

Raíces y Tubérculos Andinos:

Informe sobre la
Colaboración en
Investigaciones de
Biodiversidad,
1993-1997



Consortio para el Desarrollo Sostenible
de la Ecorregión Andina



CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA (CIP)

El Centro Internacional de la Papa (CIP) es una institución científica, sin fines de lucro, establecida en 1971 por acuerdo con el gobierno del Perú. El CIP es uno de los 16 centros internacionales dedicados a la investigación y capacitación, financiado por el Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI). El GCAI está auspiciado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), y el Banco Mundial, y comprende más de 57 países, organizaciones internacionales y fundaciones privadas.

Centro Internacional de la Papa
Apartado 1558
Lima 12 Perú

Marzo de 1998

Traducción:
María Amparo Galindo

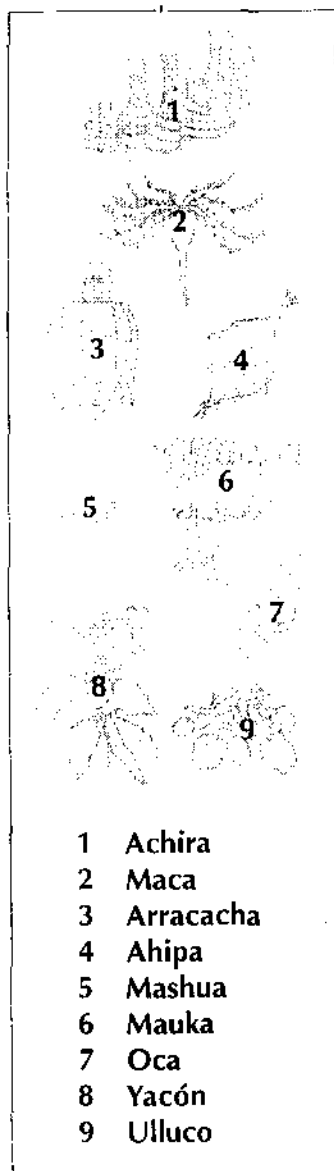


Revista "Diversity"

El CIP desea agradecer al Dr. J. Trevor Williams y a la organización sin fines de lucro, Genetic Resources Communications Systems, Inc. (GRCS), por su colaboración en la preparación de este informe. GRCS publica DIVERSITY, revista internacional trimestral que proporciona a la comunidad de biodiversidad amplia información sobre gente, publicaciones, políticas, prácticas y actividades relacionadas a la preservación, conservación y utilización de los recursos genéticos.

Contenido

Introducción	1
Investigación en Perspectiva	2
Objetivos Básicos (RTA)	4
Propuesta de Participación	6
Conservación de los Recursos de Germoplasma	7
Conservación <i>in situ</i>	8
Conservación <i>ex situ</i>	11
Investigación sobre Mejores Materiales de Siembra	16
Investigación sobre patógenos	16
Producción de mejores materiales de siembra	18
Sistemas de Producción a Consumo	19
Almacenamiento Poscosecha y Potenciales de Procesamiento	21
Personal Técnico y Socios Agrícolas	22
Coordinación y Dirección de los Proyectos	23
Necesidades Futuras	24
Instituciones Participantes	26



Nueve raíces y tubérculos andinos incluidos en el Programa de Colaboración en Biodiversidad de las Raíces y Tubérculos Andinos (RTA), de 1993 a 1997.

Introducción

De 1993 a 1997 se desarrolló un proyecto compartido de investigación sobre biodiversidad en raíces y tubérculos andinos de Bolivia, Ecuador y Perú. El Centro Internacional de la Papa (CIP), se comprometió a ser el principal socio y colaborador en esta tarea. Bajo la dirección y el apoyo financiero de COSUDE-Suiza, el CIP coordinó el proyecto y participó, asimismo, en la investigación.

El proyecto -Programa de Colaboración sobre Biodiversidad de las Raíces y Tubérculos Andinos (RTA)- tanto en su planeación como en su seguimiento, empleó una propuesta de investigación extraordinariamente participativa y reunió, a través de un sistema de información, a investigadores que en otras circunstancias hubieran trabajado en forma aislada. El proyecto ha tenido un impacto positivo en la dinámica de programas nacionales en varias instituciones.

La investigación sobre nueve raíces y tubérculos andinos sirvió para ampliar el conocimiento de los rangos de biodiversidad de cada uno de ellos. Los mayores esfuerzos se concentraron en la conservación de germoplasma, producción de mejores materiales de siembra y entendimiento de la producción con relación a los sistemas de consumo. Estos esfuerzos fueron respaldados con una serie de oportunidades de capacitación y con el fortalecimiento de las relaciones entre los colaboradores, incluyendo personal técnico y agricultores.

Este reporte identifica los principales resultados y problemas de cada área de investigación. Es importante señalar que los mayores problemas se identificaron con el correr del tiempo y sirven como indicadores para necesidades futuras de investigación.

La investigación tuvo una amplia base y los progresos alcanzados se debieron en gran parte a la capacidad de los científicos de los países participantes y a la dedicación del coordinador, Dr. Miguel Holle.

Este informe también considera las necesidades futuras de investigación de las raíces y tubérculos andinos. Estas necesidades, imprevisibles hasta hace cinco años, son la base para ampliar la investigación estratégica del impacto sobre el alivio a la pobreza de las familias campesinas; toman en cuenta los requerimientos nacionales para la implementación de los aspectos de la Convención sobre Biodiversidad Biológica; y consideran los problemas internacionales sobre el desarrollo de montañas.

Hubert Zandstra
Director General

Investigación en Perspectiva

Pese a que la papa es el único tubérculo domesticado importante en el mundo que proviene de la región andina, otras nueve raíces y tubérculos andinos forman parte también de la cultura de la región en diferentes niveles. En un mosaico extremadamente complejo de agroecologías andinas, los agricultores han mantenido la diversidad y seleccionado a través del tiempo la adaptación a diferentes alturas y diversas condiciones de cultivo mediante el empleo de diferentes prácticas agrícolas.

Algunos de estos nueve cultivos han sido favorecidos, más que otros, por lo que la intensidad de domesticación y el rango de biodiversidad en términos de variedades locales varía ampliamente entre cultivos. Estos cultivos, que han sido comparados con la cultura de la India, han permanecido como tradicionales e inmejorables – tanto en el pasado como en el presente – y son ampliamente conocidos fuera de la región.

A finales de 1960, la información dispersa empezó a difundirse con mayor amplitud y a partir de entonces, los científicos empezaron a trabajar en la región (especialmente el IICA y universidades) como en otros lugares (sobre todo en universidades de los Estados Unidos, Finlandia y Dinamarca). Diez años más tarde, el enfoque internacional en la conservación de recursos genéticos para su empleo futuro dirigió su apoyo financiero externo a los programas nacionales de IBPGR (ahora IPGRI), FAO, IDRC-Canadá y GTZ-Alemania. Sin embargo, pese a todos estos esfuerzos, aún quedaban algunos vacíos. Por lo tanto, el financiamiento de COSUDE-Suiza permitió un programa de colaboración compartido sobre biodiversidad de las raíces y cultivos andinos para compensar algunos de esos vacíos.

Trabajos anteriores con raíces y cultivos andinos realizados por investigadores en América Latina dieron como resultado colecciones de germoplasma en algunos países andinos. Estas colecciones eran variadas: algunas consistían en materiales vegetales *in situ*, mantenidos pobremente; otras emplearon tecnologías como el cultivo de tejidos para el mantenimiento de germoplasma *in vitro*. Hubo poca consistencia en el método empleado para mantener las colecciones y poco intercambio entre éstas.

Cuando el Centro Internacional de la Papa (CIP), acordó ampliar sus investigaciones más allá de la papa y el camote para incluir las raíces y tubérculos andinos (RTA), estuvo en posición de ser socio en

la investigación con los programas nacionales y facilitador para la generación de tecnología y colaboración regional.

El énfasis en la biodiversidad fue muy oportuno debido a la reunión de la UNCED de 1992 en Río de Janeiro, donde se firmaron la Convención sobre Diversidad Biológica y la Agenda 21, todo lo cual conllevó a un consenso global sobre la pérdida de biodiversidad, degradación del medio ambiente, uso racional de los recursos naturales en el mundo y cambios en el medio ambiente donde se desarrollan las investigaciones agrícolas. El CIP respondió a los requerimientos del GCIAI para incorporar a su trabajo una propuesta ecorregional y de productos agrícolas. Al mismo tiempo, mientras se planificaba la investigación mejorada sobre RTA, el CIP colaboró con CONDESAN (Consortio para el Uso Sostenible de la Región Andina), el cual involucra a otros seis centros del GCIAI, 18 universidades, 24 ONG, ocho gobiernos y 5 donantes. Este consorcio proporciona un marco importante para proyectos como éste.

El reto para el proyecto de raíces y tubérculos andinos fue ir más allá de las contribuciones graduales y organizar esfuerzos para recolectar, conservar y describir los cultivares. También se puso énfasis en entender mejor la biodiversidad de los conjuntos de genes, aumentando la disponibilidad de biodiversidad de las RTA (con lo cual se elimina la amenaza de una continua erosión genética), y ampliando las investigaciones actuales de una forma multidisciplinaria que incorpore intereses para el desarrollo sostenible.

El desarrollo sostenible requiere la conservación y el uso de la biodiversidad. Los investigadores de las RTA sintetizan el factor ambiental y las necesidades de la gente, reconociendo la necesidad de que las tecnologías se adapten a una amplia variabilidad agroecológica. Este es un objetivo vital en la ecorregión andina, donde existen problemas de población migrante, baja productividad agrícola y sobreexplotación de los recursos naturales que ponen en peligro la biodiversidad.

En agosto de 1992, 40 representantes de instituciones relacionadas con raíces y tubérculos andinos decidieron elaborar un programa específico como elemento clave del componente de biodiversidad de CONDESAN. Mediante un planeamiento participativo de programas por objetivos, se planificó un proyecto con amplia base. COSUDE-Suiza hizo posible el financiamiento desde diciembre de 1992 a diciembre de 1997. El siguiente informe resume los progresos alcanzados.

Objetivos Básicos de la investigación de RTA

Dentro del objetivo principal de investigación sobre la biodiversidad de RTA en Bolivia, Ecuador y Perú, cuatro objetivos específicos guiaron las actividades:

1. Conservación de los recursos de germoplasma a través de: conservación *in situ* de RTA en campos de agricultores y desarrollo de un sistema colaborativo de conservación *ex situ*.
2. Producción de mejores materiales de siembra a través de: eliminación de los patógenos de las plantas y mejoramiento de la calidad de los materiales de siembra.
3. Entendimiento de los sistemas de producción para el consumo de RTA en un intento por aumentar la competitividad a través de: análisis de los factores que limitan la producción y comercialización, evaluación de las tecnologías de poscosecha para el almacenamiento, y evaluación de los potenciales para el procesamiento poscosecha.
4. Difundir la participación entre el personal técnico y los agricultores en forma interactiva.

Estos objetivos se relacionan con la investigación, aunque no todos se aplican de la misma forma a cada RTA, dependiendo de la importancia del cultivo en la ecorregión andina, nivel de conocimiento de éste y su potencial en el desarrollo e impacto de investigación.

RTA relacionados con áreas templadas a sub-tropicales:

	Parte comestible	Altitud del cultivo
<i>Canna edulis</i>	rizoma	2200-2800
<i>Arracacia xanthorrhiza</i>	raíz	1500-3000
<i>Mirabilis expansa</i>	raíz	alrededor de 3000
<i>Pachyrhizus alhipa</i>	raíz	alrededor de 2000
<i>Polymnia sonchifolia</i>	raíz	2500-3000

RTA relacionados con áreas templadas a frías:

	Parte comestible	Altitud del cultivo
<i>Oxalis tuberosa</i>	tubérculo	2800-3800
<i>Ullucus tuberosus</i>	tubérculo	2800-3800
<i>Tropaeolum tuberosum</i>	tubérculo	2800-4000
<i>Lepidium meyenii</i>	hipocótilo	4000-4400

De estos nueve tubérculos, casi no se obtuvo información sobre *Mirabilis* y *Polymnia* y muy poco sobre las especies *Pachyrhizus* y *Lepidium*. Los aspectos biológicos básicos de los demás aún necesitan atención, especialmente la biología reproductiva de *Canna*, *Arracacia*, *Oxalis* y *Ullucus*.

Oxalis, *Ullucus* y *Tropaeolum* son las más importantes en términos de producción total, pero esto no significa que merezcan toda la atención de la investigación. El cuadro 1 muestra el potencial estimado de RTA para un mayor uso como alimento en la ecorregión andina.

Cuando se comparan los prospectos para un mayor uso con la necesidad de nuevas variedades para los campos de los agricultores, se hace evidente la necesidad de la investigación adaptada al cultivo.

Cuadro 1. Prospectos de RTA para un mayor uso como alimento en los andes.

<i>Canna</i>	Alto en nichos específicos
<i>Ullucus</i>	Alto en general
<i>Arracacia</i>	Alto en general
<i>Oxalis</i>	Alto en nichos específicos
<i>Mirabilis</i>	Desconocido
<i>Lepidium</i>	Bajo ^{a, b}
<i>Pachyrhizus</i>	Bajo
<i>Tropaeolum</i>	Bajo
<i>Polymnia</i>	Desconocido

a. Tiene posibilidades significativas para productos procesados.

b. Los grupos sin ventajas a mayores alturas merecen más atención.

Cuadro 2. Necesidades para las nuevas variedades de RTA.

<i>Canna</i>	Alto (para un mayor contenido de almidón)
<i>Ullucus</i>	Alto (para tipo menor de mucílago y mayor adaptabilidad)
<i>Arracacia</i>	Alto (para menores azúcares reductores)
<i>Oxalis</i>	Bajo (con excepción de períodos cortos de cultivos)
<i>Mirabilis</i>	Bajo
<i>Lepidium</i>	Bajo
<i>Pachyrhizus</i>	Mediano
<i>Tropaeolum</i>	Bajo
<i>Polymnia</i>	Bajo

Sin embargo, además de identificar y llevar a cabo investigaciones específicas en una base de cultivos, una de las doctrinas básicas de este proyecto siempre ha sido la necesidad de profundizar en el conocimiento indígena y entender las prácticas agrícolas tradicionales, como andenes con diferentes suelos y cultivos mixtos. Esta información podría conducir a alcanzar mejoramientos sostenibles en la producción y en utilidades locales.

Enfoque Participativo

Durante los cinco años del proyecto, el trabajo de colaboración se llevó a cabo en tres países mediante la participación de tres sistemas nacionales de investigación agrícola (NARS), 13 universidades (nueve en el Perú, dos en Bolivia y dos en Ecuador), y varias organizaciones no-gubernamentales (ONG's). El CIP siempre ha sido un socio líder y el IPGRI, otro centro del GCIAP, participa en el Comité Directivo y también está involucrado en actividades relacionadas a la capacitación y conservación. (Los socios del proyecto se mencionan en la última sección de este informe).

El CIP también aseguró la colaboración adicional de otros países (en parte a través de los fondos provenientes del BMZ-Alemania). Esto incluyó contactos con los NARS de Argentina, Brasil y Colombia y con una Universidad de Chile.

El planeamiento de los proyectos sirvió para identificar una serie de sub-proyectos que los colaboradores llevarían a cabo. Se informó sobre estos sub-proyectos, determinados inicialmente por un proceso competitivo, en "Memorias 1993-94". Los informes adicionales acordados por el Comité Directivo se publicaron en "Memorias 1994-95". Los sub-proyectos para el período 1996 a 1997 se publicarán, de igual modo, como resumen de los informes técnicos.

Esta investigación ha reunido a 51 científicos nacionales en Perú, 35 en Ecuador y 26 en Bolivia, así como 16 del CIP, y ha proporcionado un significativo rango de oportunidades de investigación, antes escasa, para los estudiantes que elaboran sus tesis. También es importante destacar que cada institución ha tenido que competir para participar en el apoyo a la investigación, una nueva experiencia en la región.

Conservación de los Recursos de Germoplasma

El objetivo de todo programa de mejoramiento de cultivos es desarrollar líneas de mejoramiento o variedades para productos específicos con cualidades definidas para determinados medio ambientes. Esto requiere de una disponibilidad de colecciones de germoplasma para uso activo. Las colecciones *ex-situ* también pueden emplearse para una conservación de mediano a largo plazo. Este es un escenario típico para la mayoría de cultivos que están en continuo mejoramiento. Sin embargo, para los cultivos no-tradicionales, de poco uso y de alguna forma abandonados, el escenario es diferente.

A pesar que la diversidad del conjunto de genes está disponible en pequeñas parcelas diseminadas en un mosaico de condiciones agroecológicas, el mejoramiento de cultivos para las RTA apenas se ha iniciado en un sentido científico. Por ejemplo, la biología reproductiva de los cultivos asexualmente propagados es apenas entendida.

Históricamente, el interés de los científicos no ha sido afrontado por políticas de gobierno apropiadas que se enfoquen en RTA. Esto se debe a que las políticas de gobierno han estado dominadas por la necesidad de tratar las crisis económicas —necesidades a corto plazo para atender las demandas de consumo o para buscar la estabilidad temporal— más que con reformas de políticas respaldadas por ajustes estructurales.

Durante décadas pasadas, la falta de ventajas comparativas para las RTA ha conducido a cambios en los modelos de cultivos y ha aumentado la migración rural a las ciudades. Como resultado, se justifican dos propuestas científicas para la conservación y empleo del conjunto de genes. Primero, existe la necesidad de identificar áreas de alta biodiversidad para conservar éstos *in situ*; segundo, existe la necesidad de incrementar y racionalizar las colecciones ya reunidas por los científicos como base de la conservación *ex-situ*. Los materiales genéticos representativos deberán estar disponibles para conservar la biodiversidad en forma segura—, para cualquier uso dirigido a mejorar las condiciones de vida de los pequeños agricultores y para enfrentar los problemas de la ecorregión andina.

Conservación *in situ*

Se sabe que las selecciones locales de RTA bajo el manejo de agricultores se mantuvieron por largos períodos en sistemas de agricultura tradicional y jardines caseros. En algunos casos, los clones reconocidos representan estas selecciones –*Canna*, *Ullucus*, *Arracacia*, *Oxalis*, *Tropaeolum* y *Mirabilis*– y existen nombres nativos y descriptivos para ellos. Algunos de estos cultivos ocasionalmente producen nuevos segregados a través de la reproducción de semilla, especialmente *Canna* y *Tropaeolum* pero se desconoce el bagaje genético de las selecciones locales. Usualmente la selección se realizó en base al color y la forma, y los “tipos” definibles representan todos los grados de diversidad, desde segregantes estabilizados hasta variedades silvestres más antiguas, más balanceadas y heterogéneas.

Los crecimientos mixtos de tipos son la norma en la mayor parte de los Andes, lo cual representa y contribuye a la rica diversidad. En algunos casos, la diversidad cultivada se encuentra en áreas donde existe germoplasma semi-domesticado, silvestre o intercalado con maleza.

Al enfocar la conservación en finca, el proyecto identificó áreas específicas siguiendo el siguiente criterio:

1. Por lo menos tres raíces y tubérculos andinos estaban en sistema de cultivos.
2. En cada RTA estaban presentes tipos morfológicamente distintos. En relación a la intensidad de la domesticación y al bagaje putativo a los modelos de variación, el número de tipos propuestos fue: 3 para *Canna*, 15 para *Ullucus*, 5 para *Arracacia*, 30 para *Oxalis*, 2 para *Mirabilis*, 1 para *Pachyrhizus*, 8 para *Tropaeolum* y 3 para *Polymnia*. Adicionalmente, hasta 30 selecciones locales de papa suelen crecer con raíces y tubérculos.
3. Los cultivos fueron empleados en variedad y combinación de formas: para comida, forraje, medicina, rituales, trueque o venta.

Cada área identificada se describió en términos de área sembrada, características del hábitat, importancia local, relación con el mercado local y acceso. Siete áreas en Perú y Bolivia fueron seleccionadas para investigaciones detalladas en finca.

Cuadro 3. Estudios de caso de la conservación de la biodiversidad de las RTA.

País	Area	Localidad
Perú	Cajamarca	Sorochuco, Huasmin, M. Iglesias
	Puno	Yunguyo, Churo
	Cusco	Anyarate, Paucartambo, Alfamayo, Tactohuailla, Andahuaylas
	Ayacucho	Tambillos, Vinchos, Cachi, Condorhacha
Bolivia	Cochabamba	Candelaria, Pocanche
	La Paz 1	Muñecas, Camacho, Yungas, Larecacha
	La Paz 2	Chullina

Principales resultados. Se identificaron los lugares específicos donde persisten antiguas influencias culturales y donde los cultivos nativos crecen como mezclas de genotipos en mosaicos. Cada área tiene diferentes factores socio-culturales y agroecológicos.

Dentro de cada área, se identificaron combinaciones únicas de germoplasma de RTA (Cuadro 4). Algunos estuvieron estrechamente relacionados al germoplasma silvestre.

Cuadro 4. Lugares con alta biodiversidad de RTA en finca.

País	Area	Número de lugares	Número de tipos locales						
			U ^a	A	O	M	Pa	T	Po
Perú	Cajamarca	3	27	51				9	
	Puno	1	10	56				9	
	Cusco	4	17	50				40	
	Ayacucho	15	4	8	35			15	3
Bolivia	Cochabamba	3	8		29		+	5	+
	La Paz 1	1		3		2	2		3
	La Paz 2	1	+ ^b	+	+				+

a. U = *Ullucus*, A = *Arracacia*, O = *Oxalis*, M = *Mirabilis*, Pa = *Pachyrhizus*, T = *Tropaeolum*, Po = *Polymnia*.

b. En investigación.

Cada lugar tiene sus propios problemas, asociados con enfermedades de cultivos, debilidad en la organización de los agricultores, pérdida de conocimiento indígena, falta de flujo de materiales de siembra de alta calidad y proximidad a los mercados. Cada lugar mantiene un número diferente de familias campesinas y se monitorean las relaciones entre la biodiversidad y los objetivos socio-económicos familiares. Las áreas de cultivos, técnicas agronómicas, selección de materiales de siembra y almacenamiento de raíces, tubérculos y semillas han sido documentadas.

Las prácticas únicas para asegurar la conservación también han sido documentadas. Usualmente, involucran familias que mantienen parcelas en variadas ecologías de tal manera que las RTA pueden evitar presiones climáticas como sequías o heladas. Este, generalmente, es el caso de las reservas que se necesitan para siembras posteriores. Estos movimientos con frecuencia siguen gradientes verticales. También existe un sistema horizontal sectorial de barbechos, regulado por la comunidad, donde cuatro o cinco cultivos crecen en una franja específica de terreno cada año.

Se mantuvieron investigaciones con agricultores a través de información disponible y proporcionando materiales locales o nuevos de buena calidad, siempre y cuando tales intervenciones fueran apropiadas.

Una conferencia electrónica realizada en setiembre de 1995 fue la oportunidad para presentar los resultados de investigación de la conservación en el lugar.

Problemas. Los intercambios de materiales de RTA son limitados. En parte, esto se debe a la necesidad de material "limpio"; sin embargo, también involucra la lentitud de los agricultores en la multiplicación del material (usualmente en ciclos de dos o tres años).

El seguimiento del tiempo es importante; es por esto que algunos resultados podrían ser tentativos. Por ejemplo, los números de tipos locales que crecen juntos varían según el tiempo. En la cuenca del lago Titicaca, cada año crecen alrededor de la mitad de los tipos de *Oxalis*, mientras que la otra mitad, cada cierto número de años indistintamente. Sin embargo, en total existe un balance de tipos en la mezcla.

La interacciones de factores, tales como el manejo de la familia campesina y los mercados rurales, aún no han sido completamente entendidos en relación al mantenimiento de la biodiversidad por los agricultores. Los efectos de estas interacciones deberán ser más claros

conforme continúe el trabajo. *Canna* es más un cultivo casero que un cultivo agrícola. La dinámica de mantener la biodiversidad de este cultivo aún no ha sido considerada.

Conservación *ex-situ*

De todas las raíces y tubérculos de la región andina, la más importante es sin duda la papa, seguida de *Oxalis*, *Ullucus*, *Tropaeolum*, y *Arracacia* (a pesar de que esta última se produce escasamente en Bolivia y Perú). Las demás RTA están asociadas con nichos particulares, como *Lepidium*, que crece en altura y en suelos específicos de cultivos en el área de Junín; *Polymnia*, que generalmente se consume cruda y que se centra en Cajamarca, Perú y en el norte de Argentina; *Pachyrhizus*, que crece en grupos aislados en Bolivia, y *Mirabilis*, que crece remotamente en grupos aislados de Ecuador, Bolivia y Perú.

La domesticación de *Oxalis*, *Ullucus* y *Tropaeolum* parece haberse centrado en la ruta de Cusco al lago Titicaca (Perú) y en un transecto—porción de territorio que representa diferentes variaciones ecológicas—que se extiende desde La Paz, Oruro, Cochabamba, Chuquisaca y Potosí (Bolivia) hacia las áreas andinas deshabitadas de Argentina y Chile. Esto se compara a la extensión de la diversidad de cultivares primitivos de papa, como *Solanum juzepczukii* y *S. andigena*. En el Perú los tubérculos se expandieron hacia el norte a lo largo de los Andes.

En los sistemas tradicionales de agricultura, *Oxalis*, *Tropaeolum* y *Ullucus* se suelen intercalar con papa. *Canna* puede encontrarse en forma intercalada con *Polymnia*. Se encontró que la cantidad de heterogeneidad representada por los diferentes tipos morfológicos de las RTA es significativa en las áreas estudiadas.

Este antecedente se vio reflejado en las colecciones de germoplasma provenientes de los diferentes países andinos. La primera colección—que incluye *Oxalis*, *Ullucus* y *Tropaeolum*—se estableció en 1958 en pueblos de La Paz, Bolivia; en 1965, se mantuvo germoplasma de *Arracacia* en San Mateo y Lima, Perú. Durante las décadas de 1970 y 1980, se incrementó el interés sobre las RTA y se establecieron numerosas colecciones. Sin embargo, sólo a principios de 1970 aparecieron los modelos para transformar estas colecciones vegetales en colecciones de bancos de genes para conservar los materiales a mediano plazo. Las semillas secas mantenidas a baja temperatura constituyeron el patrón internacional para la conservación a largo plazo. Sin embargo, también se necesitaron clones propagados vegetativamente para tener un mejor entendimiento de los cultivos,

porque cuando se produce semilla, no mantiene el clon individual. Las colecciones vegetales mantenidas bajo patrones individuales pueden conformar "bancos de genes de campo". También se pueden colocar estas muestras en cultivos de tejidos y conservarse como "bancos de genes in vitro".

Cuando se inició este proyecto, había más de una docena de colecciones de RTA en los Andes. Una de las tareas principales de este proyecto fue inventariar las colecciones, identificar qué tanto representaban la variabilidad genética y geográfica, racionalizarlas y llenar los vacíos sobre materiales e información.

Principales resultados. En 1993, existían 7,277 entradas de RTA en los bancos de genes andinos. En diciembre de 1996 habían 9,820. El CIP, en forma individual, desarrolló una colección de 977 a 1,266 entradas que sirve como una "reserva de seguridad" para los programas nacionales. El CIP estuvo en capacidad de compensar a Bolivia del germoplasma que se perdió de la colección nacional y entregarlo en forma de cultivo de tejido.

Pachyrhizus y *Lepidium* se conservan como semilla. Las otras RTA se mantienen vegetalmente y 2,325 entradas de 9,695 de otros cultivos se mantienen mediante el cultivo de tejidos. El cuadro 5 muestra un resumen de estas posesiones.

Cuando se inició el proyecto, se practicó el mantenimiento in vitro en Ecuador (INIAP), en Perú (UNMSM) y en el CIP. Este proyecto fue responsable de la transferencia de esta tecnología a Bolivia (IBTA), a otra universidad en Perú (UNSCH) y al programa nacional (INIA) en Perú. Se mejoraron los protocolos para el movimiento de los cultivares y para la conservación y multiplicación del germoplasma. La conservación in vitro está lista para *Ullucus*, *Oxalis*, *Mirabilis*, *Tropaeolum* y *Polymnia*.

La caracterización de las entradas también ha sido una tarea importante. Durante 1996 y 1997 se establecieron e implementaron los métodos para la caracterización morfológica de 7 de las RTA de Perú (UNC), Bolivia (IBTA) y Ecuador (INIAP), así como también del CIP (ver Cuadro 6).

La caracterización molecular se inició con la *Arracacia* en el INIAP, Ecuador, y luego involucró al *Ullucus*, *Oxalis* y *Tropaeolum* en la UNMSM, Perú.

Cuadro 5. Entradas de RTA en los bancos de genes de Perú, Bolivia y Ecuador, 1997.

	CIP	P1	P2	P3	P4	P5	P6	B	E
<i>Canna</i>	65	26	97	—	—	18	78	2	30
<i>Ullucus</i>	446	693	—	456	59	97	319	160	287
<i>Arracacia</i>	91	181	93	—	—	—	125	3	93
<i>Oxalis</i>	482	1696	—	231	111	104	912	689	171
<i>Mirabilis</i>	5	84	37	—	—	—	—	—	11
<i>Lepidium</i>	33	20	—	—	—	—	—	—	—
<i>Pachyrhizus</i>	8	—	—	—	—	—	—	—	64
<i>Tropaeolum</i>	92	345	—	112	35	10	310	89	89
<i>Polymnia</i>	44	119	90	—	—	7	49	30	32

Nota: El CIP incluye materiales de Argentina, Brasil, Chile y Colombia, así como de Perú, Bolivia y Ecuador.

Perú: P1 = INIA P2 = UNC P3 = UNMSM
P4 = UNDAC P5 = UNSCH P6 = UNSAAC
Bolivia: B = IBTA
Ecuador: E = INIAP

Cuadro 6. Progreso en la caracterización morfológica (número de entradas).

Crop	UNC	IBTA	INIAP	CIP
<i>Canna</i>	63	—	—	—
<i>Ullucus</i>	—	97	287	149
<i>Arracacia</i>	—	—	93	66
<i>Oxalis</i>	—	—	—	227
<i>Mirabilis</i>	37	—	—	—
<i>Tropaeolum</i>	—	53	89	64
<i>Polymnia</i>	90	—	—	—

La caracterización permitió a los investigadores estimar los rangos de variabilidad en las colecciones *ex-situ*. Actualmente existe un alto grado de redundancia debido a la multiplicación entre y en las colecciones. Sin embargo, la caracterización de los morfotipos es importante hasta que se disponga de mejores estimados de la diversidad genética. (Cuadro 7).

Cuadro 7. Morfotipos (no.) en los conjuntos de genes de RTA y duplicación (%) entre las entradas (información preliminar).

	Morfotipos (no.)	Duplicados (%)
<i>Canna</i>	8	87
<i>Ullucus</i>	199	63
<i>Arracacia</i>	49	69
<i>Oxalis</i>	382	54
<i>Mirabilis</i>	4	90
<i>Lepidium</i>	—	—
<i>Pachyrhizus</i>	—	—
<i>Tropaeolum</i>	103	50
<i>Polymnia</i>	6	83

Los vacíos en las colecciones se llenaron luego de establecer lo que ya estaba listo. INIAP, Ecuador; IBTA, Bolivia; y UNC y UNCP en el Perú se encargaron de las recolecciones. No se hará ninguna otra recolección hasta que los bancos de genes nacionales puedan desarrollar mejores diagnósticos en cooperación con el IPGRI. Hasta el momento, se han identificado las necesidades generales para la adquisición de germoplasma. (Cuadro 8)

Cuadro 8. Parámetros de variación genética en RTA basados en los bancos de genes de Perú, Bolivia y Ecuador.

	Erosión Genética de los cultivares	Vacíos en colecciones	Diversidad en las colecciones
<i>Canna</i>	Bajo	1	Alta
<i>Ullucus</i>	Moderada	2	Alta
<i>Arracacia</i>	Moderada	2	Mediana
<i>Oxalis</i>	Alta	2	Mediana
<i>Mirabilis</i>	Muy Alta	1	Baja
<i>Lepidium</i>	Bajo	3	Baja
<i>Pachyrhizus</i>	Muy Alta	2	Alta
<i>Tropaeolum</i>	Alta	2	Mediana
<i>Polymnia</i>	Moderada	2	Baja

- a. El patrón es diferente en países andinos con desarrollo más rápido.
b. 1 = vacíos significativos, 2 = pocos vacíos, 3 = casi no hay vacíos.

Estudios citológicos en germoplasma proveniente de colecciones han implementado el conocimiento sobre la *Arracacia* (cultivada y silvestre), *Oxalis* (cultivada y silvestre), *Lepidium*, *Pachyrhizus*, *Tropaeolum* y *Polymnia*.

Problemas. Pese a que hubo una cantidad significativa de transferencia de tecnología para el desarrollo de una verdadera red andina para la conservación *ex situ* y que los colectores acordaron uniformizar sus prácticas y políticas, los comités nacionales de cada país aún no están preparados para apoyar el trabajo. La forma en que esto va a cambiar aún no está clara.

Todos los países que colaboran con este proyecto forman parte de la Convención de 1992 sobre Diversidad Biológica. Desde entonces, la distribución e intercambio de material se ha visto limitado e incluso ha sido inexistente. Se necesita seguir y adoptar protocolos. El intercambio internacional de germoplasma también se ve afectado por la necesidad de material libre de patógenos.

Si se intensificara la investigación sobre la caracterización bioquímica y molecular, sería posible una mejor conceptualización del posible tamaño del germoplasma vegetal total de RTA *ex situ*. Es importante la atención de los programas nacionales a este respecto, para reducir los costos y trabajo relacionados al mantenimiento de excesivas colecciones vegetales.

Pachyrhizus y *Lepidium* se mantienen por lo general como semilla. Otras RTA, como *Oxalis*, se propagan exclusivamente por medio de tubérculos u otras partes vegetales. Esto ocurre en lugares donde los agricultores no usan semilla botánica. Otras veces, se da una siembra ocasional. Esto significa que se debe dar atención a posibles almacenamientos de semilla para la conservación a largo plazo en los bancos de genes. La investigación en esta área es sólo una parte de este proyecto. Más adelante, en esta misma sección, se discute este tema, en relación a la producción de mejores materiales de siembra.

Aún no se ha considerado relacionar la conservación *ex situ* con áreas de mantenimiento *in situ*.

Investigación sobre Mejores Materiales de Siembra

La razón principal de la investigación en esta área ha sido emplear la experiencia científica del CIP en papa y camote y aplicarla a las RTA. La baja productividad agrícola de las RTA puede superarse hasta cierto punto con cambios menores en las rotaciones de cultivos. Se pueden ganar beneficios adicionales a través de prácticas de manejo de suelos para reducir la erosión, adecuada fertilización y mejoramiento del manejo del agua, y aumentando la disponibilidad de materiales de siembra de alta calidad.

La propuesta para la investigación se ha centrado en dos áreas de investigación. Primero, los cultivos clonales son conspicuos para albergar virus que reducen los rendimientos. Segundo, los procedimientos para la producción de semilla limpia de alta calidad facilitan la liberación de nuevos materiales. Esta última área de investigación gira en torno a la identificación de prospectos para la selección de nuevos genotipos (Cuadro 9).

Investigación sobre patógenos

Generalmente, se piensa que las RTA no se ven relativamente afectadas por virus, a pesar de que la producción de algunos cultivos en ciertas áreas se ve afectada en forma adversa. Existen ciertas indicaciones, según las cuales la limpieza de virus de los materiales antes de la siembra incrementa la producción en un 30%.

El proyecto ha identificado virus en ciertas RTA y ha producido un número limitado de cultivares limpios. Este trabajo también se ha llevado a cabo en enfermedades y plagas que afectan la poscosecha (ver Cuadro 10).

Resultados principales. Mediante procedimientos de detección de campo y de laboratorio, se identificaron virus en el *Ullucus*, *Oxalis* y *Tropaeolum*. Posteriores investigaciones resultaron en cuatro cultivares libres de virus de *Ullucus*, cuatro de *Oxalis* y uno de *Tropaeolum*. La investigación se amplió a la *Arracacia* y *Mirabilis*.

La investigación en el Perú está vinculada a través de la UNCP-Huancayo y la UNC-Cajamarca, donde los materiales se limpian mediante el cultivo de meristemas y calor, se prueba contra virus identificados al material sembrado y se evalúan las cantidades de reinfección registrada. El área anterior se refiere a aplicaciones más

comerciales, posteriores al cultivo tradicional. El CIP en Quito, Ecuador, también está iniciando un trabajo similar. El trabajo de PROINPA, Bolivia, se refiere a las especies/cultivares primitivos de papa y está relacionado al proyecto de RTA y a que es parte del mismo sistema de cultivos.

Cuadro 9. Prospectos para la selección de genotipos mejorados de RTA.

	Prospecto para la selección de clones morfológicos	Prospecto para la selección de semilla
<i>Canna</i>	Bajo	R ^a
<i>Ullucus</i>	Mediano	R pero con tendencia a ser bajo
<i>Arracacia</i>	Alto	R
<i>Oxalis</i>	Alto	R pero con tendencia a ser alto
<i>Mirabilis</i>	Bajo	Alto
<i>Lepidium</i>	—	Alto
<i>Pachyrhizus</i>	—	Alto
<i>Tropaeolum</i>	Mediano	Mediano
<i>Polymnia</i>	Mediano	R

a. R = necesita investigación sobre reproducción sexual.

Cuadro 10. Importancia relativa de los virus, gorgojos y enfermedades poscosecha en RTA.

	Virus	Gorgojos	Enfermedades poscosecha
<i>Canna</i>	Ligeramente	Sin importancia	Mediana
<i>Ullucus</i>	Importante	Importante	Importante
<i>Arracacia</i>	Importante	Sin importancia	Importante
<i>Oxalis</i>	Importante	Importante	Importante
<i>Mirabilis</i>	Ligeramente	Sin importancia	?
<i>Lepidium</i>	Sin importancia	Sin importancia	Importante
<i>Pachyrhizus</i>	Sin importancia	Sin importancia	Sin importancia
<i>Tropaeolum</i>	Importante	Importante	Mediana
<i>Polymnia</i>	?	?	?

El proyecto ha elaborado un manual sobre enfermedades que afectan a las plantas en los campos y en periodos poscosecha.

Problemas. La evaluación en campo de clones libres de virus produce resultados marcadamente diferentes en áreas diversas y la reinfección podría variar de 3 a 100%. Se necesita mayor información sobre el impacto de materiales libres de virus.

Es importante la multiplicación rápida para superar esta dificultad. También es necesaria una mayor propagación a través de brotes, esquejes y plántulas in vitro.

Producción de mejores materiales de siembra

La atención a la limpieza de los materiales, a nivel de la comunidad, es parte integral del desarrollo de las RTA. Los agricultores prefieren propágulos para ciertos lugares debido a su rendimiento, pero también por su similitud entre la fuente agrícola y la de su propia finca.

En general, no se dispone de propágulos en cantidades suficientes ni tampoco de clones nuevos y de alta calidad. A este respecto, son importantes las investigaciones sobre la reproducción sexual de RTA propagados clonalmente pues contribuyen a la erradicación de los patógenos. Al mismo tiempo, la semilla botánica es la forma ideal para mantener la diversidad genética en los sistemas de conservación. Se iniciaron investigaciones para este proyecto en las variedades *Canna*, *Oxalis* y *Arracacia*.

Resultados principales. A través de PROINPA, en Bolivia, ocho ONG y las comunidades apoyadas por ellos, producen propágulos de alta calidad para las variedades nativas de papa. En Ecuador, el material del *Ullucus* se produjo en 14 comunidades de 6 provincias de la Sierra. El INIAP liberó dos nuevos clones que fueron probados en este sistema.

En Cusco, Perú, se seleccionaron materiales de *Ullucus* y *Oxalis* y se liberaron tres nuevos clones de alto rendimiento para las comunidades.

Problemas. Muchas comunidades no poseen la solidez organizativa "o el interés" para involucrarse en la multiplicación masiva. La aceptación no es universal debido a que los agricultores se rehúsan a aceptar material "mejorado" si el mercado es inestable. Parte de esto se refiere a los deseos de los agricultores para que el material "se adapte".

A pesar de que el objetivo del proyecto es intensificar la producción de las RTA, la estrategia para aplicar la investigación aún no está clara. Se necesita un elemento socio-económico más fuerte en la investigación. CONDESAN ha hecho grandes esfuerzos para identificar la demanda real de mercado, especialmente en los mercados urbanos. Se ha comprobado la utilidad del consorcio a través de sus conexiones con agencias rurales y comunidades agrícolas.

Sistemas de Producción a Consumo

Una tarea inicial del proyecto fue reunir toda la información importante y documentada sobre la producción en la región. En general, la producción no ha sido muy difundida; de preferencia, se da en pequeñas parcelas —algunas veces dispersas— y otras veces, en pequeñas áreas concentradas. Los productos llegan a los mercados de los pueblos en pequeñas cantidades, especialmente los tubérculos (*Ullucus*, *Oxalis* y *Tropaeolum*). Las raíces (*Arracacia*, *Mirabilis* y *Pachyrhizus*) tienen nichos particulares de producción que abastecen los mercados de las ciudades en períodos de cosecha. La *Arracacia* es algo más importante.

Debido a que se debe conservar más del 50% de cada cosecha para semilla y que en general existe baja productividad, es importante diagnosticar las preocupaciones de la producción actual, identificar las preferencias de los consumidores y analizar la comercialización antes de proceder con mayores esfuerzos por intensificar la producción. Al mismo tiempo, se debe entender el potencial agroecológico y las limitaciones en la producción. Por tanto, el proyecto se ha enfocado en áreas claves para esta investigación: en el Perú, al norte y sur del Lago Titicaca, y de Huamanga a Andahuaylas en Ayacucho; en la sierra norte, centro y sur del Ecuador; y en Bolivia, en la zona de Cochabamba.

Resultados principales. Se analizaron los factores que afectan la producción en diversos lugares para cinco de las nueve especies (Cuadro 11). Se identificaron problemas, como la severidad de las plagas y enfermedades. Cada grupo de preocupaciones es específico de un cultivo, por ejemplo, la *Arracacia* tiene un período de conservación corto pero largo período de crecimiento (10-16 meses hasta la cosecha). Debido a que crece sobre nutrientes residuales, la fertilización aumentará la producción. Tiene posibilidades comerciales que ya se han visto en Colombia pero aún no en otros países andinos. El *Ullucus* se observa frecuentemente en forma comercial, pero podría serlo aún más; su ciclo de cultivo varía de 5 a 9 meses pero puede reducirse, e

incluso el cultivo puede crecer tanto como la papa, *Oxalis* y *Tropaeolum*. De hecho, *Ullucus*, *Oxalis* y *Tropaeolum* pueden crecer dentro de un sistema de cultivos o en forma aislada. La *Arracacia* no tiene problemas de enfermedades pero su ciclo de cultivo es bastante largo.

Cuadro 11. Investigación sobre los factores de producción.

Tema	U ^a	A	O	T	P
Rotación de cultivos	B ^b	P	B	P	P
Fertilizantes		P	B	P	P
Parámetros de crecimiento	E		B	B	
Fisiología			B	B	
Enfermedades		B,E,P		B,P	P
Plagas				B,P	
Nemátodos	B		B	B	
Poscosecha	E,P	E	E	E	
Procesamiento	E,P	E,P	P	P	E,P

a. U=*Ullucus*, A=*Arracacia*, O=*Oxalis*, T=*Tropaeolum*, P=*Polymnia*.

b. B=Bolivia, E=Ecuador, P=Perú

En casi todos los casos, la falta de buen material de propagación, junto con las necesidades de los agricultores de que cada clon se "adapte" al sistema y coexista con los otros (incluso si es un tipo nuevo), fue la mayor limitación de la producción. Los agricultores procuran evitar riesgos, especialmente en los cultivos cuya variación de rendimiento con un sistema de agricultura que depende de la lluvia es alto.

Se realizaron exámenes de la demanda de consumo en Quito, Guayaquil y Cuenca en el Ecuador (con énfasis en el *Ullucus*); en Puno, Perú (con énfasis en *Oxalis*); y, en tres zonas de Bolivia cerca a Cochabamba (con énfasis en *Ullucus*, *Oxalis* y *Tropaeolum*). Los estudios de las actitudes de los consumidores y sus hábitos midieron las cantidades que compraron, frecuencia de compra y consumo anual per cápita.

La distribución de información permitió que las recetas para el *Ullucus*, *Oxalis* y *Arracacia* se adapten al gusto de los consumidores en cualquier lugar y ayudaron a la promoción de las RTA.

Los agricultores creen que la comercialización es muy importante, mucho más importante aún que las limitaciones de la producción. Las investigaciones en el Ecuador pusieron énfasis en el mercado nacional

urbano, siendo el factor principal las preferencias de los consumidores y el conocimiento del producto. En Bolivia se destacó la comercialización tradicional, incluyendo el trueque y el "regalo". En el Perú, los agricultores creen que la comercialización es vital y reconocen el potencial para el procesamiento.

Problemas. Los métodos empleados por los investigadores no estuvieron uniformizados en relación a la economía y los aspectos socio-económicos casi no estuvieron incluidos. Esto es comprensible ya que la investigación pretende promover las RTA y, como resultado, los biólogos involucrados en aspectos de la producción tendieron a hacer el trabajo. Sin embargo, para los sistemas de producción la investigación agrícola básica podría ser defectuosa (Cuadro 12).

El flujo de información se ha convertido en un problema,

Cuadro 12. Investigación agrícola básica de alta prioridad para cubrir los principales vacíos.

<i>Canna</i>	Duración del cultivo, densidad
<i>Ullucus</i>	Duración del cultivo, control de gorgojo
<i>Arracacia</i>	Duración del cultivo, propagación
<i>Oxalis</i>	Control de gorgojo
<i>Mirabilis</i>	Mayoría de aspectos agrícolas
<i>Lepidium</i>	Adaptabilidad
<i>Pochyrhizus</i>	Poda vegetativa
<i>Tropaeolum</i>	No presenta mayores dificultades pero las necesidades potenciales de intercalar cultivos requieren investigación
<i>Polymnia</i>	Mayores aspectos agrícolas, densidad

especialmente para la investigación multidisciplinaria de los nueve cultivos. La información sobre los precios de los productos que mantiene CONDESAN así como los métodos de producción indígena son valiosos; sin embargo, necesitan implementarse en el futuro con información socio-económica que incluya aspectos de género y el impacto de la investigación sobre la mitigación de la pobreza.

Almacenamiento Poscosecha y Potenciales de Procesamiento

Se examinaron *Ullucus*, *Oxalis* y *Tropaeolum* desde el punto de vista del almacenamiento local, empleando cajas de madera con piso ventilado, comparado con tubérculos cubiertos con paja. Las pérdidas locales

alcanzaron 34%, 40% y 60% en tres lugares estudiados, pero el almacenamiento en las cajas lo redujo hasta la mitad, aproximadamente. Las estimaciones se llevaron a cabo en Perú y Ecuador.

Se puso énfasis en estimaciones el potencial de procesamiento de mermelada y dulces usando *Ullucus*, *Arracacia* y *Oxalis*, en Ecuador. En Bolivia, se produjo y evaluó harina, así: *Oxalis* y *Pachyrhizus* tienen un alto contenido de almidón, *Polymnia* tiene alto contenido de fructuosa y *Arracacia* y *Mirabilis* tienen un mayor potencial. En el Ecuador también se evaluaron las características del almidón para *Canna*, *Tropaeolum*, *Mirabilis* y *Ullucus*. En el Perú se probaron varios productos —horneados y envasados, entremeses y comida para bebés— basados en *Oxalis* y *Arracacia*.

Personal Técnico y Asociaciones de Agricultores

Al menos 50% de los subproyectos han sido desarrollados a nivel de finca o de comunidad, dándose prioridad a obtener la mayor interacción posible con los agricultores. Se está reuniendo y categorizando el conocimiento de los agricultores; sin embargo, este es un proceso lento debido al idioma, tiempo y factores climáticos. No obstante, el valor de este conocimiento se puede ilustrar con *Oxalis*. Su selección para semilla o comida, realizada por mujeres, involucra un grupo de 15-20 genotipos, así como el conocimiento de la morfología y color de los tubérculos asociado con la forma de la planta, período vegetativo, calidad culinaria y preferencias de los consumidores locales.

Este proyecto también se dirige a la conservación y uso del germoplasma de las RTA, y su empleo está estrechamente relacionado a los agricultores y sus familias. La capacitación bajo este proyecto enfatiza esta necesidad. Seminarios especiales atendieron las interacciones entre los investigadores, agrónomos y el medio rural de la comunidad. Tres seminarios se organizaron en AGRUCO (Universidad Mayor de San Simón en Cochabamba). Se ofrecieron dos cursos técnicos a los colaboradores, uno sobre recursos genéticos, en asociación con el IPGRI, y otro sobre materiales de siembra de alta calidad, en asociación con el CIP. Otro curso adicional sobre recursos genéticos y producción de raíces andinas, auspiciado por el CIP y sus colaboradores en la Universidad de Cajamarca, enfatizó la necesidad de mejorar su utilización.

Con el fin de colaborar con las instituciones se dispuso la capacitación del personal nacional en servicio sobre producción de semilla en campos de agricultores, técnicas in vitro y efectos de enfermedades sobre la producción.

El proyecto dio oportunidades únicas para trabajos de tesis a estudiantes avanzados y graduados. El tema se elige por su importancia para los agricultores locales y por los sub-proyectos de investigación de RTA de las universidades participantes.

Coordinación y Dirección del Proyecto

El proyecto está dirigido por el Comité Directivo que representa a los tres países participantes y a los tipos de organizaciones miembros (ONG, universidades e institutos nacionales de investigación agraria), centros internacionales y al donante. Un coordinador examina el proyecto, el cual tiene una organización participativa y funciona mancomunadamente.

A pesar de que se necesitan algunos cambios menores —como el fortalecimiento de la oficina del coordinador— la coordinación general de los sub-proyectos ha trabajado adecuadamente y el monitoreo está asegurado por las continuas visitas a países e instituciones por parte del coordinador y miembros del Comité Directivo.

El seguimiento y evaluación han sido realizados a través de reuniones de los colaboradores e inspecciones realizadas por el Comité Directivo. Además, la distribución inicial de los fondos de investigación, basada en áreas geográficas particulares, cultivos específicos y en competencia abierta, permitieron enfocar las investigaciones en las instituciones e individuos más capaces para este fin. Alrededor de la mitad de las propuestas presentadas fueron seleccionadas para financiamiento.

Este proceso ha permitido reunir a investigadores que en otro momento trabajaron en forma aislada y esta experiencia ha sido muy valiosa. Ello ha tenido también un marcado impacto en la consolidación de la capacidad de los sistemas de investigación nacional y otras actividades asociadas. Un aspecto importante ha sido la ampliación del enfoque de los investigadores para llevar a cabo un trabajo inter-disciplinario.

El CIP, además de su participación científica, ha actuado como agente fiscal y administrativo para el proyecto. Los procesos para manejar fondos, comunicaciones, compras y otras actividades administrativas son las apropiadas. Se han realizado auditorías internas y los fondos se han empleado para el propósito al cual fueron asignados.

Necesidades Futuras

La investigación abarcó el período 1993-97 y necesita continuar en varias áreas para llenar vacíos evidentes, como la investigación agrícola básica. También existe una fuerte necesidad de sintetizar resultados a través de las áreas de los sub-proyectos. No obstante, no es recomendable que las actividades futuras continúen simplemente como una extensión de las actividades pasadas, por varias razones:

1. Podría haber la necesidad de enfocar un número limitado de RTA en vez de intentar trabajar con los nueve cultivos. La razón principal es que la inversión de la investigación debería proporcionar un impacto que pueda ser evaluado en relación a la mitigación de la pobreza y seguridad alimentaria del grupo enfocado, es decir, pequeños agricultores andinos. La limitación del número de RTA para la investigación podría proporcionar un mejor enfoque a la misión. Los cultivos más apropiados para un trabajo futuro más importante podrían ser *Canna*, *Ullucus*, *Arracacia*, *Oxalis* y *Polymnia*.
2. En la orientación de la misión propuesta, la estrategia es vital. El planeamiento estratégico ha sido un elemento del planeamiento participativo del proyecto, pero para que se vean los resultados en diferentes áreas de la investigación se requiere posicionar y adecuar la investigación a las respuestas estratégicas de ciertas preguntas. Por ejemplo, ¿cuanto esfuerzo se debe poner en mantener –o incrementar– la producción para el consumo local versus la comercialización? Si se sigue la investigación para la comercialización, ¿cómo se pueden ampliar los beneficios para los agricultores?, ¿qué aspectos de la investigación de la producción afectan a los pequeños agricultores contra el impacto en los mayoristas, mercados u otros, y cuáles están justificados?
3. Parece ser necesario un fuerte componente socio-económico para entender el potencial y los beneficios acumulados en cada fase de los sistemas de producción a consumo. Asimismo, el fundamento socio-económico de cada participante en cada paso de la transformación desde los agricultores hasta el mercado.

4. La política agraria afecta a todos los niveles de producción, y requerirá mayor énfasis, desde los derechos de tierra y asuntos de género hasta servicios de extensión y roles de las ONG. La sostenibilidad no será resultado de una simple aplicación de tecnología y desarrollo de la demanda de mercado, sino del mejoramiento de la tecnología, derechos de posesión de tierras y reformas.
5. Las futuras investigaciones deberán capitalizar los resultados dispersos ya obtenidos sobre rotación de cultivos, necesidades de producción, costos y precios, y buscar optimizar la producción. Se deben seguir las propuestas interdisciplinarias, balanceando las ciencias naturales y sociales. Al respecto, sería deseable un nuevo enfoque en algunos proyectos de investigación entre países. Tal enfoque debería permitir la distribución del germoplasma sobre términos de mutuo acuerdo, una oportunidad para la colaboración que ha estado latente durante los últimos cinco años.
6. Las comunicaciones asumen una mayor importancia cuando la investigación se enfoca en el fortalecimiento de las capacidades nacionales, de tal manera que los programas nacionales puedan asumir la investigación en el futuro. Esto significa que debería planificarse estratégicamente un calendario de publicaciones de investigación, por ejemplo, para compartir el conocimiento básico, lo que aún no se encuentra disponible.
7. La validez total de la conservación *in situ* debería ser cuidadosamente investigada de tal manera que se pueda planificar un sistema para la conservación *in situ* y la utilización de las RTA, que sea respaldado por los sistemas nacionales de conservación *ex situ*. En estos primeros cinco años, el proyecto ha identificado y descrito áreas de alta diversidad *in situ*. El siguiente paso necesitará ideas impulsoras y un consenso entre los investigadores y las organizaciones socias.

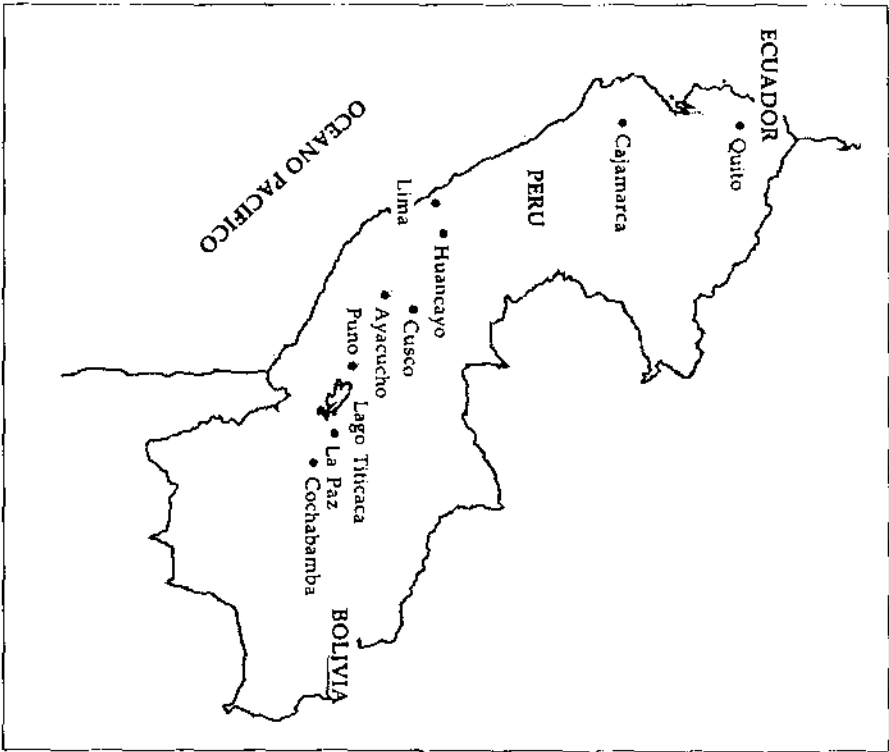
Además, aún se necesita cierta investigación básica sobre RTA, especialmente sobre el grado y la naturaleza de los conjuntos de genes involucrados y por qué los cultivos no se adaptan fácilmente a todos los lugares. Las futuras investigaciones deberán buscar fondos complementarios para relacionar los programas nacionales con instituciones de los países desarrollados para facilitar esta investigación básica.

Finalmente, se sugiere que el programa de RTA mantenga una identidad durante el curso de su investigación aplicada. Será inevitable relacionarlo en forma integral a CONDESAN, ya que los lugares de investigación de las RTA se convertirán en lugares modelos de CONDESAN y la lista electrónica de INFOANDINA será

parte de la estrategia de las comunicaciones del proyecto sobre RTA. Esta sinergia y el programa de investigación sobre RTA esta garantizada por la contribución continua del CIP, que satisface los principios operacionales del GCIAT de dirigir investigaciones internacionalmente, lo que involucra la productividad agrícola y el manejo de los recursos naturales.

Instituciones Participantes

AGRUCCO-UMSS	Agroecología Universidad de Cochabamba, Bolivia
AMDE	Corporación Ambiente y Desarrollo, Ecuador
ASPADERUC	Asociación para el Desarrollo Rural de Cajamarca, Perú
CENDA	Centro de Comunicación y Desarrollo Andino, Bolivia
CIP	Centro Internacional de la Papa, Perú
CIRNMA	Centro de Investigación de Recursos Naturales, Perú
CNPH	Centro Nacional de Pasajero de Hortícolas—Empresa Brasilero de Pasajero Agropecuario, Brasil
CORPOICA	Corporación del Instituto Colombiano Agropecuario, Colombia
EPN	Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador
FUNDAGRO	Fundación para el Desarrollo Agropecuario, Ecuador
IBTA	Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuario, Bolivia
IESE-UMSS	Instituto de Estudios Sociales y Económicos, Bolivia
IIN	Instituto de Investigación de Nutrición, Perú
INIA	Instituto Nacional de Investigación Agraria, Perú
INIAP	Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador
IPGRI	Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
PAPN-UMSS	Programa de Alimentos y Productos Naturales, Bolivia
PIABS	Programa de Investigación Agropecuaria "Bovisteo Soaveño", Bolivia
PRACIPA	Programa Andino Cooperativo de Investigación en Papa
PROINPA	Programa de Investigación en Papa, Bolivia
PUC	Pontificia Universidad Católica, Quito, Ecuador
SEMILLA	Centro de Servicios Múltiples de Apoyo al Desarrollo, Bolivia
UMSS	Universidad Mayor de San Simón, Bolivia
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú
UNC	Universidad Nacional de Copomarca, Perú
UNCP	Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú
UNDAC	Universidad Nacional Daniel Alcides Corrán, Cerro de Pasco, Perú
UNMSM	Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú
UNSAAC	Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Perú
UNSCH	Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Perú
UPRP	Universidad Pontificia Ricardo Palma, Perú UNSCH



Enfoque regional para la investigación de raíces y tubérculos andinos en Ecuador, Perú y Bolivia.