la Secretaria del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB, siendo el encargado de actuar como Centro de Intercambio de Información en Seguridad de la Biotecnología, y de analizar, diseñar y proponer mecanismos de intercambio de información generada por los Órganos Sectoriales Competentes (OSC) sobre la evaluación, gestión y comunicación de riesgos, así como de los registros otorgados para el desarrollo de actividades con OVM.

El Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC), tiene como función formular la política de desarrollo científico y tecnológico del país; articular la investigación científica y el desarrollo tecnológico, patrocinando programas integrados en función a los problemas nacionales, y fortalecer la infraestructura tecnológica con la implementación de sistemas de información, redes de laboratorio, y redes de cooperación técnica internacional.

El CONCYTEC cuenta con el Programa Nacional de Biotecnología, que está desarrollando el Programa Peruano de Genomas, encargado de coordinar y promover los proyectos de genómica en el país, conducentes a la identificación de genes de interés en los recursos genéticos relevantes y su correspondiente uso productivo, sostenible y eficiente. Así el CONCYTEC otorga financiamiento a proyectos de investigación y desarrollo tecnológico por concurso.

El Ministerio de Agricultura (MINAG) es el encargado de promover el desarrollo sostenido del sector agrario, y de formular y proponer políticas y la normatividad sobre las actividades de investigación, transferencia de tecnología, sanidad, informática, y la preservación y conservación de los recursos naturales renovables, y otras que conciernen al sector agrario. En su estructura orgánica cuenta con la Dirección General de Promoción Agraria, Dirección General de Información Agraria, Direcciones Regionales Agrarias y Agencias Agrarias, así como organismos públicos descentralizados como el INIEA, INRENA, SENASA, CONACS, y proyectos y programas. El Proyecto Innovación y Competitividad para el Agro Peruano-INCAGRO, a través del Fondo de Tecnología Agraria (FTA), convoca a concursos anuales para el co-financiamiento de subproyectos de servicios de extensión y de investigación adaptativa.

El Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA) tiene a su cargo la investigación, transferencia de tecnología, asistencia técnica, conservación y aprovechamiento de los recursos genéticos, la extensión agropecuaria y producción de semillas, plántulas, plantones y reproductores de alto valor genético del Sector Agrario. Cuenta con dos Direcciones Generales: de Extensión y de Investigación. La

Dirección General de Investigación Agraria (DGIA), conformada por Programas Nacionales de Investigación, y de Recursos Genéticos y Biotecnología.

El INIEA cuenta con laboratorios de cultivo de tejidos o micropropagación de plantas utilizados para la limpieza de patógenos, la producción masiva de plantas seleccionadas, y el rescate de embriones, así como para propósitos de conservación *in vitro* de germoplasma. Además, posee un laboratorio de biología molecular, destinado a la caracterización bioquímica y molecular de recursos genéticos vegetales y animales. En la Estrategia Nacional de Desarrollo de la Innovación Tecnológica Agraria y Agroindustrial en el Perú el INIEA tiene previsto utilizar las técnicas biotecnológicas para el mejoramiento y desarrollo de nuevas variedades y crianzas. Así también, el INIEA es el Órgano Sectorial Competente (OSC) y Autoridad Nacional Competente para el sector agricultura, encargado de hacer cumplir el marco regulatorio para las actividades de investigación, producción, transporte, almacenamiento, conservación, intercambio, manipulación, comercialización, uso confinado y liberación de organismos genéticamente modificados, según lo establece la Ley 27104, Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología (1999) y su Reglamento (Decreto Supremo 108-2002-PCM del 2002).

El Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA) tiene como objetivo promover las actividades relacionadas con el uso sostenible y preservación de los recursos naturales renovables, orientadas a contribuir al desarrollo del país. Una de sus principales funciones es proponer, coordinar y concertar las políticas de uso racional y conservación de los recursos naturales renovables. Cuenta con 03 Intendencias Nacionales: Aguas y Suelo, Forestal y Fauna Silvestre, y Áreas Naturales Protegidas. Además, es miembro del Grupo Técnico Sectorial (GTS) de apoyo al OSC del Sector Agricultura. El GTS tiene como función principal realizar la evaluación y gestión de riesgos de las actividades desarrolladas con OVM.

El Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) es el organismo responsable de cautelar la sanidad del sector agrícola nacional. Esta encargado de desarrollar y promover la activa participación privada en la ejecución de los planes y programas de prevención, control y erradicación de plagas y enfermedades de mayor impacto socioeconómico en la actividad agropecuaria. También se encarga de la autorización del ingreso al país y movimiento interno de material genético de plantas y animales. Además cumple con la función de normar, promover, supervisar y sancionar las actividades relativas a la producción, certificación y comercialización de semillas; y es miembro del GTS de apoyo al OSC del Sector Agricultura.

El Consejo Nacional de Camélidos Americanos (CONACS), esta encargado de promover, asesorar y supervisar el desarrollo, conservación, manejo, mejoramiento y aprovechamiento en el ámbito nacional de las especies domésticas y silvestres de camélidos sudamericanos y sus híbridos. Cuenta con ocho oficinas regionales y dos programas, el de Camélidos Silvestres y Camélidos Domésticos. Además, promueve y/o supervisa las investigaciones básicas y aplicadas en camélidos sudamericanos.

El Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), es un organismo autónomo de derecho público interno. Tiene como finalidad realizar el inventario, la investigación, la evaluación y el control de los recursos naturales de la amazonia; promover su racional aprovechamiento y su industrialización para el desarrollo económico y social de la región; cuenta con los programas de investigación de Biodiversidad, Ecosistemas terrestres, Ecosistemas acuáticos y Ordenamiento ambiental, y con centros especializados de investigación en los departamentos del trópico peruano. Además, posee un centro de investigaciones biotecnológicas de la

biodiversidad amazónica, y es miembro del GTS de apoyo al OSC del Sector Agricultura.

El Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), tiene por misión proteger todas las formas de propiedad intelectual así como promover normas de competencia leal y hacer respetar los derechos de los consumidores. A través de su Oficina de Invenciones y Nuevas Tecnologías, es la autoridad encargada de otorgar, administrar y llevar el registro de las patentes de invención.

La Universidad Peruana, tiene como función formar recursos humanos al nivel de pre-grado y post grado; para generar conocimiento, a través del desarrollo de investigaciones, tesis y proyectos. De igual manera, ofrecen cursos de proyección social para la capacitación de técnicos y profesionales relacionados con la biotecnología agrícola. En el país existen 24 universidades públicas y 17 universidades privadas que tienen carreras relacionadas con las ciencias agrarias. La mayoría de universidades estatales y algunas privadas poseen laboratorios de biotecnología, dedicados especialmente al cultivo de tejidos, para fines de limpieza de patógenos, y propagación masiva de plantas élite, y para la conservación de germoplasma. Además de unos pocos laboratorios dedicados cultivo de anteras y embriones sexuales, embriogénesis somática, variación somaclonal, y para la caracterización molecular de germoplasma, proteínas, enzimas y genes vegetales.

Un representante de la universidad peruana (Universidad Nacional Agraria La Molina) es miembro del GTS de apoyo al OSC del Sector Agricultura.

2.2.1.b. No gubernamentales

El Centro Internacional de la Papa (CIP), es uno de los 16 Centros Internacionales de Investigación auspiciados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR). El CIP trabaja en la temática de la biodiversidad de la papa, el camote, y 9 raíces y tubérculos andinos, en las actividades de conservación y fomento del uso de germoplasma, de los cultivos mencionados. El CIP posee un complejo biotecnológico dedicado a la conservación *in vitro* y crioconservación de germoplasma, así como a la ingeniería genética.

También existen empresas privadas, tales como el Instituto de Investigaciones Génesis, E.E.E.S.R.L, Vitroplant S.A., Biots, entre otras, que ofrecen servicios de micropropagación, caracterización molecular e ingeniería genética en plantas.

3. La gestión de la biotecnología en el nivel micro – desde la idea hacia la comercialización.

El gran reto de la ciencia en la actualidad es demostrar impacto en los sectores menos favorecidos y con menos recursos, particularmente la agricultura y su rol en la seguridad alimentaria; este es el aspecto que los investigadores y profesionales involucrados con la gestión de la biotecnología, no deben perder de vista. A diferencia de los países desarrollados, en los países en desarrollo existen muy poca o casi ninguna inversión privada en el desarrollo de nuevas tecnologías, por lo tanto la escasa inversión estatal debe ser altamente impactante y pertinente.

Una de las formas de elevar las probabilidades de éxito de las investigaciones es que éstas deben partir de una prospección de demanda tecnológica en los diferentes eslabones de las cadenas productivas; conociendo sus limitaciones y potencialidades, es relativamente más fácil diseñar la investigación o el desarrollo biotecnológico que vaya a responder o satisfacer esas necesidades. El proceso de

identificación de la idea tiene que ser participativo y relacionado con el entorno de los potenciales usuarios del resultado de la investigación. Para que se den innovaciones biotecnológicas, es importante que un país defina sus políticas de desarrollo, establezca un marco legal de bioseguridad y defina los DPI.

4. El caso Perú

4.1. Sector agrícola

El Perú tiene una población estimada de 26 millones 347 mil habitantes (2002), y su extensión es de 1 285 216 Km², lo cual hace una densidad de 20,5 personas por Km². Esta considerado como uno de los diez países megadiversos del mundo. Posee 84 zonas de vida y 17 transicionales de las 104 existentes en el mundo, que albergan ocho regiones biogeográficas y tres cuencas hidrográficas con 12 201 lagos y lagunas, 1 077 ríos, así como 3 044 glaciares. Por su ubicación geográfica el Perú debería ser un país tropical, de clima cálido y lluvioso; sin embargo, la presencia de la Cordillera de los Andes y las corrientes marinas de Humboldt y El Niño condicionan ha que tenga diversidad de climas y paisajes. Posee ecosistemas de importancia global, como bosques tropicales húmedos, bosques secos, punas, bosques de neblina, mar frío y lomas costeras, entre otros.

Es un país muy importante en superficie de bosques tropicales (4to a nivel global) y que mantienen cautivas unas 15 000 millones t de carbono y una enorme diversidad de especies. Posee una superficie apta a ser reforestada de 10 millones h, con la posibilidad de recapturar unas 1 500 millones t de carbono atmosférico. Posee el 10% de las especies de la flora mundial; y tiene sitios destacados en aves (primero), mariposas (primero), orquídeas (primero) y en otros grupos como mamíferos, anfibios, peces e insectos en general. Es uno de los denominados centros de origen de Vavilov. Es el primer país en recursos genéticos de plantas domesticadas (182 especies), de usos conocidos (4 400 especies), entre ellas 1 200 alimenticias y 1 408 medicinales, además de 5 especies de animales domesticados. De los cuatro cultivos importantes que alimentan el mundo (arroz, trigo, maíz y papa), el Perú posee la mayor diversidad genética de dos de ellos: es el primero en diversidad de papas (85 especies silvestres, 9 domesticadas y cerca de 3 000 variedades) y primero en diversidad de maíz (36 variedades). Ocupa un sitio muy destacado en cucurbitáceas, frutales, yuca, camote y varios otros grupos. Es decir es imprescindible para la seguridad alimentaria y de la salud del mundo.

El territorio peruano presenta tres regiones continentales bien definidas: costa, sierra y selva. El 51,3% de la población se localiza en la costa, un 36,2% reside en la sierra y el 12,4% en la selva. El 72,2% de ésta vive en el área urbana y el 27,8% en el área rural. El 45% de la población aproximadamente conforma la población económicamente activa, es decir 11,8 millones de habitantes, de estos el 27% se dedica a la agricultura y ganadería, 3,3 millones; la agricultura genera 1 294 332 puestos de trabajo permanentes: 1 005 828 para el sector agrícola y 288 504 para el sector pecuario. La tasa de pobreza en el ámbito nacional para 2002 es de 49% y la extrema de 14,8%. La pobreza rural se coloca por encima de estos valores: el 64,7% son pobres (7 de cada 10) y el 24,5% son extremadamente pobres (3 de cada 10). La pobreza es un fenómeno cuyo perfil varía en función de las heterogéneas características geográficas, sociales y culturales del país. Las regiones más pobres están en la sierra, donde habitan ocho millones de peruanos.

La amazonia es la región natural más extensa del territorio 809 686,08 km² (63% de la superficie total del país); en ella se encuentran las Regiones Políticas de

Loreto, San Martín, Ucayali, Madre de Dios y parte de Amazonas, Cajamarca, Huanuco, Cerro de Pasco, Junín, Ayacucho, Cusco y Puno. Se subdivide en selva baja (hasta los 500 msnm), selva alta (de 500 a 1900 msnm) y ceja de selva (desde 1900 a 3800 msnm). La mayor parte de la selva esta cubierta de bosques naturales de espesa vegetación, siendo los ríos los principales medios de comunicación y transporte. Las vastas llanuras del amazonas y sus tributarios son dominadas por el clima de selva tropical permanentemente húmedo (es la región más húmeda) y cálido, siendo muy apta para la producción de frutales. La amazonia tiene muchos recursos que hasta el momento no son del todo conocidos ni divulgados, pero en su gran mayoría son consumidos localmente tanto por sus pobladores indígenas, como por sus colonos.

4.2. Los cultivos

4.2.1. Arroz (*Oryza sativa*)

Es una gramínea autógama, con esterilidad masculina. Siendo una especie exótica introducida por los españoles en el siglo XVI, está prácticamente omnipresente en la dieta de los peruanos; proporciona al menos 19% de las calorías que ingiere el peruano promedio y representa del 7-8% PBI agropecuario. El área sembrada anualmente está alrededor de las 230 000 h y el rendimiento varía entre las 6,5 t/h (San Martín) y las 11t/h (Arequipa), manteniendo niveles intermedios de 8 t/h (Costa Norte). La producción nacional reciente supera el 1,1 millones de toneladas; la demanda del mercado nacional es de 1,2 millones t, importándose el déficit de producción principalmente desde Uruguay y en menor medida desde los Estados Unidos de Norteamérica. Es oportuno resaltar que con ambos países estamos en conversaciones para sendos acuerdos de libre comercio, siendo el arroz un producto sensible en ambos casos.

Aun cuando se trata del cultivo más difundido en el mundo y con altos niveles tecnológicos desarrollados, no es un cultivo libre de problemas a nivel nacional ni mucho menos a nivel global. FAO (2002) identifica los siguientes problemas asociados a este cultivo: daños considerables al ambiente (exceso de agroquímicos y emisión de gases con efecto invernadero) y a los recursos de suelo (salinización y alcalinización) y agua; problemas de contaminación; daños a la salud humana (agroquímicos). En el Perú, también genera problemas de degradación de suelos y polución por exceso de agroquímicos, especialmente en la Costa Norte donde se siembra en pozas de inundación. El exceso de agroquímicos además ha modificado el comportamiento de las microfauna, convirtiendo en plagas a insectos que antes eran inocuos para este cultivo. El mayor problema sanitario es el “quemado” causado por el hongo ascomiceto *Pyricularia* sp.

Las variedades mas importantes (según el Portal Agrario, 2004) que se cultivan en la Costa Norte (Regiones Piura, La Libertad y Lambayeque) son Viflor, Inti, Sican, Costa Norte, Taymi, Oro, Santa Ana, San Antonio, NIR-I, Amazonas, PNA-314, PNA-415, Línea 14, Moro, Saavedra, Taimi, Urpi y Capirona; en la Costa Sur (Región Arequipa) se cultivan Viflor, BG-90, San Antonio Capirona y NIR-I; mientras que en la Selva Alta o Rupa Rupa (Región San Martín), las variedades mas utilizadas por los productores de arroz son Amazonas Huarangopampa, Utcubamba, Moro, Saavedra, San Antonio y Santa Elena. Estas variedades o el material genético para su producción provienen del Proyecto Arroz del INIA, del International Research Rice Institute (IRRI - CGIAR), del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT - CGIAR) y del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Un problema muy serio que afronta este cultivo en el Perú es la falta de semilla certificada cuyo déficit alcanzó en la campaña 2001-2002 el 88% de la demanda nacional. Sobre la rentabilidad del cultivo, alcanza el 19% en la costa y es prácticamente de subsistencia o mantenimiento en la selva.

El 41% de las UAP dedicadas a este cultivo son pequeñas (menores de 5 h) ocupando el 26% de la superficie cultivada. El 35% son UAP de 5 a 20h, medianas y con posibilidades de alcanzar rentabilidad razonable y cultivan el 45% del área dedicada al arroz; mientras que el 24% de las UAP son mayores de 20 h y por lo tanto, con mayores posibilidades de tecnificación y mejor rentabilidad (estas áreas corresponden al 31% del área cultivada de arroz).

Aplicaciones de la biotecnología en arroz

El mejoramiento genético del arroz hace uso de plantas dihaploides obtenidas principalmente por cultivos de anteras; las líneas haploides incrementan la eficiencia de selección de caracteres de origen poligénico y facilitan la detección de mutaciones recesivas. También hay numerosos trabajos en los que usando la transgénesis, logran variedades de mayor calidad nutritiva; es el caso del arroz dorado ("golden rice") que produce niveles incrementados de provitamina A y otras variedades con mayores contenido de hierro que están en elaboración. Ninguna de estas metodologías ha sido implementada en el Perú.

INIA Perú y CIAT, están colaborando en la caracterización molecular de las cepas de *Pyricularia* sp, determinando además de sus niveles de virulencia, la identificación de variedades comerciales o de material genético conservados en bancos *ex situ*, con genes de resistencia a este hongo. Esta es una resistencia difícil de mantener, debido a la variabilidad patogénica que le permite al hongo vencer con rapidez la resistencia de la planta. Se han tomado 116 muestras (cepas) de *Pyricularia* en diferentes regiones del país; mediante marcadores genéticos se han identificado 6 grupos distintos con 80% de similitud. Estas cepas serán probadas frente a variedades resistentes, aún cuando esta resistencia por su naturaleza monogénica se pierde con rapidez; se sabe que la variedad africana Moroberekan tiene una resistencia compleja y permanente a *Pyricularia* determinada probablemente por genes mayores.

4.2.2. Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar es originaria de la India y fue introducida por los Españoles durante la conquista. Es un alopoliploide con número básico (x) de 10 y con número diploide (2n) de 80 (octoploide). En el Perú se cultiva en la costa, selva y valles interandinos. Sin embargo, en la costa se localiza la mayor área sembrada, debido a sus condiciones climáticas y edáficas únicas, que permiten sembrar y cosechar durante todo el año, y obtener rendimientos excepcionales. El mayor uso industrial de caña es para la producción de azúcar en una superficie que abarca 60 mil h sembradas, de las cuales el 65% pertenecen a 10 ingenios azucareros y el 35% restante a agricultores independientes.

Históricamente, la producción de azúcar en el Perú, alcanzó niveles superiores a la demanda interna, lográndose la máxima producción en 1974 con 993 088 t. Los cambios introducidos por la Reforma Agraria en 1969, originaron la caída en la producción y productividad, convirtiéndose el país en importador de azúcar a partir de 1980. La reciente reactivación del sector azucarero, debido en parte a la privatización de algunos ingenios, ha incrementado la producción nacional a 877 566 t en el 2002, sin cubrir la demanda interna que alcanzó 953 113 t. Los hogares peruanos constituyen el principal mercado del azúcar nacional, mientras que la industria de

bebidas gaseosas y laboratorios industriales consumen la mayor parte del azúcar importado, que en el 2002 fue de 138 363 t.

La productividad en caña (127,59 t/h) y en azúcar (13 t/h), obtenida en el 2002, se sitúa por debajo de la lograda en 1973 que fue 176 t/h y 18 t/h respectivamente; mientras que la edad promedio de corte descendió a 18,6 a 15,8 meses en el mismo lapso. La producción promedio nacional es de 101 k de azúcar por tonelada de caña, mientras que Colombia, país líder en la producción de azúcar, en el 2001 obtuvo 119 k por tonelada de caña de 12 a 14 meses. Los precios internacionales del azúcar de caña oscilan entre US\$ 199 y US\$ 273 por t de azúcar rubia y blanca, respectivamente, por debajo del costo de producción promedio mundial que es de US\$ 320 por tonelada de azúcar de caña. El azúcar orgánica logra precios significativamente mayores de hasta US\$ 400 /t, teniendo como principales mercados a Canadá, Holanda y Dinamarca.

Se estima que en el año 2004 la producción nacional superará a la demanda interna, generando un excedente productivo no competitivo en el contexto internacional, ya que el costo de producción por tonelada de azúcar en el país es de aproximadamente US\$ 364. Por otro lado, la apertura comercial en el mediano plazo en los países miembros de la Comunidad Andina de Naciones (CAN) y del mercado norteamericano, que a través de Tratado de Libre Comercio, contempla la reducción de los aranceles y nos obliga a ser más competitivo, incrementando la productividad o diversificando el cultivo de la caña de azúcar hacia otros usos.

Una alternativa para este cultivo es la producción de etanol; la demanda potencial de etanol a nivel nacional, para su uso como aditivo (10% en la gasolina), se estima en 162 000 m³/año.

Las variedades que actualmente se cultivan, tales como H32-8560, H37-1933 y PCG12-745, datan de la década de 1930; ocupan más del 90% del área sembrada actualmente. Esto significa que no ha habido mejora genética alguna en los últimos 70 años, lo cual ha devenido en pérdida de competitividad, aún con las buenas condiciones climáticas y edáficas que tenemos para este cultivo. Asimismo, las prácticas agrícolas que se utilizan en nuestro medio datan de la década del 70 y son aplicadas en forma ineficiente e inoportuna, sin tomar en cuenta las consideraciones de manejo integrado del cultivo ni las buenas prácticas agrícolas, aspectos de suma importancia.

Los problemas sanitarios más importantes de la caña de azúcar y que afectan su producción son la bacteria del raquitismo y la escaldadura foliar.

En dicho contexto el proyecto caña de azúcar del INIA tiene como objetivo general contribuir al incremento de la productividad y rentabilidad del cultivo, en el marco de una agricultura sostenible, competitiva y amigable con el medio ambiente. Específicamente se proponen 1) obtener cultivares de alta productividad y resistentes a plagas y enfermedades, para la producción de azúcar y etanol; así como 2) desarrollar y validar tecnologías de manejo agronómico integrado del cultivo. Para el logro de los objetivos se han planteado sub-proyectos de investigación relacionados con la introducción y selección de cultivares modernos para costa y selva, y el desarrollo de nuevos sistemas de producción, y de manejo integrado de plagas y enfermedades. La sede del Proyecto Caña de Azúcar se ubica en la EEA Vista Florida (Lambayeque) y su red de investigación está formada por las EEA's de Donoso y El Porvenir. Constituyen metas de corto plazo la adopción de técnicas modernas de producción integrada en campo y la producción de semilla de calidad a partir de plántulas *in vitro*, libre de enfermedades sistémicas. A mediano y largo plazo, con resultados para el 2011, se realizará la introducción y selección de nuevos cultivares.

Aplicaciones de la Biotecnología a la Caña de Azúcar

En este cultivo hay algunas aplicaciones básicas de la biotecnología como son el cultivo de tejidos a partir de meristemos para la obtención de vitroplantas o super elite (plantas sanas y limpias de patógenos); la producción de semilla registrada, por el método de extracción de yemas, con tratamientos hidrotérmicos y químicos. Este es el primer paso para erradicar la bacteria del raquitismo que junto a la escaldadura foliar, son las enfermedades que más afectan en la producción de la caña de azúcar.

También se aplica, aunque no en el Perú, marcadores moleculares para la búsqueda de genes relacionados con la mayor acumulación de sacarosa y también de resistencia al virus mosaico. En Australia no se produce todavía azúcar crudo a partir de caña manipulada genéticamente sin embargo están llevando a cabo investigaciones en la Universidad de Queensland centradas en la resistencia genética al bronceado de las hojas. Igualmente se llevan a cabo pruebas experimentales de la caña de azúcar transgénica en Brasil.

En el INIA se está aplicando básicamente en la micropropagación clonal de material genético nacional de buena calidad; se están propagando dos variedades Azul Casa Grande y H32. Por convenio con la Cooperativa Andahuasi para la producción de 22 000 plántulas en dos tandas. La calidad de las plántulas se controlan mediante pruebas de ELISA.

4.2.3. Maíz (*Zea mays*)

El maíz es un cultivo nativo cuyo centro de origen está en discusión entre los Andes y Meso-América; lo que sí está comprobado, es que la Sub-Región Andina es el más importante centro de diversidad de este cultivo, particularmente el territorio peruano.

El maíz es una planta alógama con poblaciones de individuos bastante heterogéneos; se siembra en costa, sierra y selva, llegando a cubrir 551 329 h en la campaña del 2001. Predominan dos tipos de maíz: amarillo duro, en la costa y la selva, y amiláceo, en la sierra. El maíz amarillo duro es el principal componente de los alimentos balanceados para la producción de aves, y en menor porcentaje es usado para la alimentación humana, en forma de harina, hojuelas, entre otras. A partir de 1991, la producción nacional de maíz amarillo no abastece la demanda interna. En el 2001 se importaron 855 583 t de grano, mientras que la demanda interna alcanzó 1 920 538 t. El maíz, en ese año, aportó con 3% al Valor Bruto de la Producción Agropecuaria, mientras que la cadena productiva maíz amarillo duro-avícola-porcícola contribuyó con 24%.

El maíz amiláceo es uno de los principales alimentos de los habitantes de la sierra. La producción es destinada al autoconsumo en forma de choclo, cancha, mote, harina precocida y bebidas, entre otras formas de uso; siendo por lo tanto, importante para la nutrición de aproximadamente 8 millones de personas. Asimismo, la producción de maíz para consumo en forma de choclo y cancha, es la más importante fuente de ingresos para los productores de este tipo de maíz en la sierra.

El rendimiento promedio de maíz amarillo duro en costa y selva es de 3,7 t/h y 2 t/h, respectivamente. El rendimiento promedio en las regiones de la costa central (Lima e Ica), es de 6,4 t/h, mientras que en Lambayeque y Piura es de 4,3 t/h. El rendimiento promedio de maíz amiláceo en la sierra es de 1 t/h.

Entre los problemas que limitan la productividad del maíz amarillo duro en costa, destaca la limitada estabilidad de rendimiento de los híbridos comerciales, cuya siembra intensiva está incrementando la población de patógenos e insectos transmisores de enfermedades producidas por virus. En la selva, más del 90% del cultivo, se realiza en laderas, con escasa o nula tecnología; y en suelos con altas concentraciones de aluminio, que ocasionan reducciones significativas en la productividad. El cultivo también es afectado por enfermedades producidas por *Cercospora zeaе maydis*, *Puccinia polysora*, por virus y por mollicutes. En la sierra un alto porcentaje del cultivo se realiza en suelos de baja fertilidad y alta incidencia de enfermedades causadas por *Fusarium* spp. y mollicutes, que reducen la calidad y el rendimiento del maíz amiláceo. Por otro lado, en muchas áreas productoras de maíz de la costa, sierra y selva, las prácticas agronómicas son ineficientes. La industria de producción de semilla de maíz es limitada; la mayor parte de los híbridos que siembra el productor son importados y los mecanismos de control de calidad son deficientes.

El trabajo del proyecto maíz en el INIA, busca como objetivo general para el maíz amarillo duro, contribuir a la satisfacción de la demanda nacional mediante el desarrollo de tecnologías modernas y eficientes de producción y manejo, adecuadas a las diferentes zonas productivas, incrementando la competitividad y mejorando el bienestar social y económico del productor; para maíz amiláceo, el objetivo es contribuir a mejorar el nivel de vida de los productores por medio del desarrollo de tecnologías de producción y manejo de acuerdo con su realidad social, cultural y económica, buscando una mayor productividad y calidad nutricional del grano de maíz.

Para el logro de los objetivos planteados en maíces amarillos duros, en el corto plazo para la costa, se desarrollarán híbridos simples de alto rendimiento en base a investigación adaptativa con material experimental del CIMMYT; como meta de mediano plazo, se formarán dos poblaciones heteróticas que serán mejoradas por selección recurrente recíproca, y de donde se obtendrán líneas para desarrollar nuevos híbridos y variedades sintéticas. Del Programa Regional de Maíz para Sudamérica del CIMMYT (Colombia), se obtendrá germoplasma con tolerancia a suelos ácidos, para áreas afectadas de selva. En maíces amiláceos, los Complejos germoplásmicos serán mejorados por selección recurrente de progenies S1, para rendimiento y resistencia a enfermedades. Para obtener mayor ganancia genética, la selección será efectuada en ambientes con infección artificial para evitar escapes y obtener mayor eficiencia por selección. En maíz amiláceo se obtendrán variedades de alta calidad nutricional del grano y mayor sanidad. La calidad nutricional del será mejorada, introgresando a estas poblaciones el gen mutante o_2o_2 , que duplica el contenido de los aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, en el grano.

Los aliados estratégicos de mayor relevancia para el proyecto son: la Asociación de Productores Avícolas y Criadores de Cerdos; la UNALM y universidades de las regiones del país, entre otros.

El incremento de la productividad y la producción de maíz en el Perú, beneficiará a casi 600 mil productores y sus familias, e indirectamente a todos los que están involucrados en la cadena productiva de maíz. Se estima que con la adopción de nuevas tecnologías de cultivo, elevando la tasa de crecimiento anual de productividad a 9,5% y del área en 10%, para el año 2007 se requerirá importar el 38% de la demanda nacional de maíz amarillo duro, en vez del 85% que se importó en el 2002. Esto significará reducción del gasto de importaciones en maíz amarillo duro en cerca de 65 millones de dólares. Para maíz amiláceo, se espera en el mediano plazo, mejorar la calidad del grano y aumentar la calidad nutricional de los habitantes del área rural alto andina, al mismo tiempo lograr excedentes cuya comercialización se integre al sistema económico-productivo del país.

Aplicaciones de la biotecnología en maíz

El maíz siendo uno de los cultivos más difundidos y utilizados en el mundo, es sujeto de muchas investigaciones y desarrollos tecnológicos y en particular biotecnológicos. Es importante reiterar la importancia del maíz Bt de gran difusión entre los países que ya han decidido admitir y gestionar el riesgo como cultivo transgénico. En el Perú no ha habido mayores desarrollos en esta área.

Otras aplicaciones biotecnológica que si se han implementado en el país es el uso de marcadores moleculares para evaluar diversidad y desarrollar un modelo para describir esta diversidad así como un modelo para predecir la erosión genética. Se trata de un proyecto de colaboración entre el INIA de Perú y el International Plant Genetic Resources Institute con el financiamiento de la Agencia Alemana de Cooperación (GTZ); el estudio se realiza en el ámbito de la selva central (Pucallpa) y se incluye en el modelo el comportamiento y análisis de maní, ají y yuca. Se están analizando 35 marcadores de microsátélites de cien entradas que incluyen muestras tomadas recientemente y otras tantas del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM), procedentes de los mismos lugares pero colectadas hace 20 o mas años. Adicionalmente, a la caracterización molecular se ha trabajado en la caracterización *in situ* y agromorfológica; la información sobre diversidad genética será cruzada con variables socioeconómicas en busca de identificar aquellas que puedan indicarnos peligro o riesgo de erosión genética.

4.2.4. Trigo (*Triticum aestivum*)

El trigo (*Triticum aestivum* L.), junto con la cebada (*Hordeum vulgare* L.) y la quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) se siembran en la zona altoandina del Perú, y son de gran importancia en términos de seguridad alimentaria para las familias campesinas; éstos constituyen una pequeña fuente de ingresos al comercializar los excedentes. El trigo es una planta autógama y alopoliploide con $X=7$ y $2n=42$.

Son cultivados en 150 000 UAP, de las cuales más del 70% poseen menos de 5 h; lo que las hace poco rentables máxime cuando la organización de los productores aún es incipiente y con poca visión comercial. No se ha podido tecnificar estos cultivos, ni desarrollar el concepto de economías de escala.

La producción de trigo se ha incrementado en los últimos 18 años, de 92 303 t en el año 1985 a 186 256 t en el 2002. Este aumento se debe al incremento del área cosechada (71%), que de 81 052 h en el año 1985 pasó a 138 531 h en el año 2002, y también, aunque en menor proporción, al aumento del promedio nacional (18%) de 1,1 t/h a 1,3 t/h en el mismo período. La producción nacional se da en la zona alto andina, y se utiliza para auto consumo y la elaboración artesanal de pan. Las importaciones de trigo, que se han duplicado en los últimos 12 años, sirven para satisfacer la casi totalidad de la demanda de la industria de harinas y pastas. De las 597 851 t importadas en el año 1990 se llegó a 1 328 954 t en el año 2002, lo que significó pérdidas de divisas por US\$ 206 901 000. Más del 90% de las importaciones corresponden a trigos duros, y del total de trigo procesado, sólo el 0,5% correspondió a trigo nacional.

Los trabajos de investigación en trigo, y también en cebada y quinua, han sido dirigidos hacia la selección y desarrollo de nuevas variedades con mayores rendimientos, mayor adaptabilidad y con resistencia a enfermedades. Estas investigaciones han sido realizadas principalmente por la Universidad Nacional Agraria La Molina y el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIA). La

empresa privada ha emprendido algunas investigaciones para mejoramiento de trigo (la compañía Alicorp S.A.).

Entre los problemas más importantes para la producción de trigo se encuentran la susceptibilidad de las variedades a enfermedades fungosas. La roya amarilla (*Puccinia striiformis* West. var. *striiformis*) causa pérdidas del 65%. El deficiente manejo agronómico también afecta la productividad del cultivo, ya que el agricultor no prepara adecuadamente los terrenos para la siembra, no fertiliza, utiliza densidades bajas y usa semillas de mala calidad, sin pureza varietal. Las pérdidas por mal almacenamiento son significativas, aun cuando éstas no han sido sistemáticamente cuantificadas, e influyen en la calidad del producto para el consumo y venta.

En dicho contexto, el proyecto cultivos andinos del INIA tiene como objetivo general mejorar el sistema de producción de los cultivos de trigo en la sierra, a fin de que sea sostenible y contribuya a la seguridad alimentaria, generar ingreso y conservar el medio ambiente, para aumentar la competitividad de los productores y elevar su calidad de vida. Como objetivos específicos están la obtención de variedades de alta productividad y resistentes a las principales enfermedades que los afectan. Se evaluarán y validarán sistemas de labranza de conservación, se determinarán las pérdidas poscosecha y se desarrollará un método de producción de semilla no centralizado

Para el logro de los objetivos se han planteado para trigo y cebada: a) evaluación de variedades de trigo resistentes a la roya amarilla y con alto rendimiento en condiciones de sierra; b) evaluación y selección de variedades de cebada resistentes a las royas amarilla y parda en condiciones de sierra; c) evaluación y validación de sistemas de labranza de conservación adecuadas a las condiciones del pequeño agricultor en la sierra del Perú; d) evaluación de pérdidas poscosecha en condiciones del pequeño agricultor en la sierra del Perú; y e) desarrollo de metodologías para la producción de semilla no centralizada.

En trigo se espera liberar nuevas variedades con resistencia a enfermedades cada cuatro años. Se contará con métodos de producción de semilla artesanal y tecnologías que reduzcan las pérdidas poscosecha. También se tendrán tecnologías para sistemas de labranza de conservación adaptadas a condiciones del pequeño agricultor en la sierra del Perú.

La Universidad Nacional Agraria La Molina, ha desarrollado una serie de proyectos de investigación en trigo teniendo como principales productos la liberación de la variedad San Lorenzo UNA 72 para su utilización en el ámbito de la irrigación San Lorenzo en Piura. Ha colectado germoplasma en Ancash e identificado materiales tolerantes a heladas o a caídas bruscas de temperatura; con el apoyo de la Oficina Internacional de Energía Atómica, se ingreso al país material genético de trigo invernal así como se implementó un laboratorio de biotecnología para la obtención de dihaploides. Concomitante a estos proyectos se logró capacitar personal.

4.2.5. Papa (*Solanum tuberosum* L)

La papa es un cultivo nativo, con una historia paralela a la historia del hombre andino. Desde tiempos remotos, se dice que fue en cuenca del Lago Titicaca hace 8 mil o 10 mil años, que el poblador andino aseguró su subsistencia domesticando la papa, transformándola en el alimento que le permitió sobrevivir bajo las duras condiciones de ese ambiente. Por ello ligado a su cultivo abundan tradiciones multifacéticas, mitos y leyendas; incluso, muchas de las variedades de este tubérculo que han llegado hasta nuestros días no se conocen en las ciudades, porque se

quedan en las comunidades ya que sirven para intercambiar con sus vecinos y proveerse de maíz, trigo y otros alimentos. Las muestras más antiguas datan del período Neolítico, fines de la Edad de Hielo, 8 000 a.C. localizadas en las cuevas denominadas Tres Ventanas, a una altitud de 2 800 msnm.

Otra es la historia de este tubérculo para ser aceptada en Europa y Norteamérica primero, y luego en el resto del mundo. La verdad es que en la actualidad muchas personas no pueden imaginar la vida sin este alimento que fue llevado por los españoles después de la conquista.

En el Perú, el área sembrada en el 2002, fue de 271 151 h y representa el 25% del PBI agropecuario. Ese mismo año la producción nacional fue de 12,2 t/h. Existen problemas tecnológicos especialmente ligados a la calidad de la semilla y la sanidad, por lo cual nuestros rendimientos son bajos si los comparamos al de México (21 t/h), Colombia (16t/h), Brasil (15 t/h) y Chile (15 t/h), por ejemplo, aunque en la costa peruana los rendimientos son de 24 t/h, el 95% de la superficie sembrada esta en la sierra donde la productividad es baja y el 80% es cultivo de secano. Las regiones de mayor producción en la sierra son Junín, Huanuco y Puno; en la costa destacan Lima e Ica.

La producción nacional en el 2002 fue de 3,3 millones de tonelada. El consumo promedio anual ha disminuido de 120 k a 70 k *per cápita* en las dos últimas décadas. En tiempo de cosecha constituye el 91% de la canasta familiar andina, pudiendo alcanzar una media de 135 k, pero en las zonas urbanas o cercanas a las urbes en los últimos años se ha visto un notable disminución de su consumo por preferencia de fideos y arroz; sin embargo, hay reportes más recientes que hablan de un consumo *per cápita* de 104 k/año. En Lima es donde se concentra la mayor parte de producción de papa ingresa casi el 80%. La sobreoferta suele ocurrir entre los meses de febrero y marzo. La experiencia en la exportación de papa fresca y congelada es limitada, ya que nuestros precios no son competitivos por los sobrecostos (carreteras, manipulación, embalaje, etc.), además de las barreras fitosanitarias que imponen muchos países. En el 2001 se exportaron alrededor de 3600 t de los cuales el 95% correspondió a papa fresca; los derivados de papa son exportados en volúmenes poco significativos; estas exportaciones principalmente han sido a Venezuela y Colombia. Las importaciones de papa son más significativas que las exportaciones; en el año 2001 se exportaron 10 627 t, el 70% correspondía a fécula de papa, siguiéndole en importancia la papa preparada congelada, preparada sin congelar, congelada y copos. Los almidones producidos en países desarrollados son del material que se deshecha en el proceso de producción de papas precocidas y congeladas por lo cual es barato.

La papa presenta algunos problemas tanto en su cultivo como en su comercialización. En su cultivo podemos citar la topología sumamente accidentada de la sierra, donde mayormente se encuentran las zonas productoras de papa; los suelos superficiales, pobres y con problemas de erosión; la falta de crédito agrícola; la predominancia de minifundios; la pérdida de resistencia de las diferentes variedades de papa a la ranchara (*Phytophthora infestans*), debido a la alta variabilidad del patógeno; la presencia de heladas y sequías, y a la constante presencia de plagas que afectan significativamente la productividad, llegando en casos extremos a la pérdida total del cultivo. Otro es la producción de semilla prebásica que aún no es barata, por lo tanto encarece los costos de producción. En la comercialización la oscilación constante de los precios debido a los factores estacionales es otro problema.

La especie domesticada de papa más importante a nivel mundial es la *Solanum tuberosum*, algunos consideran que esta tuvo su origen en *Solanum andigena*, la cual sería una subespecie de la anterior. Otros aseguran que el pool genético básico de las

papas que hoy se comen en todo el mundo esta compuesto por genes de *Solanum tuberosum* subespecie *andígena*, proveniente de los andes de Perú y Bolivia, y de *Solanum tuberosum* subespecie *tuberosum*, proveniente de la Isla de Chiloé, Chile; la papa amarilla de la sierra del Perú es *Solanum gomocalix*.

Las papas se clasifican en tres tipos: silvestres, semicultivadas y cultivadas. Las silvestres son unas 230 en el mundo (que generalmente no son comestibles) que crecen en bosques, cerros y ceja de selva. No soportan las temperaturas de la amazonia, pero si el clima frío hasta los 2 mil msnm; de éstas, el Perú posee 91. Las papas semicultivadas crecen en los campos de maíz principalmente y son también comestibles. Las papas cultivadas son sólo ocho especies (papas nativas domesticadas), pero tienen múltiples variedades. En el mundo se cultivan alrededor de 5 000 variedades. En 9 países de América Latina se tienen alrededor de 3 500 variedades, de las cuales casi 3 000 se encuentran en el Perú. En las comunidades de San José de Aymará y Collpatambo (departamento de Huancavelica) ubicadas a 3900 msnm se han podido registrar hasta 260 variedades de papas nativas.

En el Perú, según la FAO, se llega a procesar solo el 2% de la oferta nacional de papa. Una de las formas tradicionales de procesamiento de la papa son el “chuño” o “chuño negro”, la “moraya” o “tunta” o “chuño blanco”, el “tocosh” o “togosh” o “shele” y la papa seca. La otra forma de procesamiento es la industrial que se utiliza para hojuelas, papas fritas en tiras, puré, almidón de papa, precocidas-congeladas y también en forma de papas frescas embolsadas que son de calibre extra o de primera y se venden en supermercados.

Entre las principales variedades de papas nativas comerciales tenemos la Huayro, Ccompis, Yana Imilla y Sani Imilla. Entre las nativas amarillas la Peruanita, Runtush, Tumbay y Huagalina. La papas amargas que se usan para hacer chuño son la Shiri y Piñaza. Las variedades modernas principales son la Amarilis INIA, Andina, Canchan INIA, Cica, Mariva, Perricholi, Revolución, Tomasa Condemayta y Yungay. De las variedades industriales destacan la Capiro, Desertica, Maria Bonita, Tacna, Primavera, Costanera, Tomasa Condemayta, Canchan INIA, Única y Maria Reiche, las que principalmente son destinadas a la elaboración de papas en hojuelas “chips” o papas fritas .

El 62,7% de las UAP dedicadas a este cultivo son pequeñas (menores de 5 h) ocupando el 46,3% de la superficie cultivada. El 20,4% son UAP de 5 a 20 h y cultivan el 33,9% del área dedicada al cultivo de papa; mientras que solo el 6,8% de las UAP son mayores de 20h y corresponden al 17,5% del área destinada a este cultivo ancestral.

Aplicaciones de la biotecnología en papa

Durante la década de 1990, se establecieron alrededor de 120 laboratorios privados para micropropagación de papa libre de virus, muy poco de estos se encuentran en funcionamiento todavía.

En la EEA Santa Ana en Huancayo (3200 msnm), del INIEA se tiene implementado un sistema de limpieza de virus y micropropagación de papa y yacón. A través del Proyecto Papa se estudia el desarrollo de nuevas variedades con material genético de las poblaciones mejoradas y las colecciones de variedades nativas provenientes del CIP, el INIA y la UNALM.

La rancha o tizón tardío es la primera patología que amenaza los cultivos de papa es causada por el hongo *Phytophthora infestans*, causa daños en las hojas,

tallos, bayas y tubérculo y que puede llegar a producir la pérdida total de las cosechas. Es endémica de la Cordillera Oriental y difícilmente se presenta sobre los 3 500 msnm. Para combatirlo se usan variedades resistentes (como Canchan INIA, Amarilis INIA, Kori INIA y Chagllina INIA) y semilla de buena calidad.

La marchites bacteriana es una enfermedad causada por *Ralstonia solanacearum*, bacteria que afecta a más de treinta especies de plantas y es la segunda patología más importante para la producción de papa. El síntoma característico de la enfermedad es la marchites de la planta, esta puede ser en un lado del tallo o en toda la planta; en los tubérculos se observa mucus (pus) bacteriano en los “ojos”. La detección de la enfermedad en el tubérculo semilla se lleva a cabo a través de un método serológico (ELISA en membrana de nitrocelulosa). El SENASA obliga a los productores de semillas a realizar estas pruebas El CIP trabaja en la producción de variedades resistentes a esta enfermedad.

También se trabaja en la producción de hongos entomopatógenos. Estos hongos blancos (*Beauveria brongniartii*) deben inocularse en el suelo para que cuando se pone en contacto con la superficie del insecto (*Premnotrypes* spp Gorgojo de los Andes) ya sea larva, pupa o adulto, ingresa a través de su piel y se desarrolla en su interior matándolo. El estado larval es el más susceptible.

4.2.6. Raíces y tuberosas andinas: oca, olluco, mashua, arracacha, chago, maca y yacón.

La papa es sin duda el legado más conocido y difundido de la agrobiodiversidad andina a la agricultura mundial; sin embargo, no es el único cultivo ni tampoco necesariamente el más relevante de la sub región. El conocimiento y uso apropiado de otros tubérculos (oca - *Oxalis tuberosa*, olluco - *Ullucus tuberosus* y mashua - *Tropaeolum tuberosum*) y raíces andinas (arracacha - *Arracacia xanthorrhiza*, chago - *Mirabilis expansa*, maca - *Lepidium meyenii* y yacón - *Smallanthus sonchifolius*) son importantes para la seguridad alimentaria y para la sostenibilidad del frágil ecosistema montañoso Andino y de la milenaria y variada actividad agrícola y cultural que alberga.

Las áreas dedicadas a estos cultivos son en general pequeñas: 26 135 h para olluco con una producción 143,9 mil t; 21 873 h para oca con 119,7 mil t; 6 831 h para mashua con una producción de 35,5 mil t. Esto cultivos son dedicados al autoconsumo o al mercado local. Sin embargo, por sus cualidades constituyen cultivos promisorios; mención especial merece la maca y el yacón que por sus componentes que favorecen la salud y que previenen la enfermedad, tienen un valor agregado como alimentos nutracéuticos. La maca tiene probados efecto fortificante y revitalizante, así como promotor de la función gametogénesis; mientras que el yacón tiene altos contenidos de inulina y oligofruktanos, que son azúcares recomendados para diabéticos o en dietas hipocalóricas.

El Programa Colaborativo “Biodiversidad de Raíces y Tubérculos Andinos” (1992-2003), constituyó un esfuerzo interinstitucional y multinacional para promover la conservación y mejor utilización de las raíces y tubérculos andinos (RTA). El INIA de Perú, formó parte de ese consorcio, al igual que otras instituciones nacionales (pública y privada), así como instituciones de países hermanos como Bolivia y Ecuador.

Bajo la denominación de Banco Nacional de Germoplasma de RTA se ordenó (en campo) y documentó adecuadamente las colecciones nacionales de germoplasma de raíces (EEA Baños del Inca - Cajamarca) y tubérculos andinos (EEA Andenes - Cusco): 1279 entradas de oca, 432 de olluco y 160 de mashua.

Con la información de caracterización morfológica (7 años de registros) se han identificado 714 morfotipos de oca, 343 de olluco y 131 de mashua (mediante análisis de agrupamientos). En base a los datos de pasaporte, se determinó que la mayor variabilidad de oca se encuentra distribuida entre Cajamarca por el norte y Cusco en el sur, mientras que en olluco ésta se concentra entre Huanuco y Junín; la mayor variabilidad de mashua ha sido encontrada en Junín. Estas evaluaciones fueron realizadas con el software DIVA-GIS, cuya implementación y puesta al servicio del manejo de los recursos genéticos nacionales también fue uno de los logros de este proyecto.

Semilla para las comunidades

Durante siete campañas agrícolas (1993 - 2001) se produjo semilla de calidad de oca y olluco; mediante selección positiva y mejoramiento participativo se compartieron experiencias y se beneficiaron a agricultores de 15 Comunidades Campesinas en el ámbito de la EEA Andenes.

Entre 1996 y 1999 las colecciones de oca, olluco y mashua sirvieron para restituir las variedades nativas y locales (378, 187 y 155 entradas de cada tubérculo respectivamente) a los agricultores retornantes, años antes desplazados por la violencia de la década de 1980.

Aplicaciones biotecnológicas a las raíces y tuberosas andinas

En el Centro Experimental La Molina (Lima) se conserva (*in vitro*) 150 entradas de oca, 150 de olluco y 50 de mashua. Los protocolos de introducción y conservación *in vitro* están disponibles a los usuarios.

4.2.7. Hortalizas

En el Perú, la producción de hortalizas es una actividad importante en términos de su capacidad de generar volúmenes significativos de productos destinados para el consumo interno y exportación. Esto, aún cuando el área total dedicada a su cultivo (166 000 h) en el año 2002, representó tan sólo el 2,83% del área agrícola nacional. Las diversas condiciones agroclimáticas de nuestro territorio permiten obtener cosechas de estos productos durante prácticamente todo el año, lo que facilita su colocación en el mercado nacional y facilita su venta en mercados externos. Las principales zonas productoras, que se encuentran cerca de los mayores mercados del país, están en la costa.

Los cultivos hortícolas tienen una gran importancia social por la forma intensiva de su siembra y producción, lo que los constituye en una fuente permanente de mano de obra. Así, por ejemplo, se estima que el espárrago ofrece 8 118 000 jornales/año; alrededor de 6 310 000 jornales en los cultivos de ajo, cebolla, fresa y alcachofa, y en el caso de arveja verde se estima 3 450 000 jornales. Además, algunos de estos cultivos constituyen una importante fuente de divisas como productos de exportación.

De las distintas especies hortícola cultivadas en el país cabe destacar las siguientes, por su importancia a nivel nacional o regional en términos del área sembrada y población involucrada, así como, por el volumen y valor de su producción: para el caso del mercado interno se tiene a la cebolla roja (*Allium cepa* L.), el ajo (*Allium sativum* L.), la arveja verde (*Pisum sativum* L.) y la fresa (*Fragaria ananassa* Duch); en tanto que el espárrago (*Asparagus officinalis* L.), cebolla amarilla (*Allium*

cepa L.), el paprika (*Capsicum annuum*) y la alcachofa sin espinas (*Cynara scolymus* L.), son para el mercado de exportaci3n. En el ano 2002, la exportaci3n de esparrago ascendió a unos US\$ 170 millones; en paprika fue de US\$ 20 millones; US\$ 15 millones en cebolla amarilla y US\$ 5,9 millones en ajo. Estos cultivos involucran en conjunto unas 55 000 h, en su mayoría ubicadas en las Regiones de Ancash, Arequipa, Ayacucho, Huancavelica, Ica, Junín, La Libertad y Lima.

En el caso de los cultivos considerados para el mercado interno, las limitaciones tecnol3gicas mas importantes consisten en: aplicaci3n de tecnologías inadecuadas de manejo de cultivo y, en muchos casos, de impacto ambiental; uso de ecotipos y cultivares de baja capacidad productiva; y semillas de mala calidad genética. Esto, a su vez promueve la incidencia de enfermedades como la virosis en fresa; nemátodos en ajo; pudriciones del bulbo y la raíz en cebolla; también diversas enfermedades foliares en arveja verde. Asimismo, el manejo y conservaci3n del producto cosechado son deficientes en la mayoría de casos, lo que incrementa las mermas. En dicho contexto, los mencionados cultivos presentan bajos índices de productividad, calidad y rentabilidad, lo que limita su competitividad en el mercado.

Si bien los cultivos de exportaci3n son generalmente conducidos en condiciones de tecnología media a alta; las cambiantes tendencias del mercado y su alta exigencia de calidad, inocuidad y bioseguridad, generan espacios para una permanente innovaci3n tecnol3gica, para reforzar la competitividad y sostenibilidad de la actividad.

El INIA promueve un proyecto en hortalizas cuyo objetivo general es generar tecnologías que promuevan la productividad, calidad y rentabilidad y el uso de las buenas prácticas agrícolas que conlleven a un desarrollo sostenido y competitivo de los cultivos hortícola priorizados, para mercado interno y exportaci3n. Los objetivos específicos son: 1) identificar y seleccionar cultivares de alto rendimiento, tolerantes a factores bi3ticos y buena adaptaci3n; 2) desarrollar y validar tecnologías de producci3n y manejo integrado de plagas; y 3) desarrollar y validar tecnologías de poscosecha que reduzcan las mermas, incrementen el rendimiento exportable y permitan cumplir las exigencias de calidad de los mercados.

En el caso de las hortalizas para el mercado nacional, la tecnología generada permitirá identificar cultivares de alto potencial de rendimiento, mejor calidad y resistencia a enfermedades en ajo, cebolla roja y fresa, que sustituyan a las variedades actualmente en uso. En arveja verde se dispondrán de cultivares de alto potencial de rendimiento y de buena calidad de grano. La adopci3n de tecnologías permitirá acortar significativamente la brecha de productividad actual existente.

En hortalizas de exportaci3n, mediante trabajos colaborativos de investigaci3n y desarrollo de tecnologías con las asociaciones de agricultores y exportadores, se espera introducir nuevos cultivares de esparrago en la búsqueda de una menor dependencia de un cultivar único; así como mejorar las técnicas de manejo integrado del cultivo con énfasis en el control de *Copitarsia incomoda*; determinaci3n de parámetros fisiol3gicos de fertilizaci3n y riego e índices fisiol3gicos de madurez de la planta para cosecha. En alcachofa, cebolla amarilla y paprika, se identificarán cultivares de alto rendimiento y técnicas de manejo del cultivo (fertilizaci3n, riegos) y poscosecha (condiciones de secado en paprika). Tambn se validarán técnicas de conservaci3n para envío a mercados distantes y se evaluarán opciones de desarrollo de productos que permitan la utilizaci3n de excedentes.

Aplicaciones biotecnol3gicas a la producci3n de Hortalizas

Se ha implementado protocolos de micropropagación de prácticamente todas las hortalizas que maneja y conserva el INIA. Este desarrollo ha sido más notable en la EEA DONOSO donde se cuenta con instalaciones adecuadas. Se produce plántulas libres de virus y limpias de patógenos para trasladarlas al invernadero y usarlas como plantas madres. Este laboratorio tiene una producción regular de al menos 100 000 plantas madres de fresa al año. También se producen plántulas de ajo y camote, libres de patógenos.

En la EEA Santa Ana (Huancayo 3 200 msnm) se tiene implementado el tratamiento para limpieza de virus y micropropagación de plántulas de alcachofa y fresa.

La Universidad Nacional Agraria La Molina (Departamento de Biología) ha desarrollado capacidades en la producción de hortalizas por hidroponía, mediante la producción del paquete tecnológico completo (desde implementos hasta soluciones nutritivas) para tomate, fresa, lechuga, repollo, entre otras. Realiza una intensa labor de difusión con numerosos cursos de extensión brindados a diferentes niveles desde escolares hasta profesionales altamente especializados.

4.2.8. Yuca (*Manihot esculenta* Crantz)

Es uno de los cultivos más importantes del trópico. La producción mundial se ha estimado en 120 millones de t/año; mientras que la producción anual de materia seca llega a 42 millones de toneladas. Aproximadamente un 80% de la producción se usa para consumo humano, constituyendo la fuente principal de carbohidratos para más de 500 millones de personas que habitan en los países en desarrollo. El otro 20% de la producción es usado para la alimentación animal y procesamientos industriales. Para el año 2002 en América Latina, el área de yuca fue de 2 579 165 h y la producción superó los 33 millones de toneladas.

En el Perú se cultivan alrededor de 81 419 h, con una producción total anual 858,8 mil t en la campaña 2002-3. El rendimiento promedio de yuca en el país es de 10,7 t/h/año, menor a los rendimientos promedios alcanzados en América Latina (12,8 t/h/año) y a nivel mundial (11,9 t/h/año). El mayor porcentaje de la producción se destina al autoconsumo, estimándose en 141 921 las familias involucradas directamente con este cultivo. La yuca es una especie tolerante a condiciones edáficas y climáticas adversas, al igual que al ataque de patógenos y plagas. Produce satisfactoriamente en áreas en donde otros cultivos no prosperan.

El mayor porcentaje (67%) de las áreas productoras se encuentran en la selva (Loreto 29,6%, San Martín 18,2%, Ucayali 9,9%, Amazonas 9,3%), 30,5% en la sierra (Cajamarca 8,9%, Junín 6,9%, Cusco 4,6%, Huanuco 5,9% y Pasco 4,2%), y 2,5% en la costa (Lambayeque 1,3%, Lima 1,1% y Tumbes 0,1%). El crecimiento del área cultivada de yuca presentó a inicios de la década del 90, un incremento significativo en superficie y producción especialmente en la selva.

Las investigaciones en yuca realizadas por INIA, se han limitado a la recolección, caracterización e identificación de germoplasma en el país. También a la estandarización de metodologías para la propagación *in vitro*, lo que ha tenido un avance importante. De igual modo, el CIAT, el Programa de Investigación y Proyección Social en Raíces y Tuberosas de la UNALM y el IIAP, han realizado trabajos de investigación en los últimos años sin haber logrado hasta la fecha, consolidar todas estas tecnologías por diversos factores. Una de las principales limitantes para el desarrollo competitivo de la cadena productiva de la yuca, especialmente en su fase

de transformación, es la falta de una caracterización de la aptitud industrial del germoplasma que se posee en el país, el cual es altamente diverso. El banco de germoplasma del CIAT, hasta octubre del 2000 guardaba 6 073 accesiones de yuca de diferentes países del mundo, de las cuales 405 provienen del Perú.

La investigación en yuca que realiza el INIA tiene como objetivo general, mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo de yuca mediante la identificación y adaptación de sistemas de manejo integral que sean sostenibles, amigables con el ambiente y competitivos, para satisfacer la demanda y reforzar la seguridad alimentaria. Trabaja participativamente en campos de agricultores colaboradores, que son nuestros aliados estratégicos más importantes. Asimismo, se está buscando establecer enlaces con las asociaciones de avicultores (interesados en harina de yuca) y las facultades de agronomía de las universidades nacionales de Ucayali, San Martín y de Loreto, para identificar demandas tecnológicas que se traduzcan en proyectos colaborativos capaces de encontrar respuestas a problemas tecnológicos coyunturales. Similar acción se está realizando con organismos internacionales, tal como con el Consorcio Latinoamericano de Investigación y Desarrollo de la Yuca en Latinoamérica (CLAYUCA) quienes proveen de opciones tecnológicas para mejorar la producción y optimizar diversificando las formas de uso de este producto. En el contexto del proyecto "Aptitud de Uso de Germoplasma Promisorio", de la Dirección Nacional de Investigación de Recursos Genéticos del INIA, estamos trabajando en la caracterización bioquímica y de aplicaciones distintas a la alimenticia de entradas agrónomicamente promisorias de yuca (v.g. elaboración de colas y pegantes a partir de harina).

En este mismo año se iniciará el estudio de clones promisorios introducidos y locales a fin de elaborar fichas tecnológicas de cada uno de ellos. En el corto plazo se tendrá en forma preliminar, recomendaciones técnicas de manejo integrado, que serán validadas en campos de agricultores. Los mejores clones se evaluarán extensivamente, y se espera tener disponibles dos variedades para ser liberadas con sus respectivos paquetes tecnológicos. En el mediano plazo, se dispondrá de tecnologías eficientes para la obtención de subproductos para el consumo humano y animal, a partir de la transformación de raíces y hojas, además de nuevas variedades de alta productividad y resistencia a plagas, destinadas para el consumo directo y transformación.

Los impactos esperados a partir del desarrollo de alternativas tecnológicas, tendrán efecto en el campo social, al contribuir a incrementar el bienestar económico del productor, dándole alternativas que le permitan una mayor eficiencia en el manejo del cultivo disminuyendo los costos de producción en aproximadamente 25%, elevando al mismo tiempo la productividad actual a 18 t/h/año (20%). Asimismo, se habrán identificado y definido tecnologías de transformación, eficientes y rentables. Las tecnologías generadas se orientarán al manejo integrado del cultivo por lo que tendrán además, un impacto ecológico positivo.

Aplicaciones biotecnológicas en yuca

Los protocolos de micropropagación y conservación *in vitro* de yuca están adecuadamente implementados en el Laboratorio de Conservación *in vitro* de la Dirección Nacional de Recursos Genéticos del INIA. De hecho se conserva *in vitro* una parte de la Colección Nacional de Germoplasma de Yuca; el año 2003 se trajeron del CIAT 20 clones de alta productividad con fines de mejoramiento.

El Laboratorio de Biología Molecular de la Dirección Nacional de Investigación de Recursos Genéticos del INIA (Centro Experimental La Molina) se tiene

desarrollados marcadores de ADN tipo microsatélites para la determinación del genotipo y para la evaluación de la variabilidad del germoplasma. Asimismo, este cultivo es uno de los utilizados para desarrollar un modelo que permita predecir la erosión genética en agroecosistemas de selva. Para ello se contrastan variables socioeconómicas con la caracterización agromorfológica y genética (microsatélites) buscando establecer correlaciones que permitan inferir riesgo de erosión genética.

4.2.9. Plátano y banano (*Musa sp*)

El plátano y banano en el Perú, son cultivos que se caracterizan por ser una valiosa fuente alimenticia para el consumidor y un importante factor de seguridad alimentaria para el productor y su familia, especialmente en la selva. Además, genera ingresos permanentes para los agricultores, constituyendo una “caja chica” para financiar otras actividades agrícolas. Se estima que 147 987 familias dependen directamente e indirectamente de este cultivo a través de la cadena productiva. El tipo plátano es consumido mayormente cocido o en frituras, en verde o maduro; entre las principales variedades comerciales están el Bellaco, Bellaco plátano e Inguiri. El tipo banano es consumido como fruta de mesa, destacando las variedades comerciales de seda (Cavendish, Gros Michell), Isla, Moquicho o Biscochito y Capirona.

En el país se cultivan alrededor de 152 275 h de plátano y banano, con una producción total anual estimada para el año 2002 de 1 450 000 t. El 71,5% de las áreas de cultivo se localizan en la región selva, el 22% en la costa norte (Piura y Tumbes) y un 6,5% en las diferentes regiones del país. Aproximadamente el 90% de la producción nacional se destina al autoconsumo y la diferencia es para la comercialización regional, nacional y para exportación. El mayor mercado de consumo es Lima. Actualmente, pequeños agricultores ubicados en Piura y Tumbes están exportando banano orgánico, hacia mercados de Estados Unidos de Norteamérica y Europa. En el año 2000 se exportaron 856 t a los Estados Unidos y en el 2002 estas subieron a 19 080 t (1,3% de la producción nacional) por un valor FOB de US\$ 8 761 049. Hacia finales del 2002 las áreas certificadas de banano orgánico fueron 2 350 h, con más de 3 000 agricultores involucrados en esta actividad, y una demanda de 876 200 jornales al año. Se estima que para este año (2004) las áreas certificadas superan las 5 000 h.

El cultivo del plátano y banano afronta problemas técnicos que limitan su productividad. Los actuales cultivares son altamente susceptibles a la enfermedad foliar Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y al ataque del picudo negro (*Cosmopolitus sordidus*), plagas que reducen la producción en 40 a 50%, llegando en casos extremos a la pérdida total de las plantaciones. El manejo agronómico del cultivo se caracteriza por prácticas culturales ineficientes y por el uso de semillas de baja calidad. La mayor parte de la producción no alcanza los estándares de calidad que demanda el mercado de exportación, donde sólo el 30% esta calificando como fruta de primera. El consumo nacional se limita sólo como fruta fresca a pesar de la gran diversidad de transformación agroindustrial de la que puede ser sujeto (chips, almidón, harina para lácteos, fruta deshidratada, licores, panificación, industria farmacéutica y alimentos para niños).

La investigación de plátano y banano en el INIA, tiene como objetivo general, mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo mediante la identificación y adaptación de sistemas de manejo integral que sean sostenibles, amigables con el ambiente y competitivos, para satisfacer la demanda y reforzar la seguridad alimentaria. Específicamente se orientan a la generación, adaptación, evaluación y

validación de tecnologías agrarias que permitan mejorar la productividad y rentabilidad del cultivo, sobre la base del manejo integrado del cultivo de banano orgánico en la costa norte, y del plátano como cultivo alternativo y de seguridad alimentaria en selva. Esto incluye la selección de variedades con alta tolerancia o resistencia a factores bióticos adversos, y con características óptimas para el consumo y comercialización. Se determinará, identificará y validará alternativas tecnológicas que reduzcan las pérdidas en las etapas de cosecha, poscosecha y consumo final, además de validar alternativas tecnológicas para la transformación de la fruta.

Los aliados estratégicos más importantes son los agricultores colaboradores, dentro del enfoque de investigación participativa. Asimismo, se está implementando mecanismos de acercamiento y cooperación con organizaciones gubernamentales y privadas, tales como la Asociación de Micro Productores de Banano Orgánico de Alto Chira, y otras. El objetivo es lograr identificar demandas tecnológicas y de transferencia que se traduzcan en proyectos de colaboración, capaces de encontrar respuestas a problemas tecnológicos coyunturales. Similar acción se están realizando con organismos internacionales, tales como la Red Internacional para el Mejoramiento del Banano y el Plátano – INIBAP, para capacitación y asesoramiento. En cinco años se espera disponer de tecnologías de manejo integrado del cultivo que incrementen la productividad actual en 20%, reduciendo los costos de producción, permitiendo una mayor competitividad del cultivo.

Por otro lado, se está trabajando definir técnicas eficientes de producción de semilla de calidad; se dispondrá de prácticas de manejo poscosecha que reduzcan las actuales pérdidas hasta en 40% y se están identificando variedades de mayor productividad y con resistencia a sigatoca negra.

Aplicaciones biotecnológicas a la producción de plátano y banano.

Se tienen los métodos de micropropagación de plátano y banano implementados, en la EEA DONOSO del INIA así como en el Instituto de Biotecnología de la UNALM. Por otro lado, en el laboratorio de cultivo de tejidos de la EEA San Roque del INIA se mantiene, en medios de conservación, 20 entradas de germoplasma de plátano como copias de respaldo de material mantenido también en campo. Con el creciente mercado de plátano y banano orgánico la micropropagación y producción de vitroplantas limpias de patógenas resulta oportuna, por lo que es una alternativa que debiera apoyarse.

4.2.10. Frutales amazónicos

En las tres regiones del Perú, costa, sierra y selva, existen una gran diversidad de frutas de calidad excelente, como para satisfacer los gustos más exigentes, muchos de ellos de gran importancia para el comercio exterior, otros para el consumo de mercados locales y otros sin ser muy conocidos aún, con un gran potencial.

En general, en las zonas tropicales y subtropicales del mundo, hay aproximadamente 950 especies productoras de frutas comestibles y de ellas 200 son de suficiente calidad para ser aprovechadas en cantidades comerciales.

Los lugareños de la amazonia peruana, consumen regularmente 162 especies (Perú Ecológico). Entre las frutas amazónicas con gran potencial se encuentran camucamu, nueces del Brasil, aguaje, almendro, guanábana, mamey, cocona, chirimoya, maracuya, piña, zapote, ají, pijuayo, guaba, copoazu, guayaba, caimito, entre otros. Los frutales tienen gran potencial tanto en los mercados nacionales como extranjeros, por lo que resulta adecuado impulsar una fruticultura sostenible para generar ingresos

económicos y conservar las especies. Existe actualmente en el Perú la exoneración del impuesto a la renta (Ley N°27037 de Promoción de la Inversión en la Amazonia) a los contribuyentes de la amazonia (comprende las Regiones de Loreto, Madre de Dios, Ucayali, Amazonas y San Martín) que desarrollen principalmente actividades agrarias y/o de transformación o procesamiento de los productos calificados como cultivo nativo y/o alternativo los cuales son: yuca, soya, arracacha, uncucha, urena, palmito, pijuayo, aguaje, anona, caimito, carambola, cocona, guanábano, guayabo, marañón, pomarosa, taperibá, tangerina, toronja, zapote, camu camu, uña de gato, achiote, caucho, piña, ajonjolí, yute, barbasco, algodón aspero, curcuma, garaná, macadamia y pimienta.

A continuación comentaremos algunas características y problemática de las frutas más promisorias de la amazonía peruana:

4.2.10.a. Aguaje (*Mauritia flexuosa*)

Palmera arborescente polígamo dioica (palmas con flores femeninas, masculinas o bisexuales) de hasta 35 m de alto, de copa esférica, tallo o estípite recto, liso y cilíndrico. Se encuentra distribuida en toda la amazonia del Perú, Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela; Ecuador y Guyana, en las zonas pantanosas donde forman comunidades denominadas aguajales. El fruto es una drupa, de forma elíptica con longitud entre 5 y 7 cm. y diámetro entre 4 y 5 cm. El epicarpio (cáscara) es escamoso de color rojo vino. El mesocarpio la única parte comestible, de 4 a 6 mm de espesor, es suave, sabor agrídulce y de color naranja. Esta parte de la fruta fresca, es fuente de vitamina A, y la que se elabora en refresco, helado, dulce o bebida alcohólica. Se ha calculado que sólo la ciudad de Iquitos consume entre 12 y 20 t de frutos al mes. Del mesocarpio también se obtienen harinas y aceite. La savia dulce de la inflorescencia joven se utiliza como bebida para consumo directo o para extraer azúcar, una vez hervida; de la médula del tronco se obtiene harina comestible, constituida por almidón casi puro. El estípite o tallo se utiliza como puente en los lugares inundados y el estípite "batido" como material de construcción para pisos o separador de ambientes. Algunas palmeras muertas de aguaje son usadas por los guacamayos azul y amarillo (*Ara ararauna*) para anidar. En las palmas caídas o tumbadas y en pudrición proliferan las larvas del insecto llamadas "suris" (*Rhynchoporus palmarum*), que se consumen crudas, asadas o cocinadas.

En la amazonia peruana existen 3 millones de h de aguajales en estado natural, por la cual la producción de pulpa y harina de aguaje es una actividad económica interesante. En investigaciones recientes se ha encontrado que los aguajales son los ecosistemas en el mundo que mayor capturan carbono realizan, lo cual es una gran oportunidad para poblaciones que se encuentran realizando planes de manejo del aguaje utilizando la ascensión como método de cosecha, evitando la tala.

4.2.10.b. Almendro (*Caryocar villosum*)

Es un árbol de hasta 50 m de alto y 2,5 m de diámetro, con copa muy amplia. Se distribuye en toda la amazonia desde la franja atlántica hasta la cercanía con la cordillera de los Andes. El fruto es grande varía entre 6 a 8 cm. de largo y 6 a 9 cm. de diámetro. La cáscara es de color pardo gris; el pericarpio es grueso y carnoso, representando el 65% del peso del fruto. El mesocarpio es moderadamente espeso, aceitoso, de color amarillo y representa el 10% del peso del fruto. El endocarpio es duro y rodea la almendra y representa el 23% del peso del fruto. La almendra es blanca, aceitosa y grande (2 a 3 cm de largo por 1 a 2 cm de diámetro), algo suave y poco crocante, con un sabor agradable, representa el 3% del peso del fruto, se utiliza

para consumo humano. La madera de este árbol se usa para construcción civil y naval. La fruta es empleada para obtener la pulpa, para esto se la hierve por una hora en agua salada. La pulpa de la fruta se consume pura o con harina y también para la preparación de licor. Las almendras y la pulpa, con una metodología adecuada de extracción, se pueden constituir en una fuente excelente de aceites para la industria de los cosméticos. El pericarpio que es rico en taninos del tipo pirogallol se utiliza para obtener tintes con los que los nativos tiñen sus atuendos de amarillo y hacen sus arreglos faciales.

4.2.10.c Anona (*Rollinia mucosa*)

Árbol con ramas alargadas, mediano de 4 a 15 m de altura, cuyo fruto en infrutescencia o fruto agregado denominado sincarpo, es esférico, oblongo, globoso o cónico de 10 a 20 cm. de largo y 7 a 20 cm. de diámetro, pericarpio carnoso, verdoso y amarillo cuando madura, con numerosas protuberancias cónicas obtusas; mesocarpio abundante de color blanco, de consistencia mucilaginoso y fibrosa, aroma agradable y sabor dulce; semillas numerosas de color pardo olivo a gris. El peso del fruto puede ser de hasta 5 Kg. La planta es nativa del clima cálido y húmedo, característico de la amazonia, pero también desarrolla adecuadamente en los valles del piedemonte andino, donde las temperaturas medias están entre 20 y 22°C, sin presencia de heladas. La pulpa de la fruta fresca se utiliza para preparar refrescos, jugos, helados y dulces, siendo una buena fuente de calorías y vitamina C.

A pesar de ser una fruta muy agradable consumida en fresco, se ve restringido por su susceptibilidad para dañarse durante el transporte y almacenaje. Pero de ser posible ofertar la pulpa concentrada o como deshidratado se podría expandir su mercado.

4.2.10.d. Arazá (*Eugenia stipitata*)

El arazá es un árbol pequeño de 3 m de altura. Es un fruto nativo de la selva peruana (cuenca del Ucayali) y desde aquí ha sido difundido a otros países, como Brasil, Costa Rica y Colombia. Se caracteriza por su sabor agradable, deliciosamente ácido y aroma persistente. Puede iniciar su producción antes de los dos años. Crece fundamentalmente en la zona de la selva baja no inundada. Su rendimiento por planta es de 20 a 35 kg/año y su porcentaje de pulpa es elevado, alcanzando el 81%. La mayor producción en el Perú se da en forma silvestre. En Iquitos se dedica 6,5 h a la producción comercial. En la EEA San Roque del INIA en Iquitos se produce 48 t de este fruto. Se ha determinado que en Iquitos se comercializa alrededor de 62 t y que en Pucallpa no excede de 1,4 t.

Se emplea los frutos maduros para la preparación de refrescos domésticos y algo en mermeladas, helados y jaleas. No se consume como fruta fresca, aunque es posible hacerlo. Su alto porcentaje en rendimiento de pulpa hace que este frutal tenga características favorables para su industrialización. A esto se suma sus características organolépticas, aroma persistente y sabor agradable, que lo hacen muy apreciado. También cantidades elevadas de hierro y fósforo, así como de ácido ascórbico. Para aprovechar los frutos a largo plazo es necesario transformarlos empleando diferentes métodos de conservación.

4.2.10.e. Asaí, huasí, chonta o palmito (*Euterpe oleracea*)

Es una palmera monoica, multicaule, silvestre y cultivada de más de 25 m de altura, tallo duro y liso, de color cenizo oscuro, copa de 10 a 12 hojas. El fruto es una drupa globosa, de 1,1 a 1,5 cm de diámetro, de color verde inmaduro y generalmente morado oscuro cuando maduro. El epicarpio es muy delgado; el mesocarpio pulposo

de 0,5 a 1,5 mm de espesor, con tintes violáceos; el endocarpio cubierto por fibras longitudinales y el endospermo profundamente ruminado. Es originario de la amazonia oriental con las concentraciones más densas en el Estado de Pará (Brasil). La pulpa del fruto maduro es comestible se emplea básicamente en la elaboración de jugos y helados, también se puede utilizar en la preparación de licores. Esta pulpa tiene un contenido calórico y contenido de lípido mayor que el de la leche bovina cruda y con contenido proteico equivalente (pero no con la calidad de la leche que es muy superior), además es rica en calcio, hierro, fósforo y vitamina B1.

El cogollo o palmito es otro producto importante, es la parte del meristemo terminal que se extrae de esta palmera y de otras. Se emplea al natural, en la preparación de ensaladas, sopas, juanes, etc, y se explota industrialmente. Su carácter de multicaule y gran capacidad de rebrote, favorecen a que esta palmera sea utilizada para la explotación racional del palmito. El palmito es bajo en calorías y puede ser considerado una buena fuente de minerales. Su gran competidor es el palmito de pijuayo. Tanto el fruto como el palmito, después de cosechados, deben ser aprovechados inmediatamente debido a su rápida perecibilidad.

De las hojas tiernas se aprovecha la fibra para confeccionar sombreros. Las antocianinas del fruto tiene alto potencial en la industria alimenticia como colorante rojo natural. El estípide se utiliza en construcciones rurales como paredes, divisiones y cercos muertos. En las raíces se encuentra antranoles, cumarinas, fenoles, taninos, etc. Esta especie también se cultiva como planta ornamental.

En general los productos de esta palmera tienen gran potencial para la exportación, sin embargo tienen la desventaja poseer una alta variabilidad genética en número de macollos, tamaño de la planta, crecimiento y producción. No hay disponibilidad de semilla certificada.

Otra especie del mismo género *Euterpe predatoria* es utilizada en el Perú también para obtener palmito de plantaciones naturales.

4.2.10.d. Caimito (*Pouteria caimito*)

Árbol de gran tamaño, generalmente recto de 15 a 40 m de altura y 40 cm de diámetro, en el bosque natural y de pequeño a mediano porte en forma cultivada. La corteza externa es fisurada de color pardo oscuro y corteza interna amarilla con látex blanco y pegajoso. Su fruto es en baya globosa, redonda, obtusa o apiculada (tiene la forma de un seno de mujer) de 3 a 12 cm de diámetro, epicarpio de 2 a 5 mm de grosor de color verde que se torna amarillo cuando madura, textura lisa y consistencia blanda, exuda un látex blanco al cortarlo; con mesocarpio bien desarrollado blanco y compacto, endocarpio blanco a cremoso, mucilaginoso y cuando esta maduro succulento y dulce. Tiene de una a cuatro semillas de color pardo grisáceo. Originario de la amazonia de la región entre los límites de Brasil con Perú, Colombia y Venezuela, también se le encuentra en América Central y en las Antillas. Crece bien hasta los 1200 msnm y en terrenos no inundados. El endocarpio del fruto maduro es comestible, pulposo, jugoso, dulce, refrescante y muy agradable, pero es algo resinoso en la cáscara; es necesaria la aplicación de grasa a los labios, antes de comer el caimito, para impedir que se pegue el látex a los labios. El rendimiento de la planta es de 80 kg/año y 59% de pulpa.

La madera del caimito es pesada y apta para pisos industriales, carretería, etc; es buena como leña y los frutos de segunda calidad sirven para alimentación de cerdos y peces. Los nativos Witoto usan las hojas maceradas como desinfectante para

las heridas ya que contiene alfa-amarina, dammarenediol-II, eritrodíol y lupeol, triterpenos y fitoesteroides, que son antisépticos y analgésicos.

Es necesario trabajar en la selección de variedades con menos látex en la cáscara, para que no dificulte su consumo directo, selección de variedades con menos pepas y de pulpa dulce. Otras desventajas son la alta susceptibilidad al ataque de plagas, perecibilidad del fruto y es necesario trabajar en un desarrollo agronómico y tecnológico de transformación y conservación del fruto para su industrialización.

4.2.10.e. Camu-camu (*Myrciaria dubia*)

Arbusto o árbol pequeño de 4 a 8 m de altura, fuste delgado de hasta 15 cm de diámetro, bastante ramificado, con ramas que nacen desde la tierra. El tallo y las ramas son glabros, cilíndricos, lisos, de color marrón claro o rojizo y con corteza que se desprende de forma natural. Es un fruto nativo cuyo origen son las zonas aluviales de la amazonia peruana, crece de manera natural en las orillas de los ríos, cochas y cursos menores de agua de la amazonia; la mayor concentración de poblaciones y de diversidad se encuentra a lo largo de los ríos Ucayali y Amazonas. También se distribuye en Colombia, Brasil y Venezuela. El fruto es una baya globosa de 10 a 32 mm de diámetro, con cáscara delgada, lisa, brillante y de color rojo hasta violeta, blando, con una a tres semillas reniformes de 8 a 15 mm de largo, aplanadas y cubiertas por una malla de fibrillas. La pulpa es carnososa, ácida y de sabor y aroma agradable. Su gran potencial reside en los altos contenidos de ácido ascórbico que posee la pulpa del fruto, y que supera al resto de las especies conocidas: 2 780 mg/100 g. de pulpa, es decir más vitamina C que el limón que tiene 42 mg/100 g. de jugo. Además contiene tiamina, riboflavina, niacina y es rico en bioflavonoides. Se preparan jugos, helados, bebidas alcohólicas y mermeladas. El fruto también es un alimento para la ictiofauna. El rendimiento del cultivo y porcentaje de pulpa es de 933 kg/h y 62%, respectivamente.

El camu-camu presenta un gran potencial de desarrollo en la actividad agroindustrial y farmacológica, con fines de exportación. En la actualidad entre los principales exportadores destacan Agrícola San Juan (Backus) y la Empresa Agroindustrial del Perú. El precio de exportación de pulpa congelada de camu-camu es de US\$3,20 /k. El Ministerio de Agricultura ha identificado 1 400 h de plantaciones naturales e instalado en campo definitivo 5 384 h de manera cultivada. Asimismo, se ha creado el Programa Nacional de Camu-Camu (2000 – 2020) cuyo objetivo es promover el desarrollo sostenible del cultivo para mejorar la calidad de vida del agricultor y poblador amazónico. Para ello se promueve la planificación de la producción a partir de la zonificación económica y ecológica del cultivo, así también la concertación interinstitucional y desarrollo de alianzas estratégicas entre el sector público, la empresa privada y el agricultor organizado. Esta iniciativa también está respaldada por el Instituto de Investigación de la Amazonia Peruana (IIAP), el Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA), Agrícola San Juan, Agroindustrial del Perú S.A., CEPTENA SRL, CAMPFOR SRL, ADES, Fundación World Wildlife (WWF), entre otros. Las metas para el 2020 son lograr un desarrollo integral que le de sostenibilidad al agricultor, tener una superficie cultivada de 10 000 h y exportar 10 000 t anuales; se estima que esto generará 20 000 puestos de trabajo.

Existe disponibilidad de germoplasma nativo para optimización de la producción y de la calidad del producto. Las desventajas son la gran variabilidad de la especie, perecibilidad del fruto, susceptibilidad del fruto a daños y golpes y magulladuras en el proceso de cosecha y de transporte, alta incidencia de plagas aún no estudiadas en su control, incipientes trabajos de mejoramiento genético y tecnologías de transformación por liofilización de alto costo.

4.2.10.f Carambola (*Averrhoa carambola*)

Árbol mediano de hasta 10 m de altura, aunque a veces no pasa de arbusto, perennifolio, con ramas bajas y desparramadas, fruta alargada con 4 a 5 costillas bien marcadas, con forma ovoide o elipsoidal, en forma de estrella al corte, con o sin semillas, pulpa jugosa, algo ácido, de sabor agridulce, verde a amarillo al madurar y de piel fina y lustrosa. Al parecer procede de Malasia (Camboya y Laos), pero se ha introducido extensamente en las regiones tropicales; se cultiva tanto en la amazonia como en la costa peruana hasta los 1200 msnm

El fruto es rico en β -carotenos, ácido ascórbico y potasio; se utiliza como fruta fresca, y con procesamiento se puede llegar a obtener jaleas, mermeladas, concentrados, licores, etc. También es rica en ácido oxálico; el jugo es efectivo como tinte. Es una excelente materia prima para la industria vitivinícola, se puede usar para evitar la oxidación enzimática de otros productos y poder trabajar con pulpas de exportación en forma natural y orgánica, en la industria del vinagre y en la elaboración de jugos clarificados vía enzimática, esto debido a que contiene compuestos polifenólicos, como los taninos y ácido ascórbico que hace que la fruta obtenga una alta capacidad antioxidante.

Esta fruta es muy cotizada en el mercado internacional, siendo Brasil, Tailandia y Colombia los principales productores. En el Perú la situación actual no es muy halagüeña, las pocas hectáreas de este cultivo en zonas de selva (Alto Huallaga, Bajo y Alto Mayo, Chanchamayo, Ucayali, etc.) no tiene manejo y están descuidados, muchas veces el agricultor prefiere no cosecharlo por su bajo precio en el mercado, los cuales deberían ser aprovechados para obtener valores agregados.

4.2.10.g. Castaña o nuez del Brasil (*Bertholletia excelsa*)

Uno de los árboles más grandes de la amazonia, de 30 a 50 m de altura y una copa de 10 a 20 m de diámetro, fuste recto, cilíndrico, desprovisto de ramas hasta la copa, la corteza es oscura y hendida. Prospera en terrenos no inundados, ricos en materia orgánica.

El fruto es una cápsula de tipo pixidio incompleto, llamado "coco". Es esférico o ligeramente achatado, con cáscara dura y leñosa, el ápice del fruto con una región diferenciada, en cuyo centro se encuentra un orificio de 1 cm. de diámetro, correspondiendo al opérculo, epicarpio lenticelado, verrucoso, pardo oscuro, mesocarpio duro, leñoso, semillas en número de 10 a 25, angulares, con dos lados planos y uno cóncavo, de 3 a 5 cm. de largo y 4 a 10 gr. de peso, cubierta rugosa, dura y leñosa, testa delgada y de color marrón, la almendra o semilla es blanca comestible.

El fruto pesa entre 500 y 1 500 gr y contiene entre 15 y 24 castañas o semillas. La semilla del fruto maduro es comestible, se consume cruda, tostada, salada y en la preparación de dulces, pasteles y helados. Su poder nutritivo es comparable al de la carne de vacuno, tanto en cantidad y calidad de aminoácidos, el valor nutritivo de dos almendras es equivalente al de un huevo de gallina (web Región Loreto). La leche de castaña que se obtiene de triturar las almendras frescas es muy agradable y se utiliza como ingrediente en la preparación de potajes típicos y para tratar las manchas de la piel. Un producto secundario de las almendras, es el aceite rico en ácidos grasos no saturados que contiene (palmitico, oleico y linoléico), de gran potencial en el mercado de alimentos naturales. Industrialmente el aceite tiene valor en la fabricación de cosméticos y jabones finos. La torta de castaña o harina, que se obtiene como residuo

de la extracción del aceite tiene alto contenido de proteína y es adecuada para integrarla al pan. La almendra tiene alto contenido de elementos como el bario, bromo, calcio, cobalto, cesio, hierro, magnesio, níquel, potasio, rubidio, selenio y zinc, en comparación con otras nueces. El pericarpio leñoso es fuente de energía, se utiliza como combustible y en la producción de carbón. La madera es moderadamente pesada y esta considerada entre las más finas de la amazonia, tiene uso en mueblería, enchapados y construcción civil y naval.

Es una especie originaria del sur-este amazónico, distribuida en la cuenca amazónica en Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, Venezuela, Guyana y Surinam. En el Perú se encuentra en selva baja, en estado natural, especialmente en Madre de Dios, donde la recolección de la castaña es una actividad importante, y cultivado en la Región de Loreto y Ucayali.

La castaña es una de las especies con buen potencial económico en la región amazónica peruana, el problema es el bajo volumen de producción, el tiempo relativamente largo de inicio de fructificación de plantas francas, la competencia con otras nueces, el desarrollo radicular bastante superficial que la hace susceptible a la tumbada, y limitaciones en la polinización. Las ventajas es que es un árbol de uso múltiple, que suministra principalmente frutos con semilla y madera de alto valor comercial locales y externos, se dispone de un germoplasma variado, y tiene desarrollo agronómico y tecnológico de transformación básicas en marcha.

4.2.10.h. Cocona (*Solanum sessiliflorum*)

Planta arbustiva andro-monoica, de 0,5 a 2 m de altura, tallo cilíndrico con pubescencia dura y grisácea, ramificada cerca del suelo, al principio herbáceo y luego semi-leñoso, de crecimiento rápido. Los frutos son bayas de forma variable, desde casi esférico u ovoide hasta ovalada y tamaños de 3 a 6 cm de largo y 3-12 cm de diámetro, color desde amarillo hasta rojizo. La cáscara es lisa, suave y cubierta según variedad con una pubescencia fina pulverulenta, la cual rodea la pulpa o mesocarpio, que es grueso y acuoso, de color blanco cremoso a amarillento. Las cuatro celdas están llenas de semillas envueltas en un mucílago claro. Tiene fragancia y sabor especial (ligeramente ácido, sin dulce). La semilla es parecida a la del tomate. Es una planta nativa de las vertientes orientales de los andes del Perú, Ecuador y Colombia. También se distribuye en Brasil y Venezuela. Se encuentra de manera natural entre los 200 y 1500 msnm. En la selva peruana, se cultiva en las áreas tropicales y subtropicales de las regiones de Loreto, San Martín, Ucayali, Huanuco, Junín, Cerro de Pasco y Ayacucho.

La pulpa y el mucílago de las semillas del fruto maduro, son comestibles, se utilizan en la preparación de jugos, refrescos, helados, caramelos, jarabes, ensaladas, guisos, salsas diversas y encurtidos. Sustituye al tomate en la Amazonia, y puede ser considerado como “el tomate amazónico”. El volumen del jugo es de hasta 36 cm³/fruto (PA). En la industria se utiliza en la preparación de néctares, mermeladas y jaleas. En medicina tradicional se utiliza como antidiabético, antiofídico, escabicida (en caracha y rasca-rasca), en hipertensión, tratamiento de quemaduras, entre otros.

Tiene alta diversidad genética en los frutos (forma, tamaño, color, pubescencia, sabor y aroma). Estudios efectuados en el Perú indican la existencia de más de 25 biotipos, habiéndose seleccionado 11 promisorios. La cocona tiene una fuerte predominancia del progenitor femenino o herencia materna en las características del fruto, la cual continua en la segunda generación sin segregación aparente. El inconveniente es que los biotipos identificados no se han mantenido en ninguna colección de germoplasma, sin embargo la abundancia de estos biotipos facilita su

posible colección e instalación en el campo. Su valor nutricional y su contenido en minerales es superior a muchos otros frutos y hortalizas en hierro y niacina (vitamina B5).

Su diversidad de usos lo hace promisorio en las zonas tropicales en sustitución del tomate común, pero es muy difícil de producir en esas zonas por plagas y enfermedades; la cocona es poco cultivada, de modo que la erosión genética podría ser importante. Otra ventaja es su precocidad productiva y alto rendimiento, pudiendo llegar a 80 a 100 t/h en condiciones altamente tecnificadas (esto se ha reportado para Manaos; en Iquitos en monocultivos se ha visto rendimientos de 6 a 16,7 t/h, www.regionloreto.gob.pe). Es un fruto fácilmente industrializable y con demanda potencial elevada.

Entre las desventajas son el aun escaso trabajo de selección y mejoramiento sobre el cultivo, escaso desarrollo agronómico y tecnológico de transformación y conservación del fruto; el mantenimiento de variedades con pubescencia que dificulta la cosecha (debe protegerse la vista, porque en la cosecha ocasionar severas conjuntivitis) y la alta susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades.

4.2.10.i. Copoasú (*Theobroma grandiflorum*)

Árbol perennifolio, del bosque tropical húmedo, de las tierras altas no inundadas, que puede alcanzar hasta los 20 m de altura, presentando tallo con cáscara marrón oscuro y ramificaciones tricotómicas, con las ramas superiores ascendentes y las inferiores horizontales, corteza externa viva fibrosa, anaranjada y desprendible en tiras largas. El fruto presenta característica de drupa y de baya (baya drupácea), de forma elipsoide u oblonga, variando de 12 a 40 cm. de longitud y de 10 a 12 cm. de diámetro, su peso fluctúa entre 0,2 y 5 Kg. El epicarpio es rígido y leñoso, con epidermis verde recubierta por una capa de coloración ferruginosa, pulverulenta que se desprende cuando se manipula, el meso-endocarpio de coloración blanco amarillento con 7 mm de espesor. El fruto contiene entre 20 y 50 semillas superpuestas en hileras verticales en torno a la placenta, envueltas por abundante pulpa blanco amarillenta, de sabor dulce y con aroma agradable. Esta especie arbórea es nativa de la Amazonia oriental. Se encuentra silvestre en la parte suroeste del estado de Pará, Brasil. También en Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Venezuela y Surinam. En la Amazonia Peruana se cultiva en las regiones de Loreto y Ucayali.

Del fruto maduro se extrae la pulpa carnosa, fibrosa y acidulada que rodea todas las semillas y constituye el 38,5% del fruto. El consumo de la pulpa es directo y se utiliza para la preparación doméstica o industrial de jugos, postres, helados, dulces, compotas, licor y yogurt. La acidez natural de la pulpa, así como el elevado nivel de pectina, son características importantes que favorecen la fabricación de néctares, gelatinas, compotas y dulces. La pulpa es bastante pobre como fuente de proteína y de grasas, presentando valores de 1,92% y 0,48%, respectivamente.

Un producto secundario es la semilla que representa el 17,2% del fruto y que contiene 57% de grasa sobre base de peso seco. La semilla se utiliza para la elaboración de "cupulate" en polvo, semejante al chocolate en polvo de cacao, pero de color blanco, del cual se obtiene grasa que se utiliza en la preparación de cremas cosméticas. Los ácidos esteárico, oleico, araquidónico y linolénico, son los principales constituyentes de las grasas de las semillas.

En el estado de madurez fisiológica, los frutos naturalmente se desprenden; los frutos se recogen del suelo, ya que no es posible tener indicativos externos que posibiliten caracterizar los estados de maduración. Si los frutos son inmaduros, la

pulpa no esta en condiciones favorables para su aprovechamiento y transformación. En previsión del deterioro del fruto, por resquebrajaduras de la cáscara al impacto de las caídas sobre le suelo, la cosecha debe ser diaria.

Las ventajas de este cultivo son que tiene una fructificación relativamente precoz, existe un desarrollo agronómico y las tecnologías de procesamiento y conservación tienen avances significativos, pero estos se han realizado en el Brasil, sus principales productos pulpa y semilla tienen demanda local y mercado externo potencial, se dispone de un germoplasma naturalizado en la selva baja. Las desventajas son la baja variabilidad de la especie, ausencia de programas nacionales de mejoramiento genético, alta incidencia de plagas y enfermedades, perecibilidad del fruto y la falta de desarrollo de tecnologías de transformación y conservación en el nivel de campo.

4.2.10.j. Guanábana (*Annona muricata*)

Árbol de 3 a 10 m de altura, copa angosta y abierta, con pocas ramas o ramificaciones bajas casi verticales, con hojas simples y flores bisexuales dispuestas en tallos cortos que brotan de las ramas viejas. Crece en climas tropicales y subtropicales pero no tolera las heladas. El fruto es un sincarpo ovoide, verde oscuro de 15 a 40 cm de largo y 10 a 20 cm de ancho, a menudo asimétrico en la base debido a la polinización deficiente, esta cubierta por espinas suaves carnosas que miden de 0,3 a 0,5 cm de largo y están volteadas hacia el ápice; la cáscara es delgada y coriácea y la pulpa es blanca, cremosa, carnosa, jugosa y subácida. Numerosas semillas de color negro lustroso o castaño, oblongas u ovoides, aplanadas, miden 15 a 20 mm de largo y tienen la testa dura.

Fue domesticado en América Central y en la Amazonia, por lo que el centro de origen puede ser compartido por varios lugares. Se cultivaba en la costa peruana 1 200 años a.C. Se distribuye en la Amazonia y zonas tropicales, como Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, Surinam y Guyana. Hoy en día ha sido introducida en muchos países, y se cultiva desde el sur de la Florida (EEUU) hasta el sur del Brasil. En el Perú se cultiva en las Regiones de Loreto, San Martín y Ucayali, desde el nivel del mar hasta los 850 msnm.

Se consume la pulpa de fruta fresca o elaborada en helados, jugos, néctar, dulces y mermeladas. La pulpa se utiliza también en la preparación de bebidas calientes denominados "champús". La farmacología popular atribuye al fruto la propiedad de evitar el raquitismo, por ser una fuente razonable de carbohidratos, calcio, fósforo y vitamina C. Los frutos inmaduros se someten a cocción y se consumen como verdura. La corteza, raíz y hojas, se utilizan en medicina popular para combatir la diabetes, indigestión, disentería, fiebre, tumores, catarros, cáncer, entre otros. Su madera se utiliza para preparar yugos para el arado.

Su potencial está en el uso de la pulpa ya que su sabor agridulce característico, así como su aroma, le confieren buena aceptación, el fruto tiene adecuada calidad industrial, por su alta proporción de pulpa (el 80% de la fruta es pulpa, 10% es cáscara y 10% semillas y el centro) y su carácter de no oxidable expuesta al ambiente; y disponibilidad de germoplasma base para el mejoramiento genético, en los campos de cultivos e instituciones nacionales e internacionales especializadas (EMBRAPA, INPA, UNALAM, FONAIIP, CATIE, etc.). En el Perú, las variedades cultivadas en la Amazonia tienen preferencia para la industrialización por su mayor sabor agridulce. Las desventajas de este son la baja productividad por limitaciones naturales en la polinización; la alta susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades; la falta un adecuado manejo agroforestal; la fragilidad del fruto maduro al manipuleo de cosecha

y de transporte y su perecibilidad del fruto. Existe interés industrial por la guanábana con sabor más agrídulce que no puede ser satisfecho por la falta de plantaciones comerciales. La pulpa congelada dura varios meses sin perder su calidad cuando se descongela.

4.2.10.k. Mamey (*Mammea americana*)

Árbol hermoso por su follaje y porte (hasta 25 m de alto); tronco y ramas con látex espeso y amarillo, con la copa piramidal densa. Hojas de color brillante oscuro, opuestas y de textura coriácea; las flores pueden disponerse solitarias o en pequeños grupos muy vistosas, habiendo flores masculinas, femeninas y bisexuales. El fruto es drupáceo, globoso de 8 a 18 cm de diámetro, con corteza gruesa y pulpa de amarilla a rojiza, jugosa, conteniendo de 1 a 4 semillas oblongas de color marrón rojizo. Al parecer nativo de las Antillas desde donde se ha extendido a toda América tropical. Planta bien adaptada a los climas tropicales y subtropicales en alturas menores a los 1 000 msnm. En el Perú, se distribuye en la costa norte y en la amazonia. Requiere de suelos fértiles bien drenados y no tolera el frío. Se consume la pulpa fresca del fruto directamente; la pulpa cocida se utiliza para compotas, mermeladas y helados. La composición porcentual promedio del fruto es de 62% de pulpa, 20% de semilla y 18% de su cáscara. En las Antillas se hace un licor perfumado. La madera se utiliza localmente para hacer postes y como combustible; de la corteza se extrae un tanino para tratar cueros. El látex gomoso de la corteza y del fruto hecho polvo se utiliza como insecticida antiparásito externo, igualmente tienen esta propiedad las semillas, son antihelmíntico, pero sólo debe usarse en adultos y con prudencia.

Las prioridades de investigación deben ser en la selección de plantas mejoradas y tecnología de cultivo, también en prácticas agroforestales. La industrialización en pequeña escala permitirá que los productos de esta especie puedan ser utilizados por mayor cantidad de personas en un mayor periodo del año (la mayor incidencia de cosecha es entre mayo hasta diciembre). Una de las ventajas es la resistencia del fruto al manipuleo y transporte.

4.2.10.l. Marañón (*Anacardium occidentale*)

Es un árbol de tronco corto, tortuoso y ramificación dispersa, de 3 a 20 m de altura, y de copa amplia en la edad productiva. Su corteza es de color gris a pardo claro y contiene una savia lechosa. Sus hojas simples, alternas y agrupadas en los extremos de las ramas tienen una lámina coriácea. Inflorescencia en panículas con flores bisexuales y las masculinas de color verde claro. Fruto en nuez reniforme, de color verde grisáceo de brillo tenue, de 2,5 a 5 cm de largo y de 2 a 3,2 cm de ancho y de 2 cm de espesor; el pericarpio es duro y liso; el mesocarpio contiene aceites o gomas cáusticas y venenosas que se evaporan calentando las nueces; la semilla tiene forma arriñonada y está compuesta de dos cotiledones y el hipocotilo; el pedúnculo o pseudo-fruto piriforme, es la parte comestible del marañón, de 4 a 8 cm de largo y 4 a 6 cm de diámetro es carnoso, esponjoso, jugoso y de color amarillo a rojo brillante.

El marañón es un árbol domesticado originario del nordeste del Brasil y extendido por toda la amazonia y las regiones tropicales. En el Perú se cultiva en las Regiones de Loreto, Ucayali, Cusco y Madre de Dios.

Los frutos son cosechados bien maduros o son recogidos; se le conoce como la "fruta de la memoria" porque fortalece el cerebro, contiene grandes cantidades de

vitamina C. Se come el pedúnculo o pseudo fruto en forma natural, en forma de jugos, dulces, por fermentación se puede obtener un vino delicado y de excelente sabor, compotas, desecado, o también escarchado con azúcar. El pedúnculo debe ser procesado inmediatamente después de la cosecha porque se cubre de hongos y se descompone; la fruta debe ser almacenada entre 6 a 8°C. Las nueces son separadas del pedúnculo carnoso y luego secadas al sol, después son tostadas, separando la cáscara y se clasifican por tamaño. En el tostado y en la separación de la cáscara se debe tener cuidado con el jugo cáustico que se desprende.

La nuez se consume tostada, hervida en sopas, y en la industria pastelera, tiene sabor dulce agradable semejante al de la castaña. De la cáscara de la nuez se obtiene el cardol, un óleo resinoso utilizado en la fabricación de barnices, aislantes, plásticos, insecticidas, aislantes eléctricos y térmicos y en medicina. El vino del pedúnculo carnoso tiene propiedades anti-desintéricas. El jugo del pseudo-fruto es un tinte indeleble marrón. La madera se usa para la elaboración de cajones y la construcción. La medicina folkclórica le atribuye a esta planta un sinnúmero de propiedades, así se utiliza la infusión de la corteza como contraceptivo. Para la tos se utiliza la resina del tronco disuelta en agua. El cocimiento de las hojas y flores combate la diabetes.

En el nordeste brasileño se conocen muchas variedades. La industrialización generalmente se efectúa a gran escala y está asociada a plantaciones con extensas áreas. Tiene la ventaja de ser una especie de uso múltiple, con productos de valor industrial y con demanda en los mercados externos; el desarrollo genético, agronómico y tecnológico de la especie tiene avance significativo en otras zonas tropicales del mundo, con posibilidades de adaptación a las condiciones ambientales de la región selvática del Perú. El marañón está extendido por todas las zonas tropicales y la competencia en la producción de la nuez es muy grande. Lo más importantes productores son la India (50%), Brasil (25%) y otros como Mozambique, Tanzania y Vietnam le siguen en la producción. El volumen comercializado es de alrededor de 720 000 t anuales, con grandes fluctuaciones por variaciones en la producción. La demanda es creciente y es un producto de interesante potencial para cultivos asociados en la amazonia. Existe mercado para la nuez de marañón, la cual tiene demanda internacional, pero aún falta hacer más investigación en esta especie.

4.2.10.m.Pijuayo (*Bactris gasipaes*)

Es una palmera con varios tallos o estípites, que pueden alcanzar hasta 25 m de altura. Los tallos son cilíndricos, con entrenudos de 20 a 30 cm. y provistos de espinas negras; hay algunos especímenes poco comunes (mutantes) que carecen de espinas. Las hojas son compuestas pinnadas, agrupadas de 15 a 25 en la parte terminal del tallo. La inflorescencia monoica es un racimo de espigas, las flores son unisexuales, femeninas o masculinas, sésiles y de color blanco amarillento. Los frutos son drupas de coloración variable (verduzcos, amarillentos, anaranjados, rojos y colores intermedios); de formas cónica, ovoide u elipsoide; la cáscara es delgada y a veces adherida a la pulpa; el mesocarpio o pulpa es de color amarillo o anaranjado, y de consistencia puede ser carnosa, amilácea, fibrosa o aceitosa; el endocarpio es negro y de consistencia dura con tres poros en el ápice. La semilla es ovoide, cónica o elipsoidal, con endospermo blanco y comestible.

Es una especie forestal ampliamente difundida en la Amazonia y América tropical, desarrolla bien en terrenos no inundados. Según algunos autores el pijuayo sería resultado del cruce de varias especies de palmera. Es la única palma americana completamente domesticada, como lo atestiguan las numerosas y diferentes razas nativas identificadas. La distribución geográfica de esta especie es muy extensa, por el

norte hasta Honduras y por el sur hasta Bolivia y la parte sur de Brasil. También se indica su presencia en algunas islas de las Antillas, especialmente en Trinidad. El Perú es el principal productor mundial de semilla de pijuayo tipo sin espinas; ésta se desarrolla en el distrito de Yurimaguas (Región Loreto) y se cree que son el resultado de un intenso y largo proceso de selección efectuada por los nativos de la región, contra la presencia de espinas. Se cuenta con plantas procesadoras de palmito en las Regiones de San Martín (Lamas y Tocache), Loreto (Nauta, Maynas y Yurimaguas), Ucayali y Huanuco (Puerto Inca). La superficie cosechada de pijuayo es de 2 006 h, siendo la producción de pijuayo de 20 781 t, desde 1997 hasta 1999 se han exportado 388 t de semillas de pijuayo. Los principales países que consumen preparados de pijuayo son Argentina, Francia, Italia, Chile, Canadá, España y Australia.

El mesocarpio del fruto maduro es comestible y tiene un alto valor nutritivo, especialmente rico en vitamina A. El fruto se somete a cocción en agua con sal de 30 a 60 minutos, tiempo necesario para mejorar el sabor, eliminar sustancias irritantes y desactivar enzimas que perjudican la buena nutrición. El fruto cocinado se consume directamente en forma variada y también puede procesarse para obtener harina y utilizarse en diferentes proporciones en panadería, pastelería y fabricación de fideos. Del fruto también puede extraerse aceite comestible, que contiene ácidos grasos no saturados de gran demanda en el mercado actual. En la industria, el mesocarpio cocinado es enlatado en salmuera. El endospermo de la semilla es comestible y tiene sabor a coco y es rica en aceite. La cosecha del fruto es directa de la planta en pie, utilizando una vara larga provista de un gancho que desgaja los frutos del racimo. En plantas desprovistas de espinas, la cosecha con machete es factible luego de trepar a la planta y alcanzar el racimo. Tradicionalmente, los indígenas y campesinos amazónicos plantan simultáneamente pijuayo y otras especies frutales que les servirán de apoyo para facilitar la cosecha de los frutos.

Los frutos de segunda clase, son utilizados en alimentación de ganado vacuno, porcino, aves e incluso peces en cautiverio. Un producto importante en la dieta alimenticia del poblador selvático es el palmito de pijuayo, que se obtiene al finalizar el ciclo de cultivo de frutos de pijuayo o periódicamente cuando se manejan rebrotes con este propósito específico (el palmito se come como una legumbre y en ensaladas). La madera del tallo tiene fibra amarilla fuerte y durable, es fácil de trabajar y se utiliza en la confección de artesanía, herramientas y armas de caza y pesca. De las hojas se obtienen tintes para dar coloración verde a las artesanías de fibras.

El Ministerio de Agricultura, a partir de 1996, inicia la promoción del pijuayo para palmito, desarrollando actividades para mejorar la producción y productividad brindando apoyo a los pequeños productores y/o comunidades nativas, mediante crédito en fertilizantes, agroquímicos y herramientas vía fondos rotatorios. En la actualidad existe el Programa Nacional de Pijuayo cuya visión es que al 2010, ésta sea una actividad económica sólida y estable para los agricultores, con una superficie cultivada de 10 000 h con plantaciones altamente tecnificadas, y una actividad de producción generando 20 000 puestos de trabajo permanente. Contar con un banco de germoplasma para garantizar la producción nacional y la exportación de semilla genéticamente mejorada.

Entre las ventajas de este cultivo está que es una especie multipropósito: frutos, palmito y madera, y que puede asociarse con otros cultivos; versatilidad del uso industrial de los frutos: enlatados en salmuera, pastelería, fideos, aceites, bebidas y alimento para ganado; disponibilidad de una colección de germoplasma proveniente de varias expediciones especializadas de todo el ámbito amazónico continental; y el uso de biotecnología para optimizar la reproducción de la especie. Otra ventaja del pijuayo con respecto a otras palmeras es su precocidad y su alta capacidad de

producir hasta doce rebrotes o retoños, los que darán lugar a un nuevo tallo que será utilizado para la producción de palmito. La tecnología para el cultivo e industrialización del pijuayo ha sido desarrollada bajo el liderazgo de dos instituciones una en Costa Rica, la Universidad de Costa Rica, y la otra en Perú a cargo del grupo de investigadores del INIA. Las desventajas que limitan el desarrollo masivo del cultivo son: ausencia de producción comercial de semilla certificada de idiotipos altamente productivos de frutos o palmito; vacíos tecnológicos de conservación de frutos, muy limitado desarrollo agronómico y agroforestal de la especie; problemas de caídas de frutos y protección fitosanitaria de los cultivos; métodos de cosecha ineficientes y falta de mercado externo para los productos.

4.2.10.n. Ungurahui (*Oenocarpus bataua*)

Es una palmera monocaule de 15 a 25 m de altura, sistema radicular emergente, penacho foliar de 6 m de altura y 8 m de amplitud, de tono glauco, hojas compuestas pinnadas en número de 7 a 16, en arreglo espiral. Flores unisexuales de color pardo cremoso. El fruto en drupa, ovoide elipsoide, de 2,3 a 3,6 cm de largo y 1,7 a 2,3 cm de diámetro; epicarpio liso, con tegumento seroso y de color negro violáceo a la madurez; mesocarpio carnoso, oleaginoso, de 0,5 a 1,5 mm de espesor y de color entre blanco y violeta; endocarpio duro, leñoso, cubierto por grandes fibras oscuras; endospermo ruminado. Esta palmera se encuentra en estado silvestre en toda la amazonia, especialmente en la parte norte, así como en Panamá y la zona del Choco en Colombia. Por este motivo es difícil precisar el probable origen o el centro de dispersión.

La pulpa del fruto maduro es comestible, diluida en agua se utiliza tradicionalmente en la preparación de bebidas no alcohólicas, también se utiliza en la preparación de jugos, helados y dulces. El aceite contenido en la pulpa tiene buen valor alimenticio comparable en apariencia y composición de ácidos grasos al aceite de oliva. El poblador amazónico, mediante procesos tradicionales, extrae el aceite para su consumo doméstico.

La pulpa de ungurahui es una fuente de proteína de muy alto valor, comparable con la leche y la carne. El contenido calórico del “chapo” que consumen tradicionalmente los pobladores amazónicos, comparados con la leche materna humana y superior a la leche de soya por la mejor calidad de su proteína.

Su potencial es muy alto por la calidad alimenticia de la pulpa y calidad de las proteínas. Tiene posibilidades de asociaciones con otros cultivos y prácticas agroforestales; es una especie de uso múltiple, que suministra, fruto, aceite y madera, el desarrollo tecnológico de transformación industrial artesanal del ungurahui tiene avances significativos en otros países, factibles de asimilar y adaptar en nuestra zona. Las desventajas son la alta variabilidad de la especie, elevado porte, aborto de inflorescencias, demora productiva y perecibilidad del fruto, deficiente sistema de cosecha, poca difusión de las especies.

4.2.10.o. Zapote (*Matisia cordata*)

Árbol de porte elevado que alcanza los 30 m cuando es cultivado o está aislado, pero en los bosques llega a tener 40 m de altura. Tronco recto de 50 a 90 cm de diámetro, con ramificación verticilada y hojas simples alternas. Flores hermafroditas, fasciculadas en número de a tres a seis amarillas o blanco rosáceo. Fruto globoso u ovoide que se presenta solitario o en grupos en las ramas viejas, sosteniendo un pedúnculo muy fuerte, de 7 a 15 cm. de largo por 5 a 15 cm de diámetro, color marrón, verdoso, puberulento; el cáliz es persistente en forma de

pezón y el exocarpo o cáscara gruesa, coriáceo, pulpa anaranjada abundante, jugosa, algo fibrosa, con hasta cinco semillas cuneiformes.

El origen de este árbol probablemente esté en la cuenca alta del río Amazonas, en la zona nor occidental de la amazonia, aunque también se encuentra silvestre en otras zonas tropicales del norte de América del Sur. En la amazonia peruana abundan los “zapotales”, bosques con concentraciones de hasta 20 árboles por h.

Se utiliza la pulpa que se consume al natural; también se consume en jugos, aunque con menos frecuencia. Tiene un sabor dulce propio muy agradable, que recuerda el sabor de varios otros frutos tropicales; este sabor dulce característico le confiere una ventaja para desarrollar un mercado para el consumo fresco. La madera es empleada para leña.

Asimismo, se debe estudiar la posibilidad de comercializar los concentrados y néctares producidos a partir de la pulpa. La pulpa de la fruta diluida en agua se utiliza como alimento para preparar refrescos, dulces y vinos. El aceite del mesocarpio es similar al aceite de olivo. El tallo se usa para hacer los arcos y las puntas de flechas. El aceite se utiliza en medicina popular.

4.2.11. Actividades de Investigación Forestal

Las actividades de investigación forestal están a cargo de las Universidades, el INIA y el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP). El uso óptimo, integral y sustentable del bosque debe contemplar a sus productos maderables y no maderables.

La investigación que realiza el INIA tiene como objetivo desarrollar tecnologías forestales que contribuyan al manejo sostenible de los bosques amazónicos, bosques andinos y bosques secos de la costa norte. En este sentido, la investigación forestal es indispensable para mejorar las condiciones ambientales, incrementar la productividad de los bosques naturales y de las plantaciones forestales; todo lo cual contribuye a mejorar las condiciones de vida del poblador rural. Desde la reformulación del Plan de Investigación esta implementando los siguientes proyectos: Efecto del Manejo de las plantaciones forestales en el incremento de su productividad maderera; Evaluación de las técnicas de plantaciones de especies forestales para la recuperación de suelos degradados; Efecto del Manejo sostenible de Ecosistemas en el incremento de la productividad de los Bosques Naturales; y Estudio de los sistemas Agroforestales para la producción continua y diversificada de madera, frutales y cultivos alimenticios.

Los productos forestales no maderables (PFNM) son importantes para la seguridad alimentaria, utilizándose como medicina, forraje y aplicaciones tan diversas como las numerosas especies que los componen. Sin embargo, la mayoría de estos recursos se caracterizan por su escaso nivel de transformación, mayoritariamente obtenidos por recolección (sin reposición en la mayoría de casos) y como fuente de consumo directo humano o animal. Sin embargo, el aporte de divisas por exportación de PFNM supera largamente a la de los PFM.

En el bosque seco del noroeste de la costa, la especie dominante es el algarrobo –*Prosopis pallida*– cuya explotación integral puede incluir la obtención de leña, alimento para el ganado, agroindustria y apicultura; asociado al bosque hay algunas gramíneas para forrajeo de ganado (alguno de vacunos y mayoritariamente cabras) y para artesanía como cestería y fabricación de esteras.

En la sierra, los bosques naturales son escasos y de ellos se extrae la tara – *Caesalpinea spinosa*- (6 000 t en 1993) para obtención de taninos utilizando en peletería, y cochinilla –*Coccus cacti*- (77 t en 1993), insecto plaga de la tuna (*Opuntia ficus indica*) del que se obtiene el colorante natural carmín. En menor medida se utilizan las gramíneas (carrizo –*Arundo donax*- y totora) y las plantas medicinales son recolectadas en su mayoría; la producción de miel en bosques de eucalipto y plantas silvestres está relativamente más difundida aunque poco tecnificada.

En la selva destacan entre los PFNM el jebe o caucho natural –*Hevea brasiliensis*- y la castaña –*Bertholetia excelsa*- además de una gama enorme de plantas medicinales, biocidas, frutales, aceites esenciales, granos, ceras, taninos, perfumes, medicamentos, ornamentales, entre otras.

En general se estima que entre el 5 al 10% de la riqueza del bosque este representado por las especies maderables, correspondiendo la mayor parte de su valor a los PFNM.

Aplicaciones biotecnológicas en las actividades de producción forestal

No he podido identificar programas de investigación forestal que hagan uso de la biotecnología; sin embargo es necesario prever que estas herramientas deberían aplicarse a la caracterización de las especies y germoplasma forestal, a la multiplicación rápida de material promisorio y al uso de marcadores genéticos para acelerar el mejoramiento para la obtención de variedades más precoces y resistentes a factores bióticos y tolerantes a factores abióticos.

En el caso de PFNM debe plantearse una gama amplia de biotecnologías que trasciendan el mejoramiento genético o el control de plagas; las alternativas deben ampliarse hacia la fitoquímica, la genómica y la proteómica.

4.3. Bioseguridad y percepción pública

La Bioseguridad en sentido amplio en el Perú está regulada por la Ley 27104 denominada Ley de prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología”, la cual fue reglamentada mediante D.S. 108-2002-PCM. La ley tiene por finalidad prevenir los riesgos derivados del uso de las biotecnologías, analizar, evaluar y gestionar los riesgos de las actividades con organismos vivos modificados (excepto los que tengan que ver con las aplicaciones farmacéuticas). La Ley 27104 designa al Consejo Nacional del Medioambiente (CONAM) como Autoridad Nacional Competente y define tres sectores: Salud, Agricultura y Pesquería; cada uno de estos sectores tiene un organismo Sectorial Competente los cuales son la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA); el Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) y el Vice Ministerio de Pesquería, respectivamente. La Ley ya está en vigencia y reglamentada, estando en implementación las Directivas y procesos administrativos para cada Sector. Los Reglamentos Sectoriales están siendo elaborados con la participación activa de los Grupos Técnicos Sectoriales (que son un conjunto de instituciones que apoyan y dan soporte técnico al trabajo de cada OSC); para la elaboración de los reglamentos sectoriales también se cuenta con el apoyo del Proyecto “Marcos Nacionales de Bioseguridad” financiado por UNEP/FMAM y ejecutado por el CONAM.

El Perú ha firmado y ratificado el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, por lo cual somos Parte y estamos obligados a implementar un sistema nacional de control y prevención y vigilancia de los riesgos derivados del movimiento transfronterizo de organismos vivos modificados (OVM). El Punto Focal en Perú para el Protocolo de Cartagena es el Consejo Nacional del Medioambiente.

Respecto a solicitudes de actividades con OVM, sólo se ha presentado una del Centro Internacional de la Papa (CIP) para que sea reconocido como una institución que trabaja en investigación con OVM. Hay algunas conversaciones respecto a la intención de introducir algodón Bt por parte de los productores, aún cuando no se ha presentado ninguna solicitud oficial al respecto. Si alguna solicitud se presentara a Octubre del 2004, esta tendría que ser atendida con la ayuda de Consultores y con el apoyo de la Secretaría del Protocolo de Cartagena ya que el Perú aun no cuenta con un sistema funcional de regulación de OVM.

Cabe destacar que los profesionales involucrados en la implementación del nuestro sistema nacional de regulación de OVM están siendo capacitados en diferentes cursos y eventos nacionales e internacionales que se producen y que tratan temas generales o específicos de Bioseguridad. Entre los eventos de capacitación tenemos: a) Seminario – Taller: “Evaluación y gestión de riesgos de organismos genéticamente modificados”. Consejo Nacional del Ambiente - CONAM/UNEP-FMAM. Lima – Perú. Del 28 de Septiembre al 01 de Octubre del 2004. b) Curso - Seminario: “Bioseguridad, monitoreo y segregación de producciones de granos y semillas modificadas y no modificadas genéticamente”. United Nations University / Programa de Biotecnología para América Latina y El Caribe – BIOLAC; OEA; INTA; SAGPyA. Buenos Aires – Argentina. Fecha: 20 – 25 de Septiembre del 2004; c) Seminario – Taller: “Análisis de riesgo de plantas con nuevas características”. OEA, USDA, ILSI y SENACYT. Panamá – Panamá. Fecha: 30 de Agosto al 03 de Septiembre del 2004. d) Curso Internacional: “Políticas y Legislación aplicables a la Biotecnología Moderna en los ámbitos Nacional e Internacional”. Universidad Nacional Agraria La Molina-UNALM. Lima – Perú. 22 – 24 de Julio del 2004; e) Taller: “Vacíos, necesidades y prioridades sobre Bioseguridad en el Perú”. Consejo Nacional del Ambiente - CONAM/UNEP-FMAM. Lima – Perú. 19 de Julio del 2004. f) Taller: “Magnitud e impacto de la liberación de OGMs y sus productos comerciales en el Perú”. Consejo Nacional del Ambiente – CONAM/UNEP-FMAM. Lima – Perú. 05 de Julio del 2004. g) Taller: “Taller GRULAC preparatorio a la Primera Reunión de las Partes del Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad”. Consejo Nacional del Ambiente – CONAM. Lima – Perú. 24 – 26 de Enero del 2004. g) “Taller sub regional PNUMA/FMAM de bioseguridad para América Latina sobre la elaboración de sistemas reglamentarios y administrativos en relación con los marcos nacionales de bioseguridad”. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente / Fondo para el Medio Ambiente Mundial. Santiago de Chile – Chile. 25 – 28 Noviembre del 2003; h) Curso: “Legislación y Biodiversidad”. Universidad Nacional Agraria La Molina – UNALM. Lima – Perú. 12 – 15 de Noviembre del 2002. i) Seminario – Taller: “Bioseguridad en Biotecnología Agropecuaria: Evaluación y Manejo de Riesgo”. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología - CONCYTEC. Lima – Perú. 24 – 26 de Octubre del 2002; j) Curso: “Bioseguridad en Agrobiotecnología: Manejo del Riesgo y Percepción Pública”. United Nations University / Programa de Biotecnología para América Latina y El Caribe – BIOLAC. Caracas – Venezuela. 17 – 21 de Junio del 2002; y k) Taller: “Desarrollo y Utilización de Papas Transgénicas”. Centro Internacional de la Papa - CIP. Lima – Perú. 24 – 26 de Noviembre de 1998.

Respecto a la percepción pública al uso de la biotecnología o a los riesgos que ésta implique, casi no hay opinión pública formada al respecto ya que es muy escasa la difusión que alcanzan los temas sobre biotecnología o productos obtenidos con procedimientos biotecnológicos. Esta circunstancia hace pertinente y oportuno el desarrollo de programas de difusión y educación para promover la formación de la opinión pública basada en información técnica correcta y presentada en un formato que pueda ser asimilado por el público en general o por diferentes tipos de público no especializado.

4.4. Conservación y Agrobiodiversidad

La conservación de los recursos genéticos domésticos está a cargo de un conjunto de instituciones conformado por Universidades, el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, el Investigaciones de la Amazonia Peruana, Empresas Privadas y numerosas ONG.

Las universidades mantienen colecciones activas para apoyar el trabajo de sus programas de mejoramiento genético de cereales y raíces y tuberosas andinas principalmente. En algunos casos estas colecciones llegan a tener carácter nacional y son muy bien conservadas como pasa con el banco de germoplasma de maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina o la colección de germoplasma de quinua de la Universidad Nacional del Altiplano (Puno), entre otras.

Algunas empresas privadas como la cervecera Backus y Jhonston, mantiene colecciones activas de germoplasma que las utiliza para sus planes de mejoramiento genético para la obtención de nuevas variedades de cebada para su industria.

Las ONG también suelen recoger y registrar recursos genéticos así como conocimiento tradicional asociado sobre formas en que las comunidades campesinas y nativas usan estos cultivos y sus variedades. Destacan entre ellas Arariwa, CESA y CIRMA, en el Cusco, PRATEC y CCTA de nivel nacional y muchas otras. Aún cuando sus metodologías de colecta y conservación de germoplasma sean de variada eficacia, en general es tipo de organizaciones son muy eficientes en el registro y presentación de la información por lo que su aporte resulta sumamente valioso para el trabajo de Conservación de la Agrobiodiversidad en el Perú.

El IIAP tiene ámbito de acción regional en selva y mantiene colecciones importantes de yuca, camu camu, palma aceitera, pijuayo, entre otras. Las colecciones de germoplasma del IIAP son parte del Sistema Nacional de Recursos Genéticos.

El INIA es la institución mas importante en lo que respecta a la conservación y promoción del uso sostenible de la diversidad biológica agrícola y cumple este mandato institucional a través de la Dirección Nacional de Investigación de Recursos Genéticos (DNIRRGG). La DNIRRGG tiene como misión conservar, proteger y promover la utilización sostenible de la diversidad biológica agrícola (doméstica y silvestre), es decir, aquella que se encuentra en los agroecosistemas (donde se hace agricultura). Para cumplir con esta misión se ha implementado una serie de actividades y proyectos basados en la siguientes estrategias a) Desarrollar capacidades de conservación *ex situ* (en campo, en cámara fría o *in vitro*); b) Conocer e incorporar la conservación *in situ* que realizan regularmente los agricultores conservacionistas (curadores) al sistema nacional de conservación; y c) Identificación de nuevas formas de uso del germoplasma promisorio a partir de una mas completa y exhaustiva caracterización bioquímica, bromatológica y genética. Los proyectos y actividades que realiza la DNIRRGG, están enmarcados en alguna de estas tres estrategias y son en su mayoría (85%) financiados por la cooperación técnica internacional.

Según la última actualización de información (aun en proceso) sobre la colecciones de germoplasma que mantiene el INIA, se conservan *ex situ* mas de 14 000 entradas de 145 especies agrupadas en 30 Colecciones Nacionales, entre los que destacan: maní, yuca, leguminosas, hortalizas nativas, plantas medicinales (de costa, sierra y selva), pasifloras, chirimoyo, maca, oleaginosas de trópico (Sacha Inchi), algodón nativo, pijuayo, camu-camu, entre otros.

A nivel interinstitucional hay varios procesos relacionados con la agrobiodiversidad, pero el más importante es el desarrollado para la elaboración del Programa Nacional de Agrobiodiversidad. Convocados por el CONAM y con la Secretaría Técnica del INIA, un conjunto de instituciones representativas de la academia, poder ejecutivo, empresa privada, gremios y autoridades regionales, elaboró una propuesta para el estudio y aprovechamiento óptimo y sostenible de la rica diversidad biológica Agrícola que caracteriza al Perú. Se llegó a definir que la agrobiodiversidad puede ser puesta en valor de muchas maneras y que la aspiración de que alguno de sus productos llegue a la agricultura intensiva o a la explotación industrial será probablemente lo más infrecuente.

La puesta en valor de la agrobiodiversidad que se han diseñado en el Documento Base del Programa Nacional de Agrobiodiversidad contempla el uso de los elementos de ésta: i) como seguridad alimentaria del 80% de los agricultores del país que hacen agricultura familiar o de subsistencia, ii) como fuente de variabilidad genética para programas de mejoramiento, iii) como fuente de metabolitos secundarios o moléculas de aplicación diversa en la industria (v.g. colorantes naturales, sustancias biocidas) o en la farmacia (v.g. revitalizante para la función reproductiva, antioxidantes, etc.), iv) como fuente de genes que gracias a la biotecnología moderna pueden ser aislados y transferidos de una especie a otra, confiriendo cualidades de gran interés económico, v) como parte del paisaje y de las costumbres de los pueblos y comunidades (aspecto de gran interés para el desarrollo del eco y agroturismo), y vi) como parte de los servicios ambientales que el Perú podría prestar a la humanidad conservando dicha base genética, entre otros.

El PN ABD será presentado a la Cooperación Internacional para intentar su financiamiento e implementación. A través de la acción concertada de todo el sistema que se logrará el conocimiento suficiente de la diversidad biológica agrícola para convertirla en activo para el desarrollo y usarla con su verdadero valor de intercambio y estratégico en un mundo que por destrucción de hábitat va disminuyendo significativamente sus recursos naturales y en particular los recursos genéticos.

4.5. Derechos de Propiedad Intelectual

La base legal para la Protección de Obtentores Vegetales, es la Decisión 345 de la Comunidad Andina de Naciones (del 21 de octubre de 1993), norma supranacional con rango de Ley en el país, mediante la cual se rige y reconoce la protección a los derechos de los obtentores de variedades vegetales a nivel de los países miembros. Adicionalmente, esta norma está reglamentada en el Perú mediante el Decreto Supremo N° 008-96-ITINCI del 3 de mayo de 1996. La Autoridad Nacional Competente para otorgar el certificado de obtentor, título con el que se reconoce el derecho de un obtentor, es la Oficina de Invenciones y Nuevas Tecnologías (OIN) del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPÍ), que apoya sus decisiones en los análisis y evaluaciones técnicas realizados por el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria a través de la Dirección Nacional de Investigación de Recursos Genéticos. La OIN del INDECOPÍ es la encargada de llevar el Registro Nacional de Variedades Vegetales Protegidas.

Cabe mencionar que el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA) mantiene el Registro Nacional de Cultivares Comerciales, que autoriza la comercialización y certificación de la semilla de un cultivar o variedad, pero no otorga

exclusividad de comercialización ni reconoce la propiedad intelectual sobre la obtención varietal.

El tempo de duración del título es de 25 años para el caso de vid y árboles, incluidos los porta injertos, y de 20 años para las demás especies, contados a partir de la fecha de su otorgamiento.

Los costos para la protección de una variedad vegetal, tanto en el área administrativa como técnica no son diferenciales y, aproximadamente oscilan entre 650.00 a 1 6000.00 dólares americanos, dependiendo de la modalidad de evaluación técnica de la variedad.

El Obtentor al proteger una variedad tiene exclusividad para su multiplicación y comercialización y podrá recibir regalías por licencias a terceros para la explotación comercial. El Perú no ha suscrito el convenio de la UPOV, aun cuando este es bastante compatible con la Decisión 345.

A la fecha se han otorgado 9 certificados de obtentor: 5 para variedades de arroz, 2 para variedades de marigold, uno para algodón y uno para limonium (especie ornamental). De todos los títulos, solamente el de limonium corresponde a una empresa extranjera, los demás corresponden a empresas nacionales y en ningún caso se trata de universidades. En últimos tres años se ha tenido una mayor afluencia de solicitudes de certificado de obtentor de empresas extranjeras, especialmente para los cultivos de vid y gypsophyla (ornamental).

La Ley 27811 establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos, dirigido a proteger los conocimientos colectivos, fue publicada el 10 de agosto del 2002. Este régimen contempla tres tipos de registros, un registro de tipo público, que incorpora conocimientos colectivos que están en el dominio público por más de 10 años, un registro de carácter confidencial, que incorpora conocimientos cuya difusión es restringida al interior de las comunidades, y los registros locales, que pueden ser desarrollados por las comunidades campesinas o pueblos indígenas. En todos los casos esta contemplada una protección para que terceros no puedan ejercer derechos de propiedad intelectual sobre dichos conocimientos o sobre una aplicación comercial que involucre a ellos.

La Ley 28216 del 07 de abril de 2004, es la ley de protección al acceso a la diversidad biológica peruana y los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas. Esta crea la Comisión Nacional para la Protección al Acceso a la Diversidad Biológica Peruana y a los Conocimientos Colectivos de los Pueblos Indígenas relacionados con ella, la misma que esta adscrita a la Presidencia del Consejo de Ministros. La preside el INDECOPI. En pocas palabras esta ley recoge la recomendación del Grupo de Trabajo sobre patentes de maca. Esta Comisión esta integrada además por el Ministerio de Relaciones Exteriores, el Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, el Consejo nacional del Ambiente, la Comisión nacional de Promoción a las Exportaciones, el Instituto nacional de Recursos Naturales, el Instituto nacional de Investigación y Extensión Agraria, el Centro Internacional de la Papa, el Centro de Salud intercultural-CENSI, un representante de las Universidades del país designado por la ANR, dos representantes de la sociedad civil uno de ONG's y otro del gremio empresarial, y la Comisión Nacional de los Pueblos Andinos, Amazónicos y Afroperuanos (CONAPA). La Comisión se instaló en los primeros días de septiembre de este año y a la fecha ya se tiene elaborada una propuesta de su reglamento, que actualmente se encuentra en revisión.

5. Propuestas para una gestión apropiada de la biotecnología en Perú

En los últimos 25 años ha habido varios intentos para materializar un Plan Nacional de Biotecnología (PNB). Varios buenos maestros universitarios, hombres de empresa e investigadores de los Institutos Nacionales de Investigación han envejecido en el intento de formular y lograr que el Estado adopte la decisión política de usar la biotecnología como herramienta para el desarrollo de diferentes sectores, siendo el de la agricultura uno de los más pertinentes y complejos. Ahora mismo estamos trabajando 3 personas distintas encargados por instituciones diferentes, un Plan Nacional de Biotecnología Agrícola. El Dr. Alexander Grobman ha recibido el encargo del Centro de Planeamiento Estratégico de la Presidencia del Consejo de Ministros; el doctor Marcel Gutiérrez, profesor de la Universidad Nacional Agraria La Molina, quién recibe el encargo por consultoría del Proyecto INCAGRO; y el autor de este informe que lo hace en coordinación con la Red Latinoamericana y del Caribe de Biotecnología Agrícola.

Aun cuando es posible comentar algunas diferencias de enfoques, ninguno de los tres tiene aun un documento disponible para su discusión y análisis. Aun así es posible comentar las diferencias de enfoques basado en las diferentes aproximaciones que hemos tenido los tres autores. La aproximación del Dr. Grobman es, en consonancia con el actual desarrollo de la biotecnología mundial, abiertamente promotora de la participación del sector privado especialmente en la comercialización de los productos apropiables de la biotecnología. Propone un crecimiento más bien centralizado apostando por un gran Centro Nacional de Biotecnología (CNB) que concentre los recursos y el personal capacitado; se trataría de un centro de excelencia que el Estado a través de la Cooperación Internacional o endeudamiento externo debería financiar y a donde las empresas podrían demandar productos que después pasarían al comercio. En la propuesta del Dr. Grobman considera prioritario el desarrollo de la Ingeniería Genética aplicada al mejoramiento de cultivos, especialmente los de agro-exportación, con el objetivo de introducir en ellos características que nos permitan mayores ventajas en factores como estacionalidad (precocidad) o cualidades post-cosecha (maduración retardada). En la propuesta del Dr. Grobman, el CNB no sólo realizaría investigación e innovación tecnológica en semillas, sino que también formularía y definiría la política del Estado respecto a productos normales y a aquellos que provengan de la biotecnología moderna. Este énfasis es razonable ya que el Dr. Grobman no sólo es mejorador, habiendo trabajado exitosamente en numerosos cultivos, sino también es empresario en el ámbito de semillas. Considero que no es razonable que tanto la innovación biotecnológica como la de regulación o definición de políticas sobre las innovaciones, este en manos de una misma institución. En la propuesta del Dr. Grobman no hay un rol definido para los grupos que ya hacen biotecnología en Universidades y Centros de Investigación, y propone sobre todo el desarrollo de "clusters" de empresas con sede en parques tecnológicos para desarrollar la biotecnología.

La propuesta patrocinada por el Proyecto INCAGRO aún no ha sido expuesta en su totalidad; sin embargo, de entrevista o a partir de presentaciones parciales de la misma, es posible emitir algunos comentarios sobre este enfoque. El Dr. Gutiérrez hace una muy severa evaluación de los recursos humanos ahora disponibles y la debilidad de los mismos los plantea como la mayor debilidad de un posible PNB. Evalúa además la carencia de equipamiento y sobretodo hace especial mención a la inestabilidad de las profesionales en sus puestos o de las instituciones con sus autoridades y planes de trabajo de mediano plazo. Al respecto la propuesta del Dr. Gutiérrez pasa por reforzar el componente de capacitación especialmente dirigido a

aquella que lleve a la obtención del grado de Doctor o equivalente. La formación y el abundante trabajo de investigación del Dr. Gutiérrez por el lado del aprovechamiento de desechos agrícolas o expresado en términos más generales por la biotecnología industrial, por lo que es posible inferir que su propuesta será más sólida y abundante en esta área.

En cuanto a la propuesta que estamos elaborando desde la perspectiva de REDBIO Perú, debo comentar antes algunos aspectos metodológicos. La propuesta se basa en la experiencia ganada sobretudo en la Dirección Nacional de Investigación de Recursos Genéticos del INIA y por la interacción con las DNIs de Cultivos, Crianzas y Forestales. También ha sido útil la experiencia ganada en los laboratorios de Biotecnología del Instituto de Biotecnología y del Departamento de Biología de la UNALM, así como en la Facultad de Ciencias de la Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH). La propuesta de Plan Nacional de Biotecnología debe ser participativa y descentralizada, más ahora que tenemos un proceso de descentralización en marcha con Gobiernos Regionales autónomos en cuanto a planes y recursos. Creo que una propuesta de gabinete que no haya sido ampliamente discutida y socializada difícilmente será adoptada por los actores locales. En ese sentido, informo que los comentarios y principios aquí expuestos se basan en sesiones participativas y una reunión nacional de REDBIO Perú, desarrollada en el marco del V Congreso Peruano de Genética así como en la Reunión del Programa Nacional de Evaluación de la Calidad de las Escuelas de Postgrado que desarrolla el CONCYTEC.

Concuerdo plenamente en la prioridad de capacitación y formación de recursos humanos, pero no debemos restringirnos ni privilegiar la formación a largo plazo como es la que se requiere para la obtención del grado de Doctor; deben implementarse diferentes alternativas de capacitación que incluyan capacitaciones para temas muy específicos que podrían tomar semanas o pocos meses así como de mediano plazo para actualización de profesionales que deben ser “reciclados” o que por lo lejano de sus últimos estudios, necesitan una renovación en sus conocimientos. Una alternativa adicional es la repatriación de excelentes profesionales que se encuentran en diferentes partes del Mundo y que queriendo retornar esperan condiciones adecuadas para ello. Se puede implementar un sistema de becas de retorno a Doctorados jóvenes y contratos a plazo fijo y estable en puestos claves para investigadores “seniors”. Este mecanismo tendría que asociarse a formas de financiamiento que aseguren fondos para el desarrollo de proyectos en manos de estos expertos repatriados.

Respecto a la propuesta del CNB, considero que es pertinente, pero no oportuno al inicio del mismo; este CNB tendría que ser consecuencia y necesidad generada por los muchos grupos de investigación que debieran estar activos. Un gran centro de este tipo requerirá además de grandes cantidades de dinero para mantenimiento, personal experimentado y muchos productos que demuestren su viabilidad. Para llegar a una dinámica de este tipo, es mejor fortalecer a los numerosos pequeños grupos que están activos actualmente y entre unos pocos (los mejores) a medianos o largo plazo, asuman el reto de sacar adelante este CNB. La propuesta de “el gran centro” provisto por el Estado con productos apropiables por la empresa privada, no toma en cuenta el concepto de “masa crítica” en ciencia y tecnología, no es sostenible si los directos interesados no hacen la mayor inversión; a nuestro entender, los directos interesados provienen de la empresa privada.

La propuesta de REDBIO Perú plantea el fortalecimiento de los grupos y laboratorios ahora activos, a través de apoyo provenientes de fondos concursables. Las Universidades deben preocuparse de su labor básica, que es la de formar profesionales, y en los postgrados formar investigadores. Debe corregirse el vicio de

usar los programas de postgrado (mas aún los dedicados a biotecnología y áreas afines) como fuente de recursos directamente recaudados o simplemente como fuente de ingresos extras para los docentes universitarios. Los postgrados orientados a Biotecnología y afines deben basarse en personal docente estable con postgrado que formen parte de grupos de investigación activos.

El sesgo hacia la Ingeniería Genética de la propuesta promovida por CONCYTEC, PCM y PRODUCE, lo considero inoportuno; sobretodo porque siendo uno de los países con mayor diversidad (incluida agrobiodiversidad) del Mundo, en lo primero en que nos toca usar la biotecnología, es en generar la mayor cantidad de conocimiento posible sobre nuestros recursos genéticos. Esto hará posible encontrar nuevas y mejores formas de utilización así como reivindicar la propiedad intelectual sobre los mismos ante los cada vez más frecuentes casos de diferentes formas de apropiación ilícita, acceso ilegal o biopiratería. Creo que nuestra aproximación a la biotecnología moderna (transgénesis) debe ser muy selectiva; en todo caso, de preferencia en el ejercicio de nuestras prerrogativas regulatorias más que en la generación de productos extraordinariamente costosos que la mayoría de nuestro agricultores no podría comprar. Si la empresa privada plantea un plan coherente y concordante con otros aspectos de la Política Nacional y además se compromete activa y financieramente, el Estado debería apoyarlos.

En todo caso, el enfoque de REDBIO Perú para Biotecnología Agrícola pasa por usar las herramientas biotecnológicas para identificar nuevas formas de uso que le den valor agregado a nuestros recursos genéticos. Las acciones tendrían que estar en manos de un conjunto seleccionado de grupos de investigación y en proyectos con formato I+D en colaboración con la empresa privada pero también promoviendo desde el Estado aquellas investigaciones no demandadas pero sí estratégicas e importantes. Los fondos del Estado tanto de sus Programas Regulares como de los fondos concursables deben tener en cuenta al momento de su distribución, las prioridades identificadas y los grupos seleccionados. Los Fondos de Inversión Pública de las nuevas Regiones Políticas constituyen fuentes en muchos casos intocadas para estos fines por falta de capacitación en la formulación de proyectos viables ante el Ministerio de Economía y Finanzas. Esta es una cualidad no relacionada a Biotecnología pero que debe ser desarrollada para ésta y otras áreas.

Finalmente queda claro que las propuestas seguirán madurando con sus diferentes enfoque pero que antes de fin de año se trabajará por convocatoria del CONCYTEC en una sola para desarrollarla al amparo de la recientemente promulgada Ley de Ciencia y Tecnología (Ley 28303).

En el anexo 1 de este documento se adjunta una selección de cultivos, sus problemas identificados y las herramientas biotecnológicas propuestas para contribuir a su solución en el corto, mediano y largo plazo.

6. Conclusiones

La promoción del uso de las herramientas biotecnológicas, a través de un Plan Nacional que permita generar las sinergias pertinentes y oportunas entre las distintas instancias del sector agricultura y, trascendiendo a éste, con los diferentes actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (Ley 28303), ES IMPERATIVO; a la luz de los numerosos intentos desarticulados del pasado y de la escasez de recursos e inversión desde los sectores público y privado, la alternativa para optimizar el uso de los escasos recursos es la acción coordinada y articulada del Sistema nacional de Ciencia y Tecnología.

En la actualidad, aun cuando existe una fragilidad política del actual gobierno, varias de sus instancias venimos trabajando en promover un PNB cuya aplicación sectorial debe tener sus peculiaridades, pero que deben tener sólidas bases comunes.

Para el Sector Agricultura, se vienen trabajando tres propuestas. Desde la Presidencia del Consejo de Ministros y con el apoyo del CONCYTEC y el Centro de Planeamiento Estratégico, se esta elaborando una propuesta que si bien esta siendo consultada con el Sector, es una consulta *a posteriori*, en la medida en que Agricultura no ha participado en la preparación de los documentos y sólo está respondiendo requerimientos de información del consultor en reuniones *ad hoc*. El proyecto INCAGRO, del Ministerio de Agricultura, por su parte esta elaborando un diagnóstico; y a partir de él, un plan de apoyo y desarrollo a los grupos que realizan biotecnología agrícola, pero siempre a través de fondos concursables. REDBIO Perú, teniendo como base la Dirección Nacional de Investigación de Recursos Genéticos del INIA, viene desarrollando una propuesta sobre la base de las consultas regionales y el fortalecimiento del sistema de laboratorios como parte operativa del sistema.

Independientemente de las varias y algo heterogéneas iniciativas, es evidente para la comunidad Científica y Tecnológica Nacional y en particular a la del Sector Agricultura, está conciente de la necesidad de concertar todos los esfuerzos para evitar otro intento fallido. Ante sendos acuerdo de libre comercio en negociación, una revaloración internacional de las reservas genéticas y del conocimiento tradicional asociado, hace imprescindible articular todos los esfuerzos de actores y recursos para lograr un Plan Nacional de Biotecnología Agraria y Forestal.

La biotecnología, como herramienta para la producción de conocimiento cuya aplicación debe convertirse en bienes y servicios, debe usarse para contribuir a la identificación y conocimiento de nuestra biodiversidad –en este caso agrobiodiversidad. Lograr un conocimiento mas exhaustivo que permita proponer nuevas formas de utilización con mayor valor agregado y que eventualmente nos sirva para reivindicar derechos de propiedad intelectual ante casos de biopiratería, infortunadamente frecuentes en la actualidad. La participación de la empresa privada debe ser promovida siempre respetando los principios de reparto justo y equitativo de los beneficios, consentimiento informado previo, soberanía nacional y natural aspiración a rentabilidades que hagan sostenible tanto la actividad comercial como la conservación de la diversidad biológica.

Identificados los cultivos de importancia nacional, es necesario hacer un trabajo más exhaustivo para identificar las necesidades y potencialidades regionales, más aun ante un activo proceso de descentralización política y económica que vive el país. Es la mejor vía de llegar a un plan nacional que efectivamente sea adoptado por el país y que logre concentrar la mayor cantidad de esfuerzos y por lo tanto de resultados positivos.

El sistema legal peruano está bien desarrollado, aún cuando hay leyes que deben perfeccionarse (bioseguridad), otras que deben aplicarse para tener una idea certera de su eficacia (acceso de los recursos genéticos), y algunas que deben formularse a la brevedad posible (promoción de la biotecnología). Sin embargo, más importante que las leyes es que las políticas se materialicen en apoyo a las instituciones públicas encargadas de su aplicación y de las instituciones privadas sin cuya iniciativa no se generaran los réditos indispensables en toda actividad económica.

Finalmente, el incremento de la competitividad a través de la utilización de la biotecnología debe estar asociado a la sostenibilidad de los procesos y las

instituciones implementadoras del sistema; es decir, deben acometerse como Política de Estado y no sólo decisiones del gobierno de turno.

7.- REFERENCIAS

Arribas Ugarte, Carlos (1999) La ingeniería genética aplicada a la alimentación y el caso del Dr. Arpad Pusztai: información científica y debate público. Actes III Jornades de la Curie.

Barrantes, Ricardo; Yaya, Delma; y Arias, G. (2002) Estudio químico bromatológico de diferentes individuos de *Eugenia stipitata* Mc Vaugh (Arazá). Ciencia e Investigación Vol 5 N°1. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima-Perú.

Brack E., Antonio (1999) Diccionario Enciclopédico de plantas útiles del Perú. PNUD y Centro de estudios regionales Andinos Bartolomé de Las Casas, Cusco-Perú.

Brack E., Antonio (2003) Perú: diez mil años de domesticación. PNUD y Proyecto FANPE-GTZ. Editorial Bruño, Lima-Perú.

Bravo, Adriana y Brightsmith, Donald (2001) Disponibilidad y selección de palmeras muertas de aguaje (*Mauritia flexuosa*) como nido de guacamayos azul y amarillo (*Ararauna*) al sur este peruano. Organización para Estudios Tropicales (OTS).

Grobman T., Alexander (2002) Investigación en las Ciencias Agrarias en el Perú. Programa de Ciencia y Tecnología PE-0203. CONCYTEC-BID. (Documento de Consultoría)

Gutierrez R., Antonieta (2004) Programa Nacional en Genómica PROGEN, Lima-Perú. (Documento de trabajo)

Guzmán, Wagner y Arévalo, Luis (2003) Servicios ambientales de almacenamiento de carbono activo para el desarrollo en la Amazonía Peruana: avances y retos. Pucallpa, Perú.

Eguiarte, Luis; Castillo, Amanda y Souza, Valeria (2003) Evolución molecular y genómica en angiospermas. INCI v 28 n.3, marzo, Caracas.

Estrella, Eduardo (1995) Plantas medicinales amazónicas: realidad y perspectivas. Tratado de Cooperación Amazónica.

FAO (1995) Memoria - Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y el Caribe Santiago, Chile, 4 al 8 de Julio de 1994

FAO (2001) Foro sobre Biotecnología Agrícola.

FAO (2003-04) Agricultural biotechnology. Meeting the needs of the poor?. Rome 2004.

Garzon, José Antonio (2000) Aplicación de la biotecnología en el cultivo de la papa. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México.

Iañez, Enrique (2003) Biotecnología agrícola y Tercer Mundo. Instituto de Biotecnología, Universidad de Granada, España.

INIA (2003) Plan de acción ecorregional de la innovación tecnológica agraria en el Perú. Lima. Julio 2003.

Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana IIAP <http://www.iiap.org.pe>

Pastor S., Santiago y Espinosa B., José (2001) Programa Peruano de Genoma. CONCYTEC, Lima-Perú.

Perú Ecológico. <http://www.peruecologico.com.pe>

Perú (1996) Informe Nacional para la Conferencia Técnica Internacional de la FAO sobre los Recursos Fitogenéticos. Elaborado por: Pastor S, Santiago; Angeles M., Eduardo; Alvarez C., José Luis; Gutierrez D., Ligia y colaborado.. Lima Julio 1995.

Portal Agrario Ministerio de Agricultura, <http://www.minag.gob.pe>

Villachica, Hugo (1996) Frutales y hortalizas promisorios de la amazonia. Tratado de Cooperación Amazónica. Lima. Junio 1996.

Web, Richard y Fernández Baca, Graciela (2004) Cuanto El Perú en números 2003. Anuario estadístico.

Wendt, Jan & Izquierdo, Juan (2002) Manejo y gestión de la biotecnología agrícola apropiada para pequeños productores: estudio de caso Ecuador. Santiago de Chile.