



GOBIERNO DE CHILE
FUNDACIÓN PARA LA
INNOVACIÓN AGRARIA

PROPUESTA DEFINITIVA	"APLICACIONES DE HERRAMIENTAS BIOTECNOLÓGICAS PARA LA OBTENCIÓN DE NUEVAS VARIEDADES DE TRIGO, ARROZ Y POROTOS, DE ALTO RENDIMIENTO, RESISTENTES A ENFERMEDADES Y DE BUENA CALIDAD"
CODIGO	BID-CO-V-2003-1-A-10
ENTIDAD RESPONSABLE	INIA
SUPERVISOR PROPUESTA	TOMAS GARCIA-HUIDOBRO
COORDINADOR EJECUCION	MARIO PAREDES-INIA QUILAMAPU
MODIFICACIONES	

COORDINADOR PROPUESTA

SUPERVISOR
FIA



PROGRAMA DE CONSULTORES CALIFICADOS
FORMULARIO PRESENTACIÓN DE PROPUESTA

FOLIO DE
BASES

055

CÓDIGO
(uso interno)

FIA-CO-V-2003-1-A -10

SECCIÓN 1: ANTECEDENTES GENERALES DE LA PROPUESTA

NOMBRE DE LA PROPUESTA

Aplicaciones de herramientas biotecnológicas para la obtención de nuevas variedades de trigo, arroz y porotos, de alto rendimiento, resistentes a enfermedades y de buena calidad.

ESPECIALIDAD CONSULTORES

Caracterización, manejo de germoplasma y mejoramiento genético de arroz, trigo y poroto con aplicación de marcadores moleculares.

IDENTIFICACIÓN CONSULTORES (adjuntar *currículum vitae*, Anexo 1 y carta de compromiso, Anexo 2)

Nombre: Dr. Paul Gepts

Institución: University of California, Davis, Department of Agronomy and Range Science.

Dirección Postal: 1 Shields Avenue, Davis, CA 95616-8515.

Teléfono: (530) 752-7743; (530) 752-7323 **Fax:** : (530) 752-4361

e-mail: plgepts@ucdavis.edu

WWW: <http://agronomy.ucdavis.edu/gepts/geptslab.htm>

Ciudad: Davis

País: EE.UU.

Fecha de Nacimiento:

Nº Pasaporte:





IDENTIFICACIÓN CONSULTORES (adjuntar *currículum vitae*, Anexo 1 y carta de compromiso, Anexo 2)

Nombre: Dr. Thomas Tai

Institución: Crops Pathology and Genetics Research Unit (CPGRU), USDA-ARS PWA
Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis, CA 95616

Dirección Postal: 1 Shields Avenue, Davis, CA 95616-8515.

Teléfono: Phone: 530-752-4342 **Fax:** 530-752-4361

e-mail: thtai@ucdavis.edu

Ciudad: Davis

País: EE.UU.

Fecha de Nacimiento:

Nº Pasaporte:

IDENTIFICACIÓN CONSULTORES (adjuntar *currículum vitae*, Anexo 1 y carta de compromiso, Anexo 2)

Nombre: Sr. Hugo Martínez

Institución: Departamento de Política Agraria de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura – Chile.

Dirección Postal: .

Teléfono: 3973015

Fax:

e-mail:

Ciudad: Santiago

País: Chile

Fecha de Nacimiento: 6 de Septiembre de 1963

Nº Pasaporte:





IDENTIFICACIÓN CONSULTORES (adjuntar *currículum vitae*, Anexo 1 y carta de compromiso, Anexo 2)

Nombre: Dr. H. Manilal William

Institución: Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (CIMMYT).
Patología de trigo.

Dirección Postal: ABC Centre, CIMMYT Int. Apdo – Postal 6 – 641, Mexico D. F.
06600, Mexico

Teléfono: 52 – 5804 – 2004 – ext. 2181

Fax: 52 – 5804 – 7567

e-mail: M.William@cgiar.org

Ciudad: C. de Mexico

País: Mexico

Fecha de Nacimiento:

Nº Pasaporte:

IDENTIFICACIÓN CONSULTORES (adjuntar *currículum vitae*, Anexo 1 y carta de compromiso, Anexo 2)

Nombre: Dr. Oscar Riera-Lizarazu

Institución: Oregon State University. Departament of Crop and Soil Science. Cereal
Genetics and Biotechnology.

Dirección Postal: Crop Science Building 107, Corvallis, Oregon

Teléfono: (541)737-5879

Fax: (541)737-1589

e-mail: Oscar.Riera@orst.edu

Ciudad: Corvallis

País: EE.UU.

Fecha de Nacimiento:

Nº Pasaporte:





ENTIDAD RESPONSABLE

Nombre: Instituto de Investigaciones Agropecuarias

RUT:

Dirección: Fidel Oteíza 1956, Piso 12

Ciudad y Región: Providencia-Santiago

Fono: 2252118

Fax y e-mail: 2258773

Cuenta Bancaria (tipo, N°, banco):

REPRESENTANTE LEGAL DE LA ENTIDAD RESPONSABLE

Nombre: Francisco González del Río

Cargo en la Entidad Responsable: Director Nacional

RUT:

Dirección: Fidel Oteíza 1956, Piso 12

Ciudad y Región: Providencia, Santiago

Fono: 2252118

Fax y e-mail: 2258773

Firma: _____





COORDINADOR DE LA EJECUCIÓN (adjuntar *curriculum vitae* completo, Anexo 3)

Nombre: Mario Paredes Cárcamo

Cargo en la Entidad Responsable: Investigador Genética/ Biotecnología

RUT:

Dirección: Av. Vicente Méndez 515

Ciudad y Región: Chillán, Región del Bío Bío

Fono: 42-209712

Fax y e-mail: 42-209720; mparedes@quilamapu.inia.cl

Firma: _____

FECHA DE INICIO: 7 Diciembre, 2003

FECHA DE TÉRMINO: 14 diciembre, 2003

COSTO TOTAL DE LA PROPUESTA

\$

FINANCIAMIENTO SOLICITADO

\$

63%

APORTE DE CONTRAPARTE

\$

37%





TÉRMINOS DE REFERENCIA PARA EL CONSULTOR

Selección de expertos internacionales.

La propuesta incluye la participación de 4 expertos internacionales de reconocida experiencia en aplicaciones de herramientas biotecnológicas al mejoramiento genético en trigo (*Triticum aestivum* L.), arroz (*Oryza sativa* L.) y poroto (*Phaseolus vulgaris* L.).

Para dar cumplimiento a los objetivos planteados se seleccionaron, en base al conocimiento previo, expertos con experiencia en el uso de la biotecnología en las siguientes áreas:

- a) Caracterización y uso de germoplasma
- b) Aplicaciones al mejoramiento genético convencional y
- c) En el caso del trigo un experto específico en royas, por la complejidad y la importancia de este tema en el país.

ESPECIALIDAD DE LOS EXPERTOS POR CULTIVO:

TRIGO.

Genética de cereales y biotecnología:

Dr. Oscar Riera-Lizarazu, Profesor Asistente. Oregon State University, EE.UU.

Patología cereales, roya:

Dr. Manilal William, Investigador CIMMYT, México.

ARROZ.

Manejo de germoplasma, mejoramiento genético, resistencia a frío, calidad:

Dr. Thomas Tai, Investigador USDA, Davis, Ca, EE.UU.

POROTO.

Manejo de germoplasma y mejoramiento genético:

Dr. Paul Gepts. Professor, University of California, Davis. EE.UU.

ECONOMIA.

Hugo Martínez. Jefe del Departamento de Política Agraria de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura – Chile.

El trabajo de los expertos se realizará en Chillán durante la semana entre el 7 y 14 de diciembre, incluyendo los tiempos de traslado desde sus lugares de trabajo.

Durante su estadía en Chillán los expertos tendrán tres actividades principales:

- a) Reunión con expertos contrapartes locales para intercambiar ideas y contribuir a la preparación de proyectos específicos a ser presentados posteriormente a diferentes fuentes de financiamiento.
- b) Realización de un seminario de las aplicaciones de la biotecnología en trigo, arroz y poroto en un seminario público.
- c) Entregar un informe escrito en conjunto con los investigadores locales sobre las posibles estrategias a seguir en el uso de biotecnologías en el corto y mediano plazo.

SECCIÓN 2: PROPONENTES (adjuntar c. vitae resumido de acuerdo a pauta adjunta, Anexo 4)

NOMBRE	RUT	FONO	DIRECCIÓN POSTAL	REGIÓN	LUGAR DE TRABAJO	ACTIVIDAD PRINCIPAL	FIRMA
1. Mario Paredes C.		42-209712	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Biotecnología	
2. Viviana Becerra V.		42-209716	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Biotecnología	
3. Iván Matus T.		42-209715	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Mejoramiento Trigo	
4. Mario Mellado Z.		42-209711	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Mejoramiento Trigo	
5. Juan Tay U.		42-209714	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI-Quilamapu	Mejoramiento Leg. de Granos	
6. Roberto Alvarado A.		42-209701	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Mejoramiento Arroz	
7. Santiago Hernaiz L.		42-209708	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Mejoramiento Arroz y	
8. Rodrigo Avilés		42-209513	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Gestión de proyectos	
9. Alvaro Vega		42-209553	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Producción de Semillas	
10. Ricardo Madariaga		42-209710	Vicente Méndez 515, Casilla 426, Chillán	VIII	INIA, CRI Quilamapu	Patología- Trigo	
11.							
12.							
13.							





SECCIÓN 3: DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

3.1. Objetivo general (técnico y económico)

Aplicar herramientas biotecnológicas en la obtención de nuevas variedades de trigo, arroz y porotos, de alta calidad y rendimiento y resistentes a enfermedades para mejorar la productividad y rentabilidad de estos cultivos, frente a los nuevos escenarios comerciales, tratados de libre comercio con Europa, Asia y EE.UU.

3.2. Objetivos específicos (técnicos y económicos)

1. Analizar junto a expertos internacionales la situación actual del mejoramiento genético en trigo, arroz y poroto y la factibilidad de aplicar herramientas biotecnológicas en ellos.
2. Realizar un Seminario público donde se expondrá la situación actual, proyección futura y el posible uso de la biotecnología en el desarrollo e impacto de nuevas variedades en estos tres cultivos, importantes en la VIII Región y en el país.
3. Elaborar propuestas de investigación en diferentes áreas de trabajo como son: enfermedades fungosas en trigo, resistencia a frío en arroz, enfermedades virosas en porotos y calidad.
4. Formar nuevas redes de intercambio científico-tecnológico con profesionales e instituciones de prestigio internacional.
5. Integrar en estas discusiones a agricultores organizados, agroindustriales y empresas vendedoras de semillas para elaborar estrategias futuras de desarrollo de estos cultivos.





SECCIÓN 3: DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

3.3. Justificación de la necesidad y oportunidad de contar con el apoyo de un consultor

La globalización, los tratados comerciales con Europa, algunos países asiáticos, EE.UU. y el MERCOSUR y las políticas de protección de algunos países poderosos en términos agrícolas han creado incertidumbre respecto al futuro de los cultivos "tradicionales". Frente a esta situación el país ha tomado diferentes medidas mitigadoras como son: el establecimiento de bandas de precios para algunos de ellos, el fomento del uso de algunas prácticas agronómicas como son elevar el contenido de fósforo de los suelos mediante el uso de fertilizantes fosfatados, la habilitación de nuevas áreas y obras de regadío, incentivos a la investigación y otros.

A nivel productivo, una manera de enfrentar esta situación es, disponer de variedades que posean un alto potencial de rendimiento y por lo tanto disminuyan costos unitarios, que sean resistentes en forma duradera a las enfermedades mas importantes en las zonas de producción y que posean una calidad de grano competitiva.

Actualmente, el INIA es la única institución nacional que tiene programas de mejoramiento genético de arroz y poroto, por lo tanto, es el responsable directo de la producción de variedades comerciales en estos dos cultivos. Estos dos programas de mejoramiento genético están ubicados en el CRI Quilamapu de Chillán. En trigo, a pesar de que hay una mayor cantidad de empresas que producen variedades mejoradas, el INIA es el responsable directo del 60-70% de las variedades que se comercializan en el país. En el caso específico del CRI Quilamapu, éste tiene a nivel nacional, la responsabilidad de mejorar y producir variedades de trigo panadero de hábito de crecimiento primaveral.

Estudios realizados en el país y en el extranjero han determinado que una buena variedad es responsable, aproximadamente, del 50% del rendimiento final y en un porcentaje similar de la calidad del grano, si se considera la aplicación correcta de prácticas agronómicas.

En el caso del trigo, uno de los problemas más importantes que debe enfrentar la producción de variedades es la resistencia a enfermedades fungosas. Entre estas enfermedades, la roya amarilla (*Puccinia striiformis*), la roya de la hoja (*Puccinia recondita*) y la roya de la caña (*Puccinia graminis*) son las causantes directas de pérdidas importantes de rendimiento y calidad del grano y, además son la principal causa del reemplazo frecuente de variedades debido a la pérdida de su resistencia genética. La importancia de las enfermedades depende de la zona. Es así como la roya de la caña tiene una mayor incidencia en la zona centro-norte y la roya de la hoja y amarilla se presentan con mayor intensidad en la zona centro-sur y sur del país.

En Chile, se ha determinado que la resistencia genética es la estrategia más económica duradera y ambientalmente apropiada para el control de enfermedades en plantas. En el caso de resistencia cualitativa, donde genes con gran efecto, basados en la teoría de gen por gen interactúan con el patógeno, es evidente que la evolución del patógeno es más rápida que lo que el mejorador tarda en introducir genes simples a una nueva variedad.



Por esta razón sería necesario desarrollar variedades que posean varios genes de resistencia a los patógenos, para lograr una resistencia más duradera que asegure una mayor estabilidad en el rendimiento. Ello incidiría en una menor velocidad de recambio de las variedades, con el consiguiente beneficio para los agricultores, y toda la cadena productiva.

En poroto, uno de los principales problemas en la producción de variedades mejoradas es la susceptibilidad a las enfermedades virosas, como son el mosaico común (BCMV) y el mosaico amarillo. El mosaico común es una de las enfermedades más importantes del poroto, a nivel mundial y nacional, ya que es una enfermedad que se transmite a través de la semilla de una temporada a otra, y además es transmitida por áfidos dentro de la misma temporada, ello produce importantes pérdidas económicas. Ambas mosaicos presentan diversas razas con diferentes sintomatologías, y causan diferentes tipos de daños. El único control efectivo para estas enfermedades hasta ahora, es el control genético ya que los áfidos que transmiten este virus lo hacen en forma no persistente, es decir, el insecto vector lo puede adquirir en pocos segundos de una planta infectada, y transmitirlo inmediatamente a una planta sana.

El cultivo del arroz presenta varios factores que afectan el rendimiento, siendo uno de los más importantes el daño producido por bajas temperaturas. Estudios realizados en el Programa de Mejoramiento Genético arroz, en Quilamapu-Chillán, han determinado que el arroz puede ser afectado negativamente por las bajas temperaturas en todas las etapas de crecimiento, destacándose dos etapas críticas: a) germinación-emergencia de plántulas y b) la floración. En la época de germinación-emergencia, el daño causado por las bajas temperaturas se refleja en una disminución del número de plantas por superficie, mientras que en la época de floración se produce un alto porcentaje de aborto floral y problemas en el proceso de llenado del grano, todo lo cual incide fuertemente en una disminución del rendimiento y calidad del grano.

Por otro lado, para esta especie existe la posibilidad de diversificar su comercialización hacia los mercados externos. Para lograr este objetivo es imperioso ampliar la producción de diferentes tipos de grano. Las variedades predominantes en el país, corresponden a un grano largo y grueso, y se está buscando la posibilidad de seleccionar desde grano largo delgado (tipo aguja) hasta granos cortos gruesos y granos aromáticos, y/o gelatinosos. En este sentido, la producción de variedades de arroz debe estar altamente relacionada con el mercado que se desea abastecer, por lo tanto, el programa de mejoramiento genético de INIA debe dar respuesta oportuna con variedades de alta calidad y adaptadas a nuestras condiciones climáticas.





SECCIÓN 3: DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

3.4. Antecedentes técnicos y viabilidad de incorporación al sistema productivo nacional de la(s) tecnología(s) involucrada(s).

Los cultivos del trigo, arroz y poroto ocupan un lugar importante desde el punto de vista agronómico, económico y social en nuestro país. La producción de trigo se concentra principalmente desde la VII a la IX región, en suelos de riego y de secano. En cambio el arroz y el poroto presentan actualmente una mayor superficie sembrada en la VII y VIII región, en suelos de riego. Actualmente, la siembra de estos cultivos está preferentemente en manos de pequeños y medianos agricultores de bajos recursos, con algunas excepciones como en el caso del trigo, donde se pueden encontrar agricultores de mayores recursos económicos que siembran este cereal a gran escala.

Los problemas de enfermedades y bajos rendimientos, entre otros, han sido abordados por los programas de mejoramiento genético, con un éxito relativo. A pesar de ello, es posible decir hoy día, que existen variedades resistentes y/o tolerantes a diferentes tipos de royas en trigo y a diferentes razas de virus del mosaico común en porotos y en ambos casos, presentan un buen rendimiento. Sin embargo, en trigo, esta resistencia genética no es lo suficientemente duradera y ello determina un rápido descarte de las variedades comerciales.

En el caso del arroz, la tolerancia al frío es un tema de reciente preocupación, debido a su mayor complejidad y a la priorización de otros problemas limitantes como son el rendimiento y los estudios agronómicos. Por estas razones, la tolerancia al frío está en la etapa de evaluación y selección de germoplasma a fin de elevar los rendimientos, principalmente en la VII y VIII regiones.

El conocimiento teórico y práctico de la biología molecular, en conjunto con las tecnologías convencionales de mejoramiento genético, ofrecen la posibilidad de enfrentar y solucionar los problemas anteriormente mencionados en forma mas adecuada. Por ejemplo, el uso de marcadores moleculares podría ser de gran utilidad, y de hecho ya han sido utilizados exitosamente en la caracterización genético-molecular (fingerprinting) de diversos tipos de material genético (clones, variedades), en establecer relaciones genéticas de diversos germoplasmas, en la selección asistida de genotipos con genes de resistencia y/o de calidad, en estudios de interacción patógeno-huésped, en determinar introgresión de varios genes de resistencia a diferentes razas de un patógeno (pirámide de genes) a un determinado genotipo (variedad y/o líneas experimentales) y en la construcción de mapas genéticos.

Para llevar a cabo esta estrategia es importante que se cumplan cinco requisitos fundamentales: 1) Contar con programas activos de mejoramiento genético; 2) Tener un grupo interdisciplinario de trabajo (mejoramiento genético, fitopatología, calidad, recursos genéticos y biotecnología); 3) Poseer la infraestructura necesaria para llevar a cabo el trabajo propuesto; 4) Disponer de los recursos económicos para desarrollar las



propuestas; y 5) Favorecer la participación de los usuarios finales de este trabajo, en este caso, agricultores, agroindustriales, empresas vendedoras de semillas.

Aplicaciones de la biotecnología al mejoramiento genético de arroz, trigo y porotos.

Se estima que los cereales evolucionaron de un ancestro común hace 50 a 70 millones de años atrás. A pesar de este largo período de evolución independiente, estas especies presentan una similitud en el orden y orientación de sus genes. Sin embargo, el tamaño de sus genomas varía ampliamente. Es así como el tamaño del genoma del sorgo, maíz, cebada, trigo y arroz se estima en 100, 3.000, 5.000, 16.000 y 420 Mbp. Se estima también que la separación de las plantas en monocotiledoneas y dicotiledoneas ocurrió hace 200 millones de años atrás, lo que implica una menor similitud genética. Este punto es de gran importancia ya que mucha de la información existente en una especie modelo bien estudiada, puede ser de utilidad para otra especie que ha sido estudiada en menor grado.

El mayor tamaño del genoma del trigo de pan es el producto de su origen (AABBDD), poliploide (hexaploide), rearreglos (translocaciones) y duplicaciones del ADN. Es así como un 80% del genoma de trigo consiste en secuencias repetitivas de ADN. Se ha determinado que la mayoría de los genes del trigo se presentan en agrupaciones ubicadas en pequeñas regiones del cromosoma. Estas regiones son altamente recombinables y además son factibles de ser manipuladas a nivel molecular (Gill *et al.*, 1996). Esta situación refleja la mayor o menor complejidad del trabajo a realizar.

En estos momentos la especie que cuenta con un mayor conocimiento y desarrollo molecular es el arroz (Goff, *et al.*, 2002; Yu, *et al.*, 2002).). Esto representa una ventaja ya que dado el alto grado de sintenia observado en los cereales, mucha de la información disponible en arroz podría ser aplicada a otros cereales, como el trigo. Un estudio comparativo, a nivel de megabases y mapas (macrocolinealidad), realizado entre genes en arroz, maíz, trigo, cebada, sorgo y caña de azúcar, indicó que el contenido y orden de los es bastante conservado entre las diferentes familias de los cereales, aunque la cantidad y organización de las secuencias repetitivas difieren considerablemente (Devos y Gale, 1997; Ware y Stein, 2003). Sin embargo, estudios mas detallados (microcolinealidad) indican que el ADN de los cereales es altamente variable y que ha evolucionado rápidamente. Por ejemplo, varias regiones del genoma de los cereales han sufrido muchos mas rearreglos (duplicaciones/pérdidas de genes, inversiones y translocaciones) que los detectados en los estudios de recombinación reflejado en los mapas genéticos (Bennetzen y Ma, 2003; Ware y Stein, 2003). Esta situación general, se ha observado también al comparar diferentes subespecies dentro de un género, como es el caso del arroz *indica* versus *japonica* (Han y Xue, 2003).

De la gran cantidad de conocimientos que existe en marcadores moleculares, nace la necesidad y oportunidad de poder usarlos y aplicarlos en los Programas de Mejoramiento Genético del INIA en el CRI Quilamapu y que actualmente, no están haciendo uso de esta información. Es así como en esta actividad se discutirá su aplicación al mejoramiento genético de arroz, trigo y porotos.





En general, las técnicas moleculares se han usado en una serie de estudios básicos y aplicados en plantas que incluyen desde la identificación del kariotipo (número de cromosomas), análisis genómico comparativo de las diferentes especies silvestres y cultivadas, identificación de grupos de ligamiento, asociación de grupos de ligamiento con diferentes cromosomas, identificación de genes, mapeo de características cualitativas y cuantitativas (QTLs), selección asistida por marcadores, piramidación de genes, construcción de mapas físicos, clonaje de genes basados en mapas genéticos, relación de sintenia (homología entre diferentes especies del mismo género o familia), introgresión de genes desde especies silvestres a cultivadas, genética estructural y funcional y transformación genética. Cada uno de estos tópicos ha tenido un mayor o menor desarrollo dependiendo de la especie.

Estas tecnologías, han sido seleccionadas para una primera etapa, debido fundamentalmente al mayor grado de desarrollo que tiene y al aporte que ha realizado en el desarrollo de variedades a nivel mundial. Se visualiza que en una segunda etapa y futura, se planteará la necesidad de elaborar un nuevo proyecto para analizar otras aplicaciones biotecnológicas al mejoramiento genético como son la genómica funcional (EST, microarreglos y chips de genes) y la transformación genética (transgénicos).

Marcadores moleculares.

Los marcadores moleculares se pueden definir como lugares de variaciones en la molécula de ADN. Las diferencias genotípicas detectadas por ellos se deben a mutaciones puntuales, inserciones, pérdidas o transposiciones de nucleótidos y a la variación de secuencias repetitivas.

Existen tres factores claves que determinan la aplicación de los marcadores moleculares: (i) nivel de información entregada, es decir, número de alelos detectados y su frecuencia, (ii) factibilidad de analizar varios marcadores al mismo tiempo (multiplex), y (iii) reproducibilidad y claridad de los resultados obtenidos.

Los marcadores moleculares presentan varias ventajas en comparación con los marcadores morfológicos y bioquímicos, como son la ausencia de influencia del ambiental y su evaluación en cualquier edad y órgano de la planta. Actualmente, existe una gran cantidad de marcadores moleculares, por lo tanto, la elección de cual de ellos se debe usar, dependerá principalmente de los objetivos del estudio y del costo.

De acuerdo a la tecnología empleada, los marcadores moleculares se pueden clasificar en tres grupos:

- a) Marcadores basados en hibridación, tales como RFLP (Fragmentos de restricción polimórficos).
- b) Marcadores basados en PCR (Reacción en cadena de la polimerasa), tales como RAPD (Amplificación al azar del ADN), SCARs (Amplificación de regiones de secuencias caracterizadas), SSR (Secuencias repetidas simple o microsatélites), STS (Sitios de secuencias identificadas), AFLP (Amplificación de fragmentos polimórficos), ISA (Amplificación de secuencias repetidas internas-simples), CAPS (Secuencias polimórficas amplificadas cortadas) y ALPs (Polimorfismo de amplicons).



- c) Chips de ADN y marcadores de ADN basados en secuenciación, tales como el polimorfismo de nucleótidos únicos (SNPs).





Aplicación de los marcadores moleculares en el mejoramiento genético.

El uso de los marcadores moleculares se puede agrupar en tres grandes categorías: 1) la caracterización de germoplasma (especies cultivadas y silvestres), insectos, patógenos; 2) desarrollo de mapas ligamiento, selección asistida y aislamiento de genes; y 3) identificación (fingerprinting) de variedades. A continuación se describen resumidamente estas aplicaciones:

a) Caracterización de germoplasma.

En la mayoría de las especies, la intensidad de selección realizada en los Programas de Mejoramiento ha disminuído la diversidad genética del pool de genes utilizado en producir variedades comerciales (Becerra y Gepts, 1994). Esto deja a las variedades en una posición genética más vulnerable frente a factores bióticos y abióticos, y reduce la estabilidad de su productividad. De esta forma, el mejoramiento genético futuro deberá usar diferentes fuentes de variabilidad genética, incluyendo germoplasma exótico y silvestre. Sin embargo, la utilidad y el manejo de la diversidad genética de este material genético, descansa en el entendimiento de las relaciones evolutivas entre las diferentes especies y en la capacidad de transferir los genes de interés con la menor alteración de las características agronómicas que conforman una variedad comercial.

En trigo, arroz y poroto, los marcadores bioquímicos y moleculares han contribuído en forma importante a estudiar aspectos relacionados con la diseminación de estas especies desde los centros de origen, en el impacto del proceso de domesticación sobre la diversidad genética, en la descripción de la estructura genética, en la determinación de los niveles actuales de diversidad genética de especies silvestres y cultivadas y en la introgresión de genes (Gepts, 1998; Gepts, 1999; Feldman, 2001; Paredes y Gepts, 1995; Morishima, 2001).

b) Mapas genéticos y selección asistida por marcadores.

Actualmente, se ha identificado un número significativo de marcadores moleculares asociados a más de 40 características de importancia agronómica para la producción de variedades de trigo en el país. Algunas de estas son tolerancia a aluminio, enanismo, respuesta a la vernalización, tolerancia a la germinación de la espiga antes de la cosecha, contenido de amilosa del grano, color de la harina, gluteninas, y resistencia a diferentes enfermedades (Bonjean y Lacaze, 2001; Gupta *et al.*, 2002).

En las royas que atacan al trigo también existe información sobre el uso de marcadores moleculares asociados a la resistencia de los tres tipos más importantes de royas (de la hoja, amarilla y del tallo) (Schauchermayr *et al.*, 1994; Dedryver *et al.*, 1996; Robert, *et al.*, 1999; Helguera *et al.*, 2000; Fraaije *et al.*, 2001; Stepien *et al.*, 2002; Yan, *et al.*, 2003).

En arroz, se han identificado también un número importante de marcadores moleculares asociados a características agronómicas como son resistencia a enfermedades fungosas, bacterianas e insectos, calidad del grano (aroma, cocción, contenido de amilosa), sensibilidad al fotoperíodo, heterosis, incompatibilidad, enanismo, dehiscencia, tolerancia al frío, inundación y salinidad (Mackill y Ni, 2000; Andaya y Mackill, 2002). Dentro de éste

contexto, los marcadores que podrían ser de utilidad para el Programa de Mejoramiento Genético de arroz en Chile son aquellos que están asociados con enanismo, aroma, cocción, contenido de amilosa, deshiscencia y tolerancia al frío.

En el caso del poroto, se han identificado alrededor de 30 marcadores moleculares asociados a diferentes características, incluyendo QTLs de resistencia a mosaico común, raza necrótica, antracnosis, roya, bacteria, rendimiento y algunas características fenológicas (Kelly, 1995; Haley, *et al.*, 1994; Melotto, *et al.*, 1996; Jonhson, *et al.*, 1997; Kelly, 1997, Kelly *et al.*, 1997; Gepts, 1999; Miklas *et al.*, 2000a; b; Kelly, 2003).

c) Selección asistida por marcadores.

Para que la selección asistida por marcadores sea efectiva es necesario disponer de un mapa de ligamiento (Bliss, *et al.*, 2002). Además, debe existir una asociación estrecha entre el alelo del marcador y el gen (característica de interés), ello posteriormente permitirá usar esta asociación en el desarrollo de líneas o poblaciones

En forma paralela, el uso de selección asistida por marcadores se recomienda cuando se cumple con alguna de las siguientes situaciones: a) la característica de interés es difícil o muy costosa de evaluar fenotípicamente, b) la característica está controlada por varios genes, y c) la característica (gen de interés) proviene de germoplasma exótico o silvestre y se desea eliminar caracteres desfavorables (linkage-drag) ligados al gen.

- Características de difícil evaluación.

En este aspecto la selección asistida presenta tres ventajas: i) se puede hacer sin datos fenotípicos, es decir, usando sólo la relación directa entre el marcador y el genotipo; ii) la selección no estará influenciada por el ambiente (suelo, clima); y iii) la selección se realizará al estado de plántula. Estas ventajas pueden tener mayor importancia si se trata de características controladas por genes mayores, pero de baja penetrancia; sintomatología de difícil evaluación; baja heredabilidad; alta influencia ambiental y una amplia experiencia para homologar las evaluaciones en diferentes localidades y años. Dentro de esta categoría se podrían clasificar las características propuestas a abordar en el proyecto como son la resistencia a roya en trigo, mosaico común y amarillo en poroto y tolerancia a frío en arroz.

La importancia de la selección asistida de caracteres cuantitativos en trigo ha dependido del tipo de marcador. Es así como, los RFLPs no han tenido mucho éxito ya que la diversidad genética detectada por esta técnica es limitada entre líneas y variedades y el costo es muy alto. Por otro lado, los marcadores basados en PCR, como son los RAPDs, aun cuando el nivel de polimorfismo es bajo, su uso ha tenido cierto éxito ya que se ha asociado la presencia de bandas específicas con genes que confieren resistencia a algunas razas de roya estriada (*Yr*). El uso de partidores de RAPD también ha permitido realizar selección asistida en material segregante (Schachermayr *et al.*, 1994; Dedryver, *et al.*, 1996; Peng *et al.*, 1999; Yan *et al.*, 2003). Finalmente, la disponibilidad de microsatélites en trigo ha permitido solucionar varios problemas que presentaban los RFLPs y RAPDs. Estos marcadores son amplificados mediante PCR, presentan un alto



nivel de polimorfismo, son codominantes, abundantes y están distribuidos a través de todo el genoma (Plaschke *et al.*, 1995; Roder *et al.*, 2002)



- Incorporación de varios genes (piramidación).

Hoy día, la incorporación de genes de resistencia a una o varias razas predominante(s) de un patógeno en una localidad se realiza mediante el mejoramiento convencional. La resistencia a menudo es de tipo vertical y es de corta duración, lo que obliga a los mejoradores a estar incorporando continuamente nuevos genes de resistencia a las razas emergentes del patógeno. Esta incorporación de genes se evalúa mediante la información fenotípica generada cada año por los programas de mejoramiento genético y se puede, en algunos casos, incorporar uno o más genes al mismo tiempo. La incorporación de varios genes de resistencia a las diferentes razas presentes en la zona, debería generar una resistencia más durable en el tiempo, ya que reduce la presión del proceso de selección y mutación del patógeno. La selección asistida por marcadores moleculares podría ayudar a la identificación e incorporación simultánea de varios genes de resistencia permitiendo el desarrollo variedades con resistencia genética duradera.

En el caso del trigo, existen marcadores moleculares (RAPDs, SCARs y SSRs) ligados a genes de resistencia a roya-raza específicos, por lo cual sería posible la piramidación de diversos genes en un genotipo común mediante selección asistida (Danial, *et al.*, 1995; Line, 2002).

En poroto, la resistencia al mosaico común ofrece una excelente oportunidad de usar la piramidación de genes. Esta resistencia está dada por genes no específicos (*bc-u*), por genes específicos contra ciertas razas del virus (*bc-1*, *bc-2* y *bc-3*) y principalmente por el gen independiente y dominante " *I* " que condiciona la reacción de la planta a ciertas razas, conocida como necrosis sistémica. La forma homocigota recesiva del gen " *I* " permite una infección sistémica crónica causada por las razas patogénicas.

La ubicación de estos genes ha sido determinada dentro del genoma, es así como el gen " *I* " se ubica en el grupo de ligamiento B2 (Gepts, 1999), el gen *bc-3* en el grupo B6 (Jonhson *et al.*, 1997; Gepts, 199; Miklas *et al.*, 2000a), mientras que el alelo *bc-1*² está ubicado en el grupo B3 (Miklas, 2000b). El alelo no específico *bc-u* también se ubica en el grupo B3, y cercano al gen *bc-1* (Strausbaugh, *et al.*, 1999).

Este tipo de ligamiento puede ser usado favorablemente por los mejoradores ya que, la presencia de *bc-u* es imprescindible para la expresión completa de la resistencia de muchos de los genes " *bc* " específicos a ciertas razas (Kelly, 1995). Actualmente, se reconoce que la combinación del gen dominante " *I* " con los genes recesivos *bc* son necesarios para la expresión de la resistencia al mosaico común y al mosaico común raza necrótica ya que los dos tipos de genes presentan diferentes mecanismos de resistencia confiriendo una resistencia durable (Kelly *et al.*, 1995). El gen dominante " *I* " confiere una típica resistencia de hipersensibilidad mientras que los genes recesivos más efectivos (*bc-1*², *bc-2*² y *bc-3*) actúan restringiendo el movimiento del virus, a nivel de la proteína de éste, dentro de la planta (Kelly, 1997).

- Eliminación de caracteres desfavorables (linkage-drag) ligados al carácter de interés.



Una de las alternativas para ampliar la variabilidad genética del germoplasma cultivado, es recurrir a cultivares exóticos o silvestres. Esto teniendo en cuenta la hipótesis de que en este germoplasma es posible identificar genes y formas alélicas que durante el proceso de domesticación o selección no fueron seleccionados debido a que estos genotipos presentaban un fenotipo desfavorable, lo cual estaba enmascarando posibles genes de utilidad (Sorrells y Wilson 1997). En los programas de mejoramiento se ha detectado un escaso interés en usar este germoplasma, debido a que, al hibridar padres agrónomicamente aceptados con ellos, se observan en la progenie características agronómicas no deseables. Ello se debe a que los genes favorables están generalmente ligados a genes desfavorables y/o a efectos de dominancia y epistásis (Tanksley *et al.*, 1989; Brondani *et al.*, 2002).

Existen excepciones, donde se ha usado este germoplasma como fuente de variabilidad para el desarrollo de nuevas variedades. Por ejemplo, en tomate (Young y Tanksley, 1989; Fulton *et al.*, 1997; Fulton *et al.*, 2000), arroz (Xiao *et al.*, 1996), cebada (Matus *et al.*, 2003). Asociado a esto, existe la estrategia de introgresión de genes desde especies silvestres a especies cultivadas, denominada "Retrocruzas Avanzadas" propuesta por Tanksley y Nelson (1996). Esta estrategia usa la información generada por los marcadores moleculares en la identificación de genes de interés para el desarrollo de nuevas variedades y que están presentes en las especies silvestres.

d) Identificación de variedades.

La caracterización de variedades está adquiriendo una gran importancia cada día, debido al aumento en las restricciones en el uso e intercambio de germoplasma y a la protección de los derechos de propiedad (protección de variedades y patentes) impuesto por los obtentores para utilizar nuevo germoplasma (Smith y Smith, 1992). En estos aspectos, los marcadores moleculares pueden contribuir en forma muy importante a la protección de los derechos de propiedad de las inversiones realizadas y pueden contribuir a facilitar el flujo de germoplasma.

Perspectivas futuras

El desarrollo reciente y futuro en la investigación del genoma de éstas y otras especies aumentarán las posibilidades de resolver oportunamente muchos problemas agronómicos de importancia, hasta ahora no resueltos. Estos adelantos incluyen el desarrollo de mapas físicos y secuenciación completa del genoma de varias especies. El resultado inmediato de estos adelantos tecnológicos es el desarrollo de nuevas tecnologías para la investigación en genómica funcional tales como los microarreglos, chips de genes (estudios a gran escala de expresión de genes) y la disponibilidad de nuevos marcadores basados en PCR como los SSR y los SNP. Se espera que estos adelantos y otros, puedan establecer una relación cada vez mas estrecha entre las secuencias de ADN, la función de los genes y el fenotipo.

El gran desafío para el futuro es integrar estas herramientas en los programas de mejoramiento genético para acelerar y mejorar la eficiencia del desarrollo de variedades de alta producción y calidad para diferentes tipos de consumidores y que conforman la demanda hacia la investigación.

Bibliografía

- Andaya, V.V.; Mackill, D.J. 2003. QTLs conferring cold tolerance at the booting stage of rice using recombinant inbred lines from a *japonica* x *indica* cross. *Theor. Appl. Genet.* 106:1084-1090.
- Becerra- Velásquez, V.; Gepts, P. 1994. RFLP diversity of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in its centres of origin. *Genome* 37:256-263.
- Bennetzen, J.L.; Ma, J. 2003. The genetic colinearity of rice and other cereals on the basis of genomic sequence analysis. *Current Opinion in Plant Biology* 6:128-133.
- Bliss, F.; Arulsekhar, S.; Foolad, M.R.; Becerra, V.; Warburton, M.; Dandekar, A.M.; Kocsisne, G.M.; Mydin, K.K. 2002. An expanded genetic linkage map of *Prunus* based on an interspecific cross between almond and peach. *Genome* 45: 520-529.
- Bonjean, A.P.; Lacaze, P. 2001. Molecular markers systems and bread wheat. In: A.P. Bonjean and Angus, W.J. (eds). *The world wheat book. A history of wheat breeding.* Editions TEC&DOC. p.1049-1059.
- Brondani, C.; Rangel, P.H.N.; Brondani, R.P.V.; Ferreira, M.E. 2002. QTL mapping and introgression of yield-related traits from *Oryza glumaepatula* to cultivated rice (*Oryza sativa*) using microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.* 104: 1192-1203.
- Danial, D.L.; Kirigwi, F.M.; Parlevliet, J.E. 1995. Lack of durability of resistance to cereal rusts in wheat when selection is for complete resistance. *Plant Breeding* 114:539-541.
- Dedryver, F.; Jubier, M-F.; Thouvenin, J.; Goyeau, H. 1996. Molecular markers linked to the leaf rust resistance gene *Lr24* in different wheat cultivars. *Genome* 39:830-835.
- Devos, K.M.; Gale, M.D. 1997. Comparative genetics in the grasses. *Plant Mol. Biol.* 35:3-15.
- Fraaije, B.A.; Lovell, D.J.; Coelho, J.M.; Baldwin, S.; Hollomon, D.W. 2001. PCR-based assays to assess wheat varietal resistance to blotch (*Septoria tritici* and *Stagonospora nodorum*) and rust (*Puccinia striiformis* and *Puccinia recondita*) diseases. *European J. Plant Pathology* 107:905-917.
- Feldman, M. 2001. Origin of cultivated wheat. In: A.P. Bonjean and Angus, W.J. (eds) *The world wheat book. A history of wheat breeding.* Editions TEC&DOC. p.3-56. N.Y.
- Fulton, T.M. ; Beck-Bunn, T. ; Emmatty, D. ; Eshed, Y. ; Lopez, J. ; Petiard, V. ; Uhlig, J. ; Zamir, D. ; Tanksley, S.D. 1997. QTL analysis of an advanced backcross of *Lycopersicon peruvianum* to the cultivated tomato and comparisons with QTLs found in other wild species. *Theor Appl Genet* 95:881-894
- Fulton, T.M. ; Grandillo, S. ; Beck-Bunn, T. ; Fridman, E. ; Framton, A. ; Lopez, J. ; Petiard, V. ; Uhlig, J. ; Zamir, D. ; Tanksley, S.D. 2000. Advanced backcross QTL analysis of a *Lycopersicon esculentum* x *Lycopersicon parviflorum* cross. *Theor. Appl. Genet.* 100: 1025-1042.
- Gepts, P. 1999. Development of an integrated linkage map. In: Singh.S.P. (ed). *Developments in Plant Breeding. Common bean improvement in the twenty-first century.* Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The netherlands. pp. 53-91.
- Gepts, 1998. Origin and evolution of common bean, past event and recent trends. *HortScience* 33:1124-1130.

- Gill, K.S.; Gill, B.S.; Boyko, E.V. 1996. Identification and high density mapping of gene-rich regions in chromosome group 5 of wheat. *Genetics* 143: 1001-1012.
- Goff, S.A.; Ricke, D.; Lan, T.H.; Presting, G.; Wang, R.L.; Dunn, M.; Glazebrook, J.; Sessions, A.; Oeller, P.; Varma, H.; Hadley, D.; Hutchinson, D.; Martin, C.; Katagiri, F.; Lange, B.M.; Mounghamer, T.; Xia, Y.; Budworth, P.; Zhong, J.P.; Miguel, T.; Colbert, M.; Paszowski, U.; Zhang, S.P.; Colbert, M.; Sun, W.L.; Chen, L.L.; Cooper, B.; Park, S.; Wood, T.C.; Mao, L.; Quail, P.; Wing, R.; Dean, R.; Yu, Y.S.; Zharkikh, A.; Shen, R.; Saharsr abudle, S.; Thomas, a.; Cannings, R.; GutinA.; Pruss, D.; Reid, J. Tavigian, S.; Mitchel, J.; Eldredge, G.; Scholl, T.; Miller, r.m.; Bhatnagar, S.; Adey, N.; Rubano, T.; Tusneem, N.; Robinson, R.; Feldhaus, J.; Macalma, T.; Oliphant, A.; Briggs, S. 2002. A draft sequence of the rice genome (*Oryza sativa* L. ssp. *japonica*). *Science* 296:92-100.
- Gupta, P.K.; Varshney, R.K.; Sharma, P.C.; Ramesh, B. 1999. Molecular markers and their applications in wheat breeding. *Plant Breeding* 118:369-390.
- Haley, S.D.; Afanador, L.; Kelly, J.D. 1994. Identification and application of a random amplified polymorphic DNA marker for the I gene (potyvirus resistance) in common bean. *Phytopathology* 84: 157-160.
- Han, B.; Xue, Y. 2003. Genome-wide intraespecific DNA-sequence variations in rice. *Current Opinion in Plant Biology* 6:134-138
- Helguera, M.; Khan; Dubcovsky, J. 2000. Development of PCR marker for the wheat leaf rust resistance gene *Lr47*. *Theor. Appl. Genet.* 100:1137-1143.
- Johnson, W.C.; Guzmán, P.; Mandala, D.; Mkandawirem A.B.B.; Temple, S.; Gilbertson, R.L.; Gepts, P. 1997. Molecular tagging of the *bc-3* gene for introgression into Andean common bean. *Crop Sci.* 37:248-254.
- Kelly, J.D. 1995. Use of random amplified polymorphic DNA markers in breeding for major resistance to plant pathogens. *Hort Science* 30:461-465
- Kelly, J.D. 1997. A review of varietal response to bean common mosaic potyvirus in *Phaseolus vulgaris*. *Plant Varieties and Seeds* 10:1-6
- Kelly, J.D.; Afanador, L.; Haley, S.D.; 1995. Pyramiding genes for resistance to common mosaic virus. *Euphytica* 82:207-212
- Kelly, J.D.; Gepts, P.; Miklas, P.N.; Coyne, D.P. 2003. Tagging and mapping of genes and QTL and molecular marker-assisted selection for traits of economic importance in bean and cowpea. *Field Crop Res.* 82:135-154.
- Line, R.F. 2002. Stripe rust of wheat and barley in North America: a retrospective historical review. *Ann. Rev. Phytopathology* 40:75-118.
- Mackill, D.J.; Ni, J. 2000. Molecular mapping and marker-assisted selection for major-gene traits in rice. In: G.S. Khush, D.S. Brar; B. Hardy (eds). *Rice Genetics IV*.
- Matus, I.; Corey, A.; Filichkin, T.; Hayes, P.M.; Kling, J.; Sato, K.; W. Powell, W.; Waugh, R. 2003. Development and characterization of recombinant chromosomes substitution lines (RCSLs) using *Hordeum vulgare* subsp. *spontaneum* as a source of donor alleles in a *Hordeum vulgare* subsp. *vulgare* background (Genome aceptado 16/05/03)
- Melotto, M.; Afanador, L.; Kelly, J.D. 1996. Development of a SCAR marker linked to the I gene in common bean. *Genome* 39:1216-1219.
- Miklas, P.N.; Delorme, R.; Stone, V.; Daly, M.J.; Satavely, J.R.; Steadman, J.R.; Bassett, M.J.; Beaver, J.S. 2000a. Bacterial, fungal, virus disease loci mapped in a recombinant inbred common bean population (Dorado/Xan176"). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 125:476-481

- Miklas, P.N.; Larsen, R.C.; Riley, R.; Kelly, J.D. 2000b. Potential marker-assisted selection for *bc-l²* resistance to common mosaic potyvirus in common bean. *Euphytica* 116:211-219.
- Morishima, H. 2001. Evolution and domestication of rice. In: G.S. Khush, D.S. Brar; B. Hardy (eds). *Rice Genetics IV*.
- Paredes, O. M; Gepts, P. 1995. Extensive introgression of Middle American germplasm into Chilean bean cultivars. *Genet Res & Crop Evol* 42:29-41.
- Peng, J.H.; Fahima, T.; Roder, M.S.; Li, Y.C.; Dahan, A.; Grama, A.; Ronin, Y.I.; Korol, A.B.; Nevo, E. 1999. Microsatellite tagging of the stripe rust resistance gene *YrH52* derived from wild Emmer wheat, *Triticum dicoccoides*, and suggestive negative crossover interference on chromosome 1B. *Theor. Appl. Genet.* 98:862-872.
- Plaschke, J., Ganai, M.W.; Röder, M.S. 1995. Detection of genetic diversity in closely related bread wheat using microsatellite markers. *Theor. Appl. Genet.* 91: 1001-1007.
- Robert, O.; Abelard, C.; Dedryver, F. 1999. Identification of molecular markers for the detection of the yellow rust resistance gene *Yr17* in wheat. *Molecular Breeding* 5: 167-175
- Roder, M.S., Wendehake, K., Korzun, G., Bredemeijer, D., Laborie, L., Bertrand, P., Isaac, S., Rendell, J., Jackson, R.J., Cooke, B., Vosman, M.W., Ganai, M.W. 2002. Construction and analysis of a microsatellite-based database of European wheat varieties. *Theor. Appl. Genet.* 106:67-73
- Schauchermayr, G.; Siedler, H.; Gale, M.D.; Winzler, H.; Winzler, M.; Keller, B. 1994. Identification and localization of molecular markers linked to the *Lr9* leaf rust resistance gene of wheat. *Theor. Appl. Genet* 88:110-115.
- Smith, J.S.C.; and Smith, O.S. 1992. Fingerprinting crop varieties. *Advances in Agronomy* 47:85-140.
- Sorrells, M.E.; Wilson, W.A. 1997. Direct classification and selection of superior alleles for crop improvement. *Crop Sci.* 37: 691-697.
- Stepien, L.; Holubec, V.; Chelkowski, J. 2002. Resistance genes in wild accessions of *Triticeae* inoculation test and STS marker analysis. *J. Appl. Genet.* 43: 423-435.
- Strausbaugh, C.A.; Myers, J.R.; Forster, R.L.; Mc Clean, P.E. 1999. *bc-1* and *bc-u*- two loci controlling bean common mosaic virus resistance in common bean are linked. *J.Am. Soc. Hort. Sci.* 124:644-648.
- Tanksley, S.D.; Nelson, J.C. 1996. Advanced backcross QTL analysis: a method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. *Theor. Appl. Genet.* 92: 191-203.
- Tanksley, S.D.; Young, N.D.; Patterson, H.; Bonierbale, W. 1989. RFLP mapping in plant breeding-new tools for an old science. *Bio/Technology.* 7:257-264.
- Ware, D.; Stein, L. 2003. Comparison of genes among cereals. *Current Opinion in Plant Biology* 6:121-127.
- Xiao, J.; Li, J.; Yuan, L.; Tanksley, S.D. 1996. Identification of QTLs affecting traits of agronomic importance in a recombinant inbred population derived from subspecific rice cross. *Theor. Appl. Genet.* 92: 230-244.
- Yan, G.P.; Chen, X.M.; Line, R.F.; Wellings, C.R. 2003. Resistance gene-analog polymorphism markers co-segregating with the *Yr5* gene for resistance to wheat stripe rust. *Theor. Appl. Genet.* 106:636-643.

Yu, K.; Park, S.J.; Poysa, V.; Gepts, P. 2000. Integration of simple sequence repeat (SSR) markers into a molecular linkage map of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). The American Genetic Association 91: 429-434





SECCIÓN 3: DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

5.5. Coherencia de la propuesta con las actividades innovativas que los proponentes desean desarrollar en el corto plazo.

La coherencia de la propuesta con las actividades innovativas se basa en los siguientes puntos:

- Incentivo del uso de la biotecnología en el sector productivo:

A nivel nacional (Plan Nacional de Biotecnología)

Políticas del Ministerio de Agricultura (Una política de Estado para la Agricultura Chilena. Período 2000-2010).

A nivel regional, priorización de la aplicación de la biotecnología como un eje estratégico para el desarrollo de la VIII región (Plan de Desarrollo Regional).

A nivel institucional, Plan estratégico del INIA y CRI Quilamapu.

- Desarrollo de programas de mejoramiento genético activos de trigo arroz y poroto, responsables de la liberación de un alto porcentaje de las variedades mejoradas que se comercializan en el país.
- Formación de un grupo interdisciplinario para abordar la aplicación de algunas herramientas biotecnológicas al mejoramiento genético.
- Existencia de un laboratorio de biotecnología (análisis genético y micropropagación) con equipamiento adecuado para aplicar algunas técnicas moleculares, especialmente marcadores moleculares.
- Experiencia e información científica que indica que es posible utilizar algunas técnicas moleculares para abordar los problemas planteados.
- Disponibilidad de un grupo de expertos internacionales con un alto interés en apoyar este trabajo y de contrapartes chilenas que aseguren el éxito de la iniciativa.
- Disponibilidad de fondos de financiamiento dispuestos a financiar este tipo de proyectos.

Para el caso de arroz.

Esta propuesta se plantea como un complemento a los esfuerzos realizados por el Ministerio de Agricultura en el mejoramiento de la productividad del cultivo de arroz, como en la apertura de posibilidades de exportación de los productos actualmente producidos como nuevos productos. La presencia del experto internacional, contribuirá a la preparación de propuestas para abordar problemas específicos en el desarrollo de variedades de arroz como la incorporación de la biotecnología en este proceso productivo.

De acuerdo a los expertos internacionales contratados por el Ministerio de Agricultura y la Fundación Chile, el cultivo de arroz en Chile tiene grandes posibilidades de desarrollo, principalmente por las características de los ecosistemas en que se cultiva, lo que permite tener una productividad potencial muy alta (Chaudhary, 2003, Consultor Fundación Chile). Por otro lado, el investigador uruguayo Gonzalo Zorrilla (Consultor, Ministerio de Agricultura, 2003) indica que Chile tiene posibilidades de exportar arroz al mercado internacional lo que se puede lograr con la obtención de variedades con buena calidad demandada por el mercado y con una buena organización.

La gira a Australia demostró que con buenas variedades y un excelente manejo agronómico es posible tener altas productividades en este cultivo. Estas condiciones, suponen que en Chile debe haber una etapa de investigación y transferencia que requiere de inversión en el desarrollo de tecnología y buena difusión hacia los agroindustriales y agricultores arroceros.

El programa de arroz del INIA, está en condiciones de responder a estos desafíos ya que posee líneas experimentales que se encuentran en sus etapas finales, caracterizadas por su alta productividad y que se pueden transformar en futuras variedades, para ello es necesario su desarrollo final. También está disponible la tecnología básica de manejo, la que junto a la prueba de nuevas técnicas pueden llevar al cultivo a un importante nivel de productividad.

En el desarrollo de variedades de arroz, el INIA propone la incorporación de la biotecnología como una herramienta que puede contribuir a complementar las metodologías actualmente en uso, para mejorar la eficiencia de este proceso. En la transferencia de tecnología se propone incorporar, posteriormente una metodología que se denomina Evaluación y Chequeo del arroz, similar a la usada en Australia. Esta tecnología una vez adoptada por el agricultor, le permite hacer un manejo agronómico óptimo del cultivo durante todo su desarrollo y de esta forma obtener productividades que pueden superar las 7 t/ha.

De esta manera, Chile puede transformarse en un exportador de arroz, ya sea para el mercado internacional normal de arroz blanco, como para el mercado de arroces especiales, principalmente arroces de tipo glutinoso, aromático, de color y orgánico. Esto debe ir respaldado por la producción de variedades que apunten a la producción de este tipo de arroz, que sean de alta productividad, calidad y con potencial para competir en el mercado internacional. En este aspecto, el uso de algunas herramientas biotecnológicas en el programa de mejoramiento genético pueden ayudar significativamente a lograr este objetivo.



SECCIÓN 3: DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

3.6. Resultados o productos esperados con la realización de la propuesta

Los resultados esperados en esta actividad son:

1. Establecer y mantener contactos con expertos internacionales de alto nivel científico que usen técnicas biotecnológicas en genómica en trigo, arroz y poroto asociadas a programas de mejoramiento genético.
2. Iniciar y/o continuar trabajos en enfermedades fungosas en trigo, resistencia a frío y calidad en arroz y enfermedades virosas en poroto, que ayuden a mejorar la productividad, competitividad y rentabilidad futura de estas especies.
3. Formar un equipo técnico interdisciplinario a nivel regional, estable y competitivo, que permita abordar estos y otros problemas limitantes en los cultivos de importancia nacional y regional.
4. Establecer una red de contactos permanentes con productores y vendedores de semillas, agroindustriales, asociación de agricultores y agricultores que permitan ayudar a priorizar los problemas existentes y sean los beneficiarios directos de los resultados obtenidos.
5. Preparar proyectos para ser presentados posteriormente a los fondos concursables para obtener el financiamiento necesario para desarrollar las actividades propuestas.
6. Preparar y desarrollar un seminario de divulgación con los expertos internacionales que permitan dar a conocer el estado de avance de la aplicación de técnicas biotecnológicas en la producción de variedades y sobre la situación económica nacional e internacional del trigo, arroz, y poroto.



SECCIÓN 4: COMPROMISO DE TRANSFERENCIA

El compromiso de transferencia está radicado en la preparación y desarrollo de un seminario donde los expertos nacionales e internacionales abordarán:

- a) El estado de avance de las aplicaciones de la aplicación de algunas herramientas biotecnológicas en trigo, arroz y poroto y,
- b) La situación económica actual y futura de estos cultivos en el marco de la globalización y tratados de libre comercio.

Los invitados a este seminario serán autoridades políticas y técnicas, agricultores, agroindustriales, profesionales, técnicos y estudiantes relacionados con el sector agrícola.

Este seminario incluirá también una mesa redonda o presentación de ponencias de los agricultores, agroindustriales y vendedores de semillas donde podrán presentar sus problemas y aportar sus puntos de vista a los proyectos de la investigación que se plantean realizar.



Programa tentativo del Seminario

- 8:30-9:00 Inscripciones
9:00-9:15 Palabras de bienvenida Director CRI Quilamapu,
Directora Ejecutiva FIA
- 9:15-9:45 Principales desafíos comerciales del trigo, arroz y porotos en una
agricultura abierta. Hugo Martinez. ODEPA.
- Moderador: Viviana Becerra**
9:45-10:15 Situación del mejoramiento del poroto en Chile. Juan Tay
10:15-10:45 Caracterización del germoplasma de poroto chileno. Dr. Mario
Paredes
10:45-11:05 Aplicaciones de la biotecnología al mejoramiento del frejol. Dr. Paul
Gepts.
- 11:05-11:25 Café
- Moderador: Iván Matus**
11:35-12:00 Situación del mejoramiento del arroz en Chile. Roberto Alvarado
12:00-12:30 Caracterización de variedades de arroz. Viviana Becerra.
12:30- 13:00 Aplicaciones biotecnológicas al mejoramiento del arroz. Dr. Thomas
Tai.
- Tarde
- Moderador: Ricardo Madariaga**
14:30- 15:00 Mejoramiento de trigo en Chile. Mario Mellado
15:00-15:30 Aplicaciones biotecnológicas al mejoramiento de trigo. Dr. Oscar
Riera-Lizarazu
15:30- 16:00 Caracterización molecular de royas. Viviana Becerra
- 16:00-16:20 Café
- 16:20- 16:50 Aplicaciones biotecnológicas al estudio de royas. Dr. Manillal William
- Moderador Alvaro Vega**
16:50-17:35 Visión del comercio de variedades de arroz, trigo y poroto,
productores de semilla. Belfor Portilla.
Visión agroindustrial
Visión agricultores.
- 17:35-18:15 Conclusiones. Jorge González. Subdirector de I&D INIA Quilamapu



SECCIÓN 5: BENEFICIARIOS

Los principales beneficiarios de esta actividad serán:

En el corto plazo el INIA ya que:

- a) Podrá sentar las bases para la aplicación de nuevas tecnologías al mejoramiento genético.
- b) Permitirá establecer y consolidar nuevos contactos con profesionales de alto nivel científico, en el área de la biotecnología para formar redes de trabajo.
- c) Una mayor interacción con agricultores, agroindustriales y productores y vendedores de semillas.

En el mediano y largo plazo, los agricultores y agroindustriales de la región y del país ya que:

- a) La investigación realizada y la participación de los agentes productivos permitirá mejorar la productividad, competitividad y rentabilidad de estos cultivos.
- b) Permitirá poner en una perspectiva económica nacional e internacional la situación actual que están enfrentando estos cultivos y las posibles vías de cómo enfrentar los problemas.

El interés de los beneficiarios se manifiesta en las cartas de apoyo enviadas, que se adjuntan a la presente propuesta, por las siguientes Empresas y Organizaciones de Agricultores:

Asociación de Agricultores de Ñuble.
Asociación gremial de Arroceros de Parral.
Organización usuarios DIGUA, Parral.
Arrocera Tucapel, S.A.I.C.
Molino Fuentes S.A.
Compañía Molinera San Cristóbal.
Multiplicación Bio Semillas.
ANASAC.
Semillas Semenís Sudamerica S.A.





SECCIÓN 6: IMPACTOS ESPERADOS

Los impactos esperados con esta actividad se pueden resumir en:

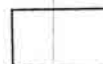
- a) Transferencia de conocimientos y tecnologías de los expertos internacionales a los expertos nacionales.
- b) Formación de equipos de trabajo entre los especialistas del INIA y fortalecimiento de las relaciones con el sector productivo.
- c) Ponerse a la vanguardia del conocimiento de la investigación y desarrollo en trigo, arroz y poroto, lo que permitirá a futuro un mayor contacto con expertos internacionales para realizar trabajos colaborativos.
- d) Desarrollo de un seminario de divulgación que permitirá elevar el nivel de conocimiento del uso de la biotecnología a diferentes estratos de la sociedad.
- e) Preparación de proyectos de investigación-desarrollo que permitirán abordar parte de los problemas limitantes que enfrentan estos tres cultivos.
- f) Incorporar estas tecnologías en la creación de variedades que aumenten la competitividad, y rentabilidad de estos cultivos.



SECCIÓN 7: PROGRAMA DE ACTIVIDADES

FECHA	LUGAR (Institución/ Empresa/Productor)	ACTIVIDAD	OBJETIVO	Nº y TIPO DE PARTICIPANTES	INFORMACIÓN A ENTREGAR
7-8dic	INIA Quilamapu	Viaje desde Estados Unidos y México a Chillán.	Asesoría aplicaciones de herramientas biotecnológicas al mejoramiento genético en trigo, arroz y poroto.	Cuatro expertos internacionales.	
9 dic	INIA Quilamapu	Viaje desde Santiago a Chillán.	Presentación charla seminario. Situación económica y comercial de trigo, arroz y poroto.	Experto nacional área económica y comercial	Información escrita y oral
9 dic	INIA Quilamapu	Reunión de expertos internacionales y nacionales.	Discutir y revisar las propuestas chilena.	Investigadores chilenos y extranjeros	Informa escrita y oral
10- dic	INIA Quilamapu	Seminario público.	Discutir los principales problemas que enfrentan estos cultivos desde el punto de vista técnico y económico. Avances de la investigación en INIA. Revisar el estado actual de las aplicaciones de herramientas biotecnológicas y propuestas de aplicación en el mejoramiento genético de trigo, arroz y poroto.	Autoridades,agricultores industriales, profesionales, técnicos, y estudiantes.	Carpeta con el resumen de las charlas y/o ponencias. Preparación de un documento con las ponencias <i>in extenso</i> (entrega posterior)





11-12 dic.	INIA Quilamapu	Preparación de proyectos a presentar en fondos concursables	Determinar y buscar soluciones a problemas productivos detectados. Obtener financiamiento para realizar el trabajo programado	Investigadores chilenos y extranjeros	Presentación de proyectos a fondos concursables
13-14 dic.	INIA Quilamapu	Regreso desde Chillán a Estados Unidos, y México.		Expertos internacionales	
10 dic.	INIA Quilamapu	Regreso desde Chillán a Santiago.		Experto nacional en economía y comercialización	





DETALLE Y ANTECEDENTES ADICIONALES DE LOS GASTOS DESTACADOS

1. Consultores Internacionales

Alojamiento de Consultores.

Valor: \$ 26.000 por noche. Cotización Hotel Isabel Riquelme.

Cantidad de noches: 7 noches por Consultor x 4 Consultores = 28 noches.

Nota: Probablemente alguna de esas noches se pagará a algún Hotel de Santiago, de acuerdo a los horarios de los viajes de los Consultores.

Viático alimentación de Consultores.

El concepto viático se refiere a las alimentaciones de los Consultores, sin contemplar alojamiento.

Valor: \$ 44.000 por día.

Cantidad de días: 7 días por Consultor x 4 Consultores = 28 días.

Nota: Considerando el valor de alojamiento y alimentación, el valor del "viático sumado" es de US\$ 100 por día. Valor referencial para consultor internacional.

Valor del dólar de la fecha de formulación del proyecto fue de: 700 (\$/US\$)

2. Consultor Nacional.

Consultor Nacional. Sr. Hugo Martínez. ODEPA.

Alojamiento: \$ 26.000 por 2 noches en Hotel Isabel Riquelme.

Viático alimentación: \$ 30.000 por un día. Se contempla cena día anterior a seminario, almuerzo y cena día de Seminario.

3. Gastos Generales

- Disponibilidad de oficinas o sala de trabajo para los Consultores internacionales: \$ 150.000.
- Difusión del Seminario. Preparación invitaciones y despacho de invitaciones por correo: \$ 40.000.
- Material de Oficina: \$ 50.000.
- Movilización Consultores: \$ 60.000.



DETALLE Y ANTECEDENTES ADICIONALES DE LOS GASTOS DESTACADOS

1. Consultores Internacionales

Alojamiento de Consultores.

Valor: \$ 26.000 por noche. Cotización Hotel Isabel Riquelme.

Cantidad de noches: 7 noches por Consultor x 4 Consultores = 28 noches.

Nota: Probablemente alguna de esas noches se pagará a algún Hotel de Santiago, de acuerdo a los horarios de los viajes de los Consultores.

Viático alimentación de Consultores.

El concepto viático se refiere a las alimentaciones de los Consultores, sin contemplar alojamiento.

Valor: \$ 44.000 por día.

Cantidad de días: 7 días por Consultor x 4 Consultores = 28 días.

Nota: Considerando el valor de alojamiento y alimentación, el valor del "viático sumado" es de US\$ 100 por día. Valor referencial para consultor internacional.

Valor del dólar de la fecha de formulación del proyecto fue de: 700 (\$/US\$)

2. Consultor Nacional.

Consultor Nacional. Sr. Hugo Martínez. ODEPA.

Alojamiento: \$ 26.000 por 2 noches en Hotel Isabel Riquelme.

Viático alimentación: \$ 30.000 por un día. Se contempla cena día anterior a seminario, almuerzo y cena día de Seminario.

3. Gastos Generales

- Disponibilidad de oficinas o sala de trabajo para los Consultores internacionales: \$ 150.000.
- Difusión del Seminario. Preparación invitaciones y despacho de invitaciones por correo: \$ 40.000.
- Material de Oficina: \$ 50.000.
- Movilización Consultores: \$ 60.000.



ANEXO 1: CURRICULUM VITAE
CONSULTOR(ES)





- trait loci alleles from the wild rice relative *Oryza rufipogon*. In J.N. Rutger, J.F. Robinson, and R.H. Dilday (ed.) Proc. Int. Symp. on Rice Germplasm Evaluation and Enhancement. Arkansas Agric. Experiment Stn. 195:108-114.
- Tai, T. and B. J. Staskawicz. 2000. Construction of a yeast artificial chromosome library of pepper (*Capsicum annuum* L.) and identification of clones from the *Bs2* resistance locus. Theor. Appl. Genet. 100:112-117.
- Tai, T., D. Dahlbeck, W. Gassmann, O. Chesnokova, M. Whalen, E. Clark, M. B. Mudgett, and B. Staskawicz. 2000. Molecular characterization of the *avrBs2* gene of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* and the *Bs2* gene of pepper, pp. 223-26. In P.J.G.M. De Wit, T. Bisseling, and W.J. Stiekema (ed.) Biology of Plant-Microbe Interactions Vol. 2. Proc. 9th Int. Congress on Molecular Plant-Microbe Interactions, Amsterdam, the Netherlands, July 25-30, 1999. Int. Society for Molecular Plant Microbe Interactions, St. Paul, MN, USA.
- Moldenhauer, K. A. K., J. W. Gibbons, F. N. Lee, R. J. Norman, J. L. Bernhardt, M. A. Anders, C. E. Wilson, N. A. Slaton, J. N. Rutger, T. Tai, R. Bryant, M. M. Blocker, and A. C. Tolbert. 2000. Breeding and evaluation for improved rice varieties – the Arkansas rice breeding and development program. In R. J. Norman and J.-F. Meullenet (ed.) Rice Research Studies, Arkansas Agric. Experiment Stn. 485: 20-26. (Technical Bulletin).
- Staskawicz, B. J., D. Dahlbeck, and T. H. Tai. *Bs2* Resistance Gene. U.S. Patent 6,262,343 B1. Date Issued: 17 July 2001. (Patent).
- McCouch S. R., M. J. Thomson, E. M. Septiningsih, P. Moncada, J. Li, J. Xiao, C. Martinez, J. Tohme, S. Moelopoawiro, L. P. Yuan, A. McClung, T. Tai, E. Guimaraes, H. P. Moon, and S. N. Ahn. 2001. Wild QTLs for Rice Improvement, pp 151-169. In W. Rockwood (ed.) Proc. of the Chandler Symposium: Rice Research and Production in the 21st Century, IRRI, the Philippines, June 15-17, 2000. International Rice Research Institute, the Philippines.
- Gealy, D. R., T. H. Tai, and C. Sneller. 2002. Identification of red rice, rice, and hybrid populations using microsatellite markers. Weed Sci. 50:333-339.
- Tai, T.H. 2003. Rice Biotechnology. p. 203-219. In C.W. Smith and R.H. Dilday (ed.) Rice: Origin, History, Technology, and Production. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ.
- Thomson, M.J., Tai, T.H., McClung, A.M., Lai, X.H., Hinga, M.E., Lobos, K.B., Xu, Y., Martinez, C.P., McCouch, S.R. 2003. Mapping quantitative trait loci for yield, yield components and morphological traits in an advanced backcross population between *Oryza rufipogon* and the *Oryza sativa* cultivar Jefferson. Theor. Appl. Genet. 107: 479-493.
- Santra, D.K., Sandhu, D., Tai, T. Bhattacharyya, M.K. Construction and characterization of a soybean yeast artificial chromosome library and identification of clones for the *Rps6* region. Funct. Integr. Genomics (accepted June 8, 2003).
- Septiningsih, E.M., Prasetyono, J., Lubis, E., Tai, T.H., Tjubaryat, T., Moeljopawiro, S., McCouch, S.R. Identification of quantitative trait loci for yield and yield components in an advanced backcross population derived from the *Oryza sativa* variety IR64 and the wild relative *O. rufipogon*. Theor. Appl. Genet. (accepted July 11, 2003).

CURRICULUM VITAE

HUGO MARTINEZ T.

INFORMACIÓN PERSONAL

Nacionalidad : Chilena
Fecha de nacimiento : 6 de Septiembre de 1963
Dirección particular : Camino La Fuente N° 1202 Las Condes
Fono particular : 2141204
Fono oficina : 3973015

EDUCACIÓN

1984 – 1991 : Universidad de Chile, Facultad de Agronomía y Ciencias Forestales. Agronomía. Titulado con distinción máxima.
Grado académico: Licenciado en Ciencias Agropecuarias.
Título Profesional: Ingeniero Agrónomo.

EXPERIENCIA PROFESIONAL

Desde 2000 a la fecha : Jefe del Departamento de Política Agraria de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura – Chile.

1998 – 2000 : Jefe de la Unidad de Desarrollo Sustentable de la Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA), Ministerio de Agricultura – Chile.

1995 – 1998 : Analista del sector forestal, agrario, ganadero y pesquero. Departamento de Inversiones. Ministerio de Planificación y Cooperación. Santiago – Chile

1991 – 1994 : Investigador. Responsable del proyecto "Metodologías de caracterización, diseño y evaluación de impacto ambiental de sistemas de producción campesinos". Chillán, VIII Región, Chile. Grupo de Investigaciones Agrarias (GIA).





CONSULTORIAS

1996: Asociación de Productores de Vino, Valle Casablanca. Evaluación del impacto económico en el valle de la instalación de una planta incineradora de residuos hospitalarios. Informe presentado a la Comisión Regional del Medio Ambiente de la V Región – Santiago – Septiembre 1996.

1994 – 1995: Jefe del Proyecto “Estrategias de Desarrollo Agrario de las Areas de la IX Región”. Consorcio SODECAM-IPREN. Temuco – Septiembre 1994 a Mayo 1995. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP).

1993 – 1994: Consultor en el Proyecto “Estrategias de Desarrollo Agrario de las Areas de la X Región”. Consorcio INIA-GIA-CIREN. Osorno – Noviembre 1993 a Mayo 1994. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP).

1993: Consultor en el proyecto “ Estudio de factibilidad para la compra-venta de granos de leguminosas para productores campesinos de la VIII Región de Chile”. Grupo de Investigaciones Agrarias (GIA). Chillán – Septiembre a Octubre 1993. Instituto de Desarrollo Agropecuario – INDAP.

1992: Consultor en el proyecto “Estrategias de Desarrollo Agrario para la VIII Región del Bío Bío”, responsable del análisis económico de las propuestas de desarrollo. Instituto de Desarrollo Agropecuario (INDAP).

PRINCIPALES ACTIVIDADES DOCENTES

1998 - 2000 : Profesor de “Evaluación de Proyectos”. Universidad de Santiago – Facultad de Administración y Economía, Escuela de Administración Pública. Marzo 1998 a Agosto 2000.

1998: Conferencista en cursos de Evaluación de Proyectos Agrícolas y Ganaderos. Colegio de Ingenieros Agrónomos – Expositor de “Evaluación Social de Proyectos”. Santiago - 1998.

1997: Conferencista en curso regional “Preparación y evaluación de proyectos”. MIDEPLAN – ILPES. Dirigido a profesionales del sector público de la IX Región. Temuco – Septiembre 1997.





1997: Conferencista en curso regional "Preparación y evaluación de proyectos". MIDEPLAN – ILPES. Dirigido a profesionales del sector público de la III Región. Copiapó – Octubre 1997.

PRINCIPALES CURSOS DE POST-TITULO

2002 Economic Research Service. United States Department of Agriculture. Entrenamiento en Análisis de Cadenas Agroalimentarias. Washington y Davis. Estados Unidos de Norteamérica. 15 al 27 de marzo, 2002.

1999: Instituto de Promoción Rural (INFRA). Ministerio de Desarrollo Rural de Malasia. Curso Internacional de "Estrategias apropiadas para la mitigación de la pobreza rural y Desarrollo Sustentable. Kuala Lumpur, Malasia. 10 al 23 de Octubre 1999.

1999: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económica y Social (ILPES). III Curso Internacional en "Preparación, Evaluación y Gestión de Proyectos de Desarrollo Local". Santiago-Chile. Septiembre a Octubre 1996.

PARTICIPACION EN SEMINARIOS Y CONGRESOS

- Presentación del trabajo "Evaluación de conflictos entre sustentabilidad y rentabilidad de sistemas de producción campesinos" al Seminario Regional para promoción de sistemas de producción agraria sustentable para el sector campesino de Los Andes centrales. FAO-CIP-ILICA-UNEP-CONDESAN. Quito-Ecuador. Enero 1996.
- Presentación del trabajo "Sustentabilidad de Sistemas de Producción Campesinos en zonas de ladera de la Provincia de Ñuble" al 5º Encuentro científico sobre Medio ambiente organizado por el "Centro de Planeamiento e Investigación Medioambiental" (CIPMA) Temuco – Chile. Agosto 1995.
- Presentación del trabajo "Captura de información dinámica: comparación entre el seguimiento quincenal y la entrevista semiestructurada en profundidad" al Simposio Internacional Sistemas de investigación en agricultura y desarrollo rural. Montpellier-Francia. 21 al 25 de Noviembre 1994.
- Presentación del trabajo "Efectos del manejo del suelo de una pradera mediterránea anual en su reserva de semillas". 42º Congreso de Agronomía, Sociedad de Agronomía de Chile. Chillán. Noviembre 1994.
- Efectos del manejo de una pradera mediterránea anual en su reserva de semillas". Sociedad Chilena de Producción Animal (SOCHIPA). Valdivia: Octubre 1991.





PUBLICACIONES

- Agüero, T.; Martínez, H. 2000. Recursos Genéticos terrestres nativos de Chile: Una propuesta para su conservación y uso sustentable. Temporada Agrícola N°15 pag. 133-147.
- Agüero, T.; Martínez, H.; Sotomayor, O. 1999. Organismos modificados genéticamente: perspectivas y situación chilena. Temporada Agrícola N° 14 Pag. 139-151 ODEPA.
- Ramírez, E.; Martínez, H. 1995. Evaluación de sustentabilidad de sistemas de producción campesina en relación con la erosión del terreno. Operacionalización del concepto de sistemas de producción sostenibles. Berdegú y Ramírez. RIMISP pag. 39 – 65.
- Ramírez, E.; Martínez, H.; Mora, L. 1995. " Captura de información dinámica: comparación entre el seguimiento quincenal y la entrevista semiestructurada en profundidad. En investigación con enfoque de sistemas en la agricultura y el desarrollo rural. RIMISP pag. 181 – 188.
- De la Cuadra; F.; Martínez, H.; Segure, P. 1991. Aspectos legales de organizaciones campesinas. GIA. Serie Líderes N° 6 pag. 94.

