



Washington, D.C. 20577

LEGIII/FTG-851308-06

exp. 020070-000194-07

Señor
Decano
Fernando García Prechac
Facultad de Agronomía
Universidad de la República
Avenida Garzón 780, Montevideo 12900
Uruguay
Tel.: 598-2-3595478
Fax: 598-2-3542052

Ref.: Programa Cooperativo para el Fondo Regional de
Tecnología Agropecuaria: FTG/RF-0617-RG.
"Identificación y Utilización de Resistencia Durable a
Enfermedades de Cebada en América Latina".

Estimado Sr. García:

Este convenio, en adelante denominado el "Convenio", entre la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República, (en adelante denominada la "Facultad"), y el Banco Interamericano de Desarrollo, en su calidad de administrador y depositario de los recursos del Programa Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, (en adelante denominado el "Banco" o el "Administrador"), tiene el propósito de formalizar los términos y las condiciones para el otorgamiento de un financiamiento no reembolsable a la Facultad hasta por la suma de cuatrocientos ochenta y cuatro mil quinientos dólares de los Estados Unidos de América (US\$484.500), en adelante denominada la "Contribución", que se desembolsará con cargo a los ingresos netos del Programa Cooperativo del Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, en adelante denominado "FONTAGRO". Los recursos de la Contribución serán utilizados para la contratación de servicios y la adquisición de bienes para apoyar el Proyecto "Identificación y Utilización de Resistencia Durable a Enfermedades de Cebada en América Latina", en adelante denominado el "Proyecto" que se describe en el Anexo Único de este Convenio. Salvo que en este Convenio se exprese lo contrario, en adelante el término "dólares", significa la moneda de curso legal en los Estados Unidos de América.

Este Convenio se celebra en virtud del acuerdo por medio del cual se establece el Programa Cooperativo para el Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria, suscrito el 15 de marzo de 1998, entre los países Participantes del Programa; y del Convenio de Administración de dicho Programa, en adelante denominado el "Convenio de Administración", suscrito también el 15 de marzo de 1998 entre los países Participantes del Programa y el Banco, y sus enmiendas del 7 de octubre de 1999, 19 de septiembre de 2002 y 30 de septiembre de 2005, respectivamente.

FTG/RF-0617-RG

La Facultad y el Banco convienen lo siguiente:

Primero. Partes integrantes del Convenio. Este Convenio está integrado por esta primera parte denominada las "Estipulaciones Especiales"; una segunda parte, denominada las "Normas Generales"; y el Anexo Único. En el Artículo 1 de las Normas Generales se establece la primacía entre las referidas partes y el Anexo Único.

Segundo. Organismo Ejecutor y Organismos Sub-Ejecutores. (a) Las partes acuerdan que la ejecución del Proyecto y la utilización de los recursos de la Contribución serán llevados a cabo por la Facultad, en adelante también denominada el "Organismo Ejecutor". El Organismo Ejecutor deja constancia de su capacidad legal y financiera para actuar como tal y se compromete a cumplir con todas las disposiciones estipuladas en el presente Convenio.

(b) Para la ejecución de las actividades de investigación previstas en el Proyecto, el Organismo Ejecutor actuará en colaboración con las siguientes entidades: la Organización ICARDA/CIMMYT de México, la Universidad Cayetano Heredia de Perú y el Instituto de Investigación Agropecuarias (INIA-CL) de Uruguay, en adelante denominados los "Organismos Sub-Ejecutores". El Organismo Ejecutor deja constancia de la capacidad legal y financiera de los Organismos Sub-Ejecutores para actuar como tal, y se compromete a traspasar a los Organismos Sub-Ejecutores los recursos de la Contribución necesarios para la realización de las tareas de investigación acordadas, y a asegurar que éstos cumplirán con todas las obligaciones que se deriven del presente Convenio.

Tercero. Administración, supervisión y seguimiento. El Banco, a través de la Secretaría Técnica-Administrativa del FONTAGRO, en adelante denominada la "Secretaría Técnica", estará encargado del seguimiento técnico administrativo del Proyecto. En tal sentido, las referencias al Administrador deberán entenderse como referencias a la Secretaria Técnica-Administrativa.

Cuarto. Condiciones previas al primer desembolso. El primer desembolso de los recursos de la Contribución está condicionado a que el Organismo Ejecutor haya cumplido, a satisfacción del Administrador, y en adición a, las condiciones previas estipuladas en el Artículo 2 de las Normas Generales, los siguientes requisitos:

(a) Que el Organismo Ejecutor haya presentado al Administrador, y éste haya aprobado, el Plan de Operativo Anual (POA) correspondiente al primer año de ejecución del Proyecto.

(b) Que el Organismo Ejecutor asigne una cuenta bancaria para el manejo de los recursos de la Contribución.

Quinto. Condiciones Especiales de Ejecución. Una vez recibidos los recursos correspondientes al primer desembolso de la Contribución, el Organismos Ejecutor deberá firmar un convenio de cooperación, aceptable por el Administrador, con cada una de las entidades a que hace

referencia el inciso (b) de la cláusula anterior, como condición para la participación de las referidas entidades en la ejecución del Proyecto. El Organismo Ejecutor solo podrá transferir los recursos de la Contribución a cada uno de los Organismos Sub-Ejecutores del Proyecto, una vez que dicha entidad haya suscrito el convenio de cooperación antes referido.

Sexto. Desembolsos. Los recursos de la Contribución serán desembolsados de conformidad con el siguiente cronograma de desembolsos:

- (a) El veinte por ciento (20%) de los recursos de la Contribución podrán ser desembolsados, una vez el Organismo Ejecutor haya cumplido con las condiciones previas al primer desembolso.
- (b) El quince por ciento (15%) a los seis (6) meses de la fecha de la firma de este Convenio previa recepción, a satisfacción del Administrador, de la justificación de los gastos incurridos.
- (c) El treinta y cinco por ciento (35%) a los doce (12) meses de la fecha de la firma de este Convenio, previa recepción, a satisfacción del Administrador, del primer informe de seguimiento técnico y financiero a que se refiere el inciso (a) de la Cláusula Decimocuarta de este Convenio.
- (d) El veinte por ciento (20%) a los veinticuatro (24) meses de la fecha de la firma de este Convenio, previa recepción, a satisfacción del Administrador, del segundo informe de seguimiento técnico y financiero a que se refiere el inciso (a) de la Cláusula Decimocuarta de este Convenio.
- (e) El diez por ciento (10%) restante de los recursos de la Contribución, una vez que el Organismo Ejecutor haya presentado, a satisfacción del Administrador, el informe técnico final del Proyecto a que se refiere el inciso (b) de la Cláusula Decimocuarta y la justificación de la totalidad de los gastos del Proyecto.

Séptimo. Reembolso de gastos. Con la aceptación del Administrador se podrán utilizar recursos de la Contribución para rembolsar gastos elegibles efectuados en el Proyecto a partir del 6 de octubre de 2006, fecha en la que el Consejo Directivo de FONTAGRO aprobó la financiación de este Proyecto, y hasta la fecha de firma del presente Convenio, siempre que se hayan cumplido requisitos sustancialmente análogos a los establecidos en este mismo instrumento.

Octavo. Plazos. (a) El plazo para la ejecución del Proyecto será de treinta y seis (36) meses, contado a partir de la fecha de vigencia de este Convenio.

(b) El plazo para el último desembolso de los recursos de la Contribución será de cuarenta y dos (42) meses, contado a partir de esa misma fecha. Cualquier parte de la Contribución no utilizada dentro de este plazo será cancelada.

(c) Los plazos indicados anteriormente y otros que se establezcan en este Convenio sólo podrán ser ampliados, por razones justificadas, con el consentimiento escrito del Administrador.

Noveno. Monedas para los desembolsos. Los recursos de la Contribución serán desembolsados en dólares de los Estados Unidos provenientes de los ingresos netos del FONTAGRO. El Administrador, aplicando la tasa de cambio indicada en el Artículo 7 de las Normas Generales, podrá convertir dicha moneda convertible en otras monedas, incluyendo moneda local.

Décimo. Costo total. (a) El Organismo Ejecutor se compromete a realizar oportunamente, los aportes de contrapartida que se requieran, en adelante el "Aporte", en adición a la Contribución, para la completa e ininterrumpida ejecución del Proyecto. A estos efectos el Organismo Ejecutor podrá contabilizar como parte del Aporte, las contribuciones que efectúen los Organismos Sub-Ejecutores que se indican en la el inciso (b) de la Cláusula segunda. El monto total del Aporte se estima en el equivalente de quinientos cincuenta y cinco mil setecientos sesenta dólares (US\$555.760), con el fin de completar la suma equivalente a un millón cuarenta mil doscientos sesenta dólares (US\$1.040.260), en que se estima el costo total del Proyecto.

(b) El Aporte se destinará a financiar las categorías que se establecen en el presupuesto del Proyecto que aparece en le Anexo Único de este Convenio.

Undécimo. Uso de la Contribución. (a) Los recursos de la Contribución serán utilizados para la adquisición de bienes y servicios de conformidad con este Convenio, las políticas del Administrador, y los manuales operativos del FONTAGRO, para llevar a cabo las actividades que se describen en el Anexo Único. En caso de contradicción entre estos últimos, prevalecerán, en su orden, las disposiciones establecidas en el presente Convenio, los manuales Operativos del FONTAGRO, y las políticas del Administrador.

Duodécimo. Selección y contratación de consultores. (a) La selección y contratación de consultores deberán ser llevadas a cabo de conformidad con las disposiciones establecidas en el Documento GN-2350-7 ("Políticas para la selección y contratación de consultores financiados por el Administrador Interamericano de Desarrollo"), de fecha julio de 2006 (en adelante denominado las "Políticas de Consultores"), que el Organismo Ejecutor declara conocer y por la siguientes disposiciones:

(b) El Organismo Ejecutor y los Sub-Ejecutores llevarán a cabo la contratación de los consultores de conformidad con lo previsto en la presente Cláusula, a cuyo efecto elaborarán los planes de trabajo, términos de referencia y contratos correspondientes y los remitirán al Administrador para su información. El Administrador ejercerá la revisión ex post de los contratos de consultoría.

(c) Cuando se trate de la contratación de firmas consultoras, el Organismo Ejecutor podrá utilizar cualesquiera de los métodos previstos en los Capítulos II y III de las Políticas de Consultores, en especial lo previsto en los párrafos 3.7 al 3.21. El método de Selección Basada en las Calificaciones de los Consultores (SCC) se podrá utilizar para servicios menores para los cuales no se justifica ni la preparación ni la evaluación de propuestas competitivas. En tales casos, el Organismo Ejecutor o Sub Ejecutor preparará los términos de referencia (TR), solicitará expresiones de interés e información sobre la experiencia y la competencia de los consultores en lo que respecta al trabajo, confeccionará una lista corta y seleccionará a la firma que tenga las calificaciones y las referencias más apropiadas. Se pedirá a la firma seleccionada que presente una propuesta técnica conjuntamente con una propuesta de precio y se la invitará luego a negociar el contrato. El método de Selección Directa (SD) solo podrá utilizarse en casos excepcionales y previa no objeción del Administrador, tales como: (i) en el caso de servicios que constituyen una continuación natural de servicios realizados anteriormente por la misma firma y para el cual dicha firma fue seleccionada competitivamente; (ii) si se trata de operaciones de emergencia tales como en respuesta a desastres naturales y de servicios de consultoría necesarios por el plazo de tiempo inmediato después de la emergencia; (iii) para servicios muy pequeños; o (iv) cuando solamente una firma está calificada o tiene experiencia de valor excepcional para los servicios.

(d) Cuando se trate de la contratación de consultores individuales, el Organismo Ejecutor podrá utilizar cualquiera de los métodos previstos en el Capítulo V de la referida Política. La selección se hará teniendo en cuenta las calificaciones de los consultores para realizar el trabajo. No se requerirá licitación y los consultores no necesitarán presentar propuestas. Se podrán seleccionar sobre la base de la comparación de las calificaciones de por lo menos tres (3) candidatos entre quienes hayan expresado interés en el trabajo, o bien hayan sido contactados directamente por el Ejecutor. Las personas consideradas en la comparación de calificaciones deben cumplir con las calificaciones mínimas pertinentes y los que se seleccionen para ser contratados por el Organismo Ejecutor y los Sub-Ejecutores deben ser los mejor calificados y deben ser plenamente capaces de realizar el trabajo. La capacidad de los consultores se juzgará sobre la base de sus antecedentes académicos, su experiencia y, si corresponde, su conocimiento de las condiciones locales, como el idioma, la cultura, el sistema administrativo y la organización del sector. El método de Selección Directa solo podrá utilizarse en casos excepcionales y previa no-objeción del Administrador, tales como: (i) servicios que son una continuación de un trabajo previo que el consultor ha desempeñado y para el cual el consultor fue seleccionado competitivamente; (ii) servicios cuya duración total estimada sea igual o menor de seis meses; (iii) en situaciones de emergencia como ser el resultado de desastres naturales; y (iv) cuando la persona es la única calificada para la tarea.

Decimotercero. Adquisición de bienes y servicios. (a) La adquisición de bienes y servicios (diferentes a los de consultores) se llevará a cabo de conformidad con las disposiciones establecidas en el Documento GN-2349-7 ("Políticas para la adquisición de obras y bienes financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo"), de julio de 2006, en adelante denominado las "Políticas de Adquisiciones", que el Organismo Ejecutor declara conocer y, en particular, por la siguiente disposición:

(b) El Organismo Ejecutor podrá utilizar cualesquiera de los métodos previstos en el Capítulo III de las Políticas dependiendo del tipo de adquisición o contratación que se trate. Asimismo, el Organismo Ejecutor podrá utilizar el método de Comparación de Precios (CP) se basará en la obtención de cotizaciones de precios de diversos proveedores o de varios contratistas (en el caso de obra pública), con un mínimo de tres, con el objeto de obtener precios competitivos. La CP podrá ser el método para adquirir bienes en existencia, fáciles de obtener, o productos a granel con especificaciones estándar y pequeño valor o trabajos sencillos de obra civil y pequeño valor. La solicitud de cotización de precios deberá incluir una descripción y la cantidad de los bienes o las especificaciones del contrato, así como el plazo (o fecha de terminación) y lugar de entrega requerido. Las cotizaciones podrán presentarse por carta, fax o medios electrónicos. Para la evaluación de las cotizaciones el comprador deberá seguir los mismos principios que aplican para las licitaciones públicas. Los términos de la oferta aceptada deben incorporarse en una orden de compra o en un contrato simplificado. El Organismo Ejecutor y Sub-Ejecutores enviarán a la Secretaría, para información, la justificación de la compra, al menos tres cotizaciones y el precio pagado.

(c) El método de Selección Directa (SD) solo podrá utilizarse en casos excepcionales y previa no-objeción del Administrador, tales como: (i) un contrato existente para la ejecución de obras o el suministro de bienes, adjudicado de conformidad con procedimientos aceptables para el Administrador, puede ampliarse para incluir bienes u obras adicionales de carácter similar; (ii) la estandarización de equipo o de repuestos, con fines de compatibilidad con el equipo existente; (iii) el equipo requerido es patentado o de marca registrada y puede obtenerse de una sola fuente; (iv) el contratista responsable del diseño de un proceso exige la compra de elementos críticos de un proveedor determinado como condición de mantener su garantía de cumplimiento; y (v) en casos excepcionales, tales como en respuesta a desastres naturales.

Decimocuarto. Informes. El Organismo Ejecutor se compromete a presentar, a satisfacción del Administrador, los siguientes informes:

(a) Durante la ejecución del Proyecto, y dentro de los plazos respectivamente de doce (12) meses y veinticuatro (24) meses, contados a partir de la fecha de la firma de este Convenio, un informe de seguimiento técnico anual (ISTA) que describa las actividades desarrolladas de acuerdo con el cronograma contenido en el Anexo Único, los principales resultados obtenidos en relación con los objetivos y metas del Proyecto, incluyendo información sobre la ejecución del presupuesto de cada proyecto y/o actividad de investigación;

(b) Dentro del plazo de tres (3) meses, contado a partir de la fecha del vencimiento del plazo de ejecución del Proyecto, un informe técnico final que describa los aspectos más relevantes de los proyectos de investigación, principales resultados e impactos esperados, incluyendo la justificación de la totalidad de los gastos incurridos con recursos de la Contribución; y

(c) Dentro del plazo de tres (3) meses de la fecha del ultimo desembolso, un informe financiero final auditado que contenga los gastos incurridos en la ejecución del Proyecto que hayan sido financiados con recursos de la Contribución y del Aporte.

Decimoquinto. Productos del Proyecto y Derechos de Propiedad Intelectual. (a) Las partes acuerdan que, toda información resultante de la ejecución de los proyectos de investigación financiados con cargo a los recursos de la Contribución, podrá ser empleada por los países miembros del FONTAGRO. El Organismo Ejecutor, los Organismos Sub-Ejecutores, los países miembros del Programa y el Administrador podrán emplear dicha información para ser presentada en congresos y reuniones técnicas, y publicadas en revistas y periódicos especializados o documentos institucionales, siempre que esté explícitamente establecido que el correspondiente proyecto de investigación ha sido financiado con cargo a los recursos del FONTAGRO.

(b) Las partes acuerdan que los Organismos Sub-Ejecutores deberán informar al Organismo Ejecutor y al Administrador, dentro del plazo tres meses, contados a partir desde la fecha de la firma del presente convenio, si se prevé o no la existencia de productos o subproductos o procesos, con valor económico, que puedan ser apropiados, patentados o comercializados como consecuencia directa o indirecta del financiamiento del Proyecto.

(c) Cuando existan resultados de la naturaleza a que se refiere el inciso (b) anterior, y con el fin de evitar la apropiación y/o uso por terceros, incluidas instituciones o países miembros del FONTAGRO, el Organismo Ejecutor, con la aceptación del Administrador, iniciará las gestiones pertinentes de apropiación. El Administrador asesorará a dichas instituciones en todo lo concerniente al establecimiento de cualquier tipo de protección de propiedad intelectual. Para el caso de que la comercialización de dichos resultados genere beneficios económicos, los mismos deberán ser distribuidos de la siguiente manera: un tercio será transferido al fondo de capital del FONTAGRO, y los dos tercios restantes se distribuirán entre el Organismos Ejecutores y los Sub-Ejecutores en proporción al monto del co-financiamiento que dichas instituciones hubieren aportado para la ejecución del Proyecto.

(d) Los costos relacionados con el establecimiento de la protección por parte del Organismo Ejecutor, podrá deducirse del tercio de los beneficios que se transfieran al fondo del FONTAGRO.

(e) El Organismo Ejecutor y los Organismos Sub-Ejecutores se comprometen a conservar, mantener y publicar los resultados generados por el Proyecto en su propia página de Internet. Asimismo, se comprometen a suministrar dichos resultados al Administrador, en los formatos solicitados por la misma, con el fin de ponerlos en forma integral a disposición de la comunidad científica y resaltando así los logros y los impactos logrados con los recursos de la Contribución.

Decimosexto. Estados financieros. El Organismo Ejecutor se compromete a presentar los estados financieros del Proyecto debidamente auditados de acuerdo a lo dispuesto en el inciso (b) del Artículo 11 de las Normas Generales. El costo relacionado con la auditoría podrá ser financiado con cargo a los recursos de la Contribución. En el caso de que los costos de la auditoría no puedan ser financiados con los recursos de la Contribución estos serán cubiertos con los recursos del Administrador.

Decimoséptimo. Validez. Los derechos y obligaciones establecidos en este Convenio son válidos y exigibles de conformidad con los términos en él convenidos, sin relación a la legislación de país determinado.

Decimooctavo. Disponibilidad de información. El Organismo Ejecutor y los Sub-Ejecutores se comprometen a comunicar al Banco, por escrito, dentro de un plazo máximo de diez (10) días hábiles, contados a partir de la fecha de suscripción del presente Convenio, si consideran alguna parte de este Convenio como confidencial o delicada, o que pueda afectar negativamente las relaciones entre el Organismo Ejecutor, los Organismos Sub-Ejecutores y el Administrador o entre éste y sus clientes del sector privado, en cuyo caso el Organismo Ejecutor, los Organismos Sub-Ejecutores y el Administrador se comprometen a señalar las disposiciones consideradas como tales. De conformidad con la política sobre disponibilidad de información del Administrador, éste procederá a poner a disposición del público el texto del presente Convenio, una vez que el mismo haya sido suscrito y haya entrado en vigencia, excluyendo solamente aquella información que el Organismo Ejecutor y los Organismos Sub-Ejecutores hayan identificado como confidencial, delicada o perjudicial a las relaciones con el Administrador en la forma señalada en este párrafo.

Decimonoveno. Comunicaciones. Todo aviso, solicitud, comunicación o notificación que las partes deban dirigirse en virtud de este Convenio se efectuarán por escrito y se considerarán realizados desde el momento en que el documento correspondiente se entregue al destinatario en la respectiva dirección que se indica en la primera página de este Convenio, y que en el caso del Administrador se anota a continuación, a menos que las partes acuerden por escrito de otra manera:

Dirección Postal:

Banco Interamericano de Desarrollo
Secretaría Técnica-Administrativa del
Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO)
Stop W0510
1300 New York Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20577

Facsímil: (202) 623-3968

Este Convenio se suscribe en dos (2) ejemplares originales de igual tenor, por representantes debidamente autorizados para ello, y entrará en vigencia en la fecha de su suscripción por el Organismo Ejecutor.

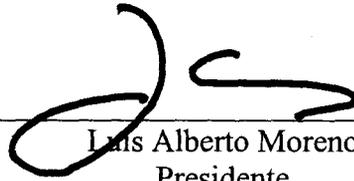
FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA

BANCO INTERAMERICANO DE
DESARROLLO



Fernando García Prechac
Decano

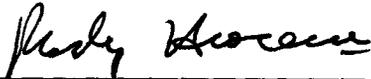
Fecha: _____



Luis Alberto Moreno
Presidente

Fecha: APR 25 2007

UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA



Rodrigo Arocena
Rector

Fecha: _____

NORMAS GENERALES

Artículo 1. Aplicación y alcance de las Normas Generales. (a) Estas Normas Generales establecen términos y condiciones aplicables en general a todas las cooperaciones técnicas no reembolsables del Banco, y sus disposiciones constituyen parte integrante de este Convenio. Cualquier excepción a estas Normas Generales será expresamente indicada en el texto de las Estipulaciones Especiales.

(b) Si alguna disposición de las Estipulaciones Especiales o del Anexo o los Anexos no guardare consonancia o estuviere en contradicción con estas Normas Generales, prevalecerá lo previsto en las Estipulaciones Especiales o en el Anexo respectivo. Cuando existiere falta de consonancia o contradicción entre disposiciones de las Estipulaciones Especiales y del Anexo o de los Anexos respectivos, prevalecerá el principio de que la disposición específica prima sobre la general.

Artículo 2. Condiciones previas al primer desembolso. (a) El primer desembolso de la Contribución está condicionado a que el Beneficiario, por sí o por medio del Organismo Ejecutor, haya:

- (i) Designado uno o más funcionarios que puedan representarlo en todos los actos relacionados con la ejecución de este Convenio y haya hecho llegar al Banco ejemplares auténticos de las firmas de dichos representantes. Si se designaren dos o más funcionarios, corresponderá señalar si los designados pueden actuar separadamente o si tienen que hacerlo de manera conjunta;
- (ii) Presentado una solicitud de desembolso, justificada por escrito; y
- (iii) Presentado un cronograma para la utilización del Aporte.

(b) Si dentro de los ciento ochenta (180) días contados a partir de la vigencia de este Convenio, o de un plazo más amplio que las partes acuerden por escrito, no se cumplieren las condiciones previas al primer desembolso establecidas en este Artículo y en las Estipulaciones Especiales, el Banco podrá poner término a este contrato dando al Beneficiario el aviso correspondiente.

Artículo 3. Forma de desembolsos de la Contribución (a) El Banco hará el desembolso de la Contribución al Beneficiario, por intermedio del Organismo Ejecutor, en la medida que éste lo solicite y justifique, a satisfacción del Banco, los gastos imputables a la Contribución.

(b) A solicitud del Beneficiario, por intermedio del Organismo Ejecutor, y cumplidos los requisitos establecidos en el inciso (a) anterior, en el Artículo 2 y en las Estipulaciones

los requisitos establecidos en el inciso (a) anterior, en el Artículo 2 y en las Estipulaciones Especiales, el Banco podrá constituir un fondo rotatorio con cargo a la Contribución, que el Beneficiario, por intermedio del Organismo Ejecutor, deberá utilizar para cubrir los gastos del Programa imputables a la Contribución. El Beneficiario, por intermedio del Organismo Ejecutor, informará al Banco, dentro de los sesenta (60) días después del cierre de cada semestre, sobre el estado del fondo rotatorio.

(c) El Banco podrá renovar total o parcialmente el fondo rotatorio a medida que se utilicen los recursos si el Beneficiario, por intermedio del Organismo Ejecutor, así lo solicita y presenta al Banco, a satisfacción de éste, un detalle de los gastos efectuados con cargo al fondo, junto con la documentación sustentatoria correspondiente y una justificación de la solicitud. El detalle de los gastos deberá ser presentado utilizando las categorías de cuentas que se indican en el Anexo de este Convenio, que describe el Programa.

Artículo 4. Gastos con cargo a la Contribución La Contribución se destinará exclusivamente para cubrir las categorías que, con cargo a la misma, se establecen en el presupuesto del Programa incluido en el Anexo que describe el Programa. Sólo podrán cargarse a la Contribución los gastos reales y directos efectuados para la ejecución del Programa. No podrán cargarse gastos indirectos o servicios de funcionamiento general, no incluidos en el presupuesto de este Programa.

Artículo 5. Última Solicitud de Desembolso. El Organismo Ejecutor deberá presentar la última solicitud de desembolso de la Contribución acompañada de la documentación sustentatoria correspondiente, a satisfacción del Banco, por lo menos, treinta (30) días antes de la fecha de expiración del plazo de desembolso establecido en las Estipulaciones Especiales de este Convenio o de la prórroga del mismo que las partes hubieran acordado por escrito. Esta última solicitud de desembolso deberá incluir la documentación sustentatoria para pagar el servicio de auditoría mencionado en el Artículo 11 de estas Normas Generales.

Artículo 6. Suspensión y cancelación de Desembolsos, y otras medidas. (a) El Banco podrá suspender los desembolsos o cancelar la parte no desembolsada de la Contribución si llegara a surgir alguna de las siguientes circunstancias: (i) el incumplimiento por parte del Beneficiario de cualquier obligación estipulada en el presente Convenio; (ii) si se determina, en cualquier etapa, que existe evidencia suficiente para confirmar un hallazgo de que un empleado, agente o representante del Beneficiario, del Organismo Ejecutor o del Organismo Contratante, ha cometido un acto de fraude y corrupción durante el proceso de licitación, de negociación de un contrato o de la ejecución del contrato; y (iii) cualquier circunstancia que, a juicio del Banco, pudiera hacer improbable la obtención de los objetivos del Programa. En estos casos, el Banco lo notificará por escrito al Organismo Ejecutor a fin de que presente sus puntos de vista y después de transcurridos treinta (30) días de la fecha de la comunicación dirigida por el Banco, éste podrá suspender los desembolsos o cancelar la parte no desembolsada de la Contribución.

(b) En virtud de lo dispuesto en el párrafo (a) anterior, las partes acuerdan que en caso de producirse cambios institucionales o de organización en el Organismo Ejecutor que, a juicio del Banco, puedan afectar la consecución oportuna de los objetivos del Programa, el Banco revisará y evaluará las posibilidades de consecución de los objetivos y, a su discreción, podrá suspender, condicionar o cancelar los desembolsos de la Contribución.

(c) El Banco podrá cancelar la parte no desembolsada de la Contribución que estuviese destinada a una adquisición determinada de bienes, obras, servicios relacionados o servicios de consultoría, si en cualquier momento determinare que: (i) dicha adquisición se llevó a cabo sin seguir los procedimientos indicados en este Convenio; o (ii) representantes del Beneficiario, del Organismo Ejecutor o del Organismo Contratante incurrieron en cualquier acto de fraude y corrupción, ya sea durante el proceso de selección del contratista, proveedor o consultor o durante la negociación el período de ejecución del respectivo contrato, sin que, para corregir la situación, el Beneficiario hubiese tomado oportunamente medidas apropiadas, aceptables al Banco y acordes con las garantías de debido proceso establecidas en la legislación del país del Beneficiario.

(d) Para los efectos del inciso anterior, se entenderá que los actos de fraude y corrupción incluyen, pero no se limitan a, los siguientes actos: (i) una práctica corruptiva consiste en ofrecer, dar, recibir, o solicitar, directa o indirectamente, cualquier cosa de valor para influenciar las acciones de otra parte; (ii) una práctica fraudulenta es cualquier acto u omisión, incluyendo la tergiversación de hechos y circunstancias, que engañen, o intenten engañar, a alguna parte para obtener un beneficio financiero o de otra naturaleza o para evadir una obligación; (iii) una práctica coercitiva consiste en perjudicar o causar daño, o amenazar con perjudicar o causar daño, directa o indirectamente, a cualquier parte o a sus bienes para influenciar las acciones de una parte; y (iv) una práctica colusoria es un acuerdo entre dos o más partes realizado con la intención de alcanzar un propósito inapropiado, incluyendo influenciar en forma inapropiada las acciones de otra parte.

(e) Si se comprueba que, de conformidad con los procedimientos administrativos del Banco, cualquier firma, entidad o individuo ofertando por o participando en un proyecto financiado por el Banco incluyendo, entre otros, Beneficiario, oferentes, proveedores, contratistas, subcontratistas, solicitantes, consultores, Organismo Ejecutor u Organismo Contratante (incluidos sus respectivos funcionarios, empleados y representantes) ha cometido un acto de fraude o corrupción, el Banco podrá:

- (i) decidir no financiar ninguna propuesta de adjudicación de un contrato o de un contrato adjudicado para bienes, servicios relacionados y servicios de consultoría financiado por el Banco;

- (ii) suspender los desembolsos de la Contribución, como se describe en el inciso (a) anterior de estas Normas Generales, si se determina, en cualquier etapa que existe evidencia suficiente para confirmar un hallazgo de que un empleado, agente, o representante del Beneficiario, del Organismo Ejecutor o del Organismo Contratante ha cometido un acto de fraude o corrupción.
 - (iii) cancelar la parte no desembolsada de la Contribución relacionada con un contrato, como se describe en el inciso (c) anterior de estas Normas Generales, cuando exista evidencia de que el representante del Beneficiario no ha tomado las medidas correctivas adecuadas en un período de tiempo que el Banco considere razonable, y de conformidad con las garantías de debido proceso establecidas en la legislación del país del Beneficiario;
 - (iv) emitir una amonestación en el formato de una carta formal de censura a la conducta de la firma, entidad o individuo;
 - (v) declarar a una persona, entidad o firma inelegible, en forma permanente o por un determinado período de tiempo, para que se le adjudiquen contratos bajo proyectos financiados por el Banco, excepto bajo aquellas condiciones que el Banco considere ser apropiadas;
 - (vi) remitir el tema a las autoridades pertinentes encargadas de hacer cumplir las leyes; y/o
 - (vii) imponer otras sanciones que considere ser apropiadas bajo las circunstancias del caso, incluyendo la imposición de multas que representen para el Banco un reembolso de los costos vinculados con las investigaciones y actuaciones. Dichas sanciones podrán ser impuestas en forma adicional o en sustitución de otras sanciones.
- (f) La imposición de cualquier medida que sea tomada por el Banco de conformidad con las disposiciones referidas anteriormente podrá hacerse de forma pública o privada.
- (g) Lo dispuesto en los incisos (a) y (c) anteriores no afectará las cantidades que el Banco se haya comprometido específicamente por escrito, con el Beneficiario o el Organismo Ejecutor o el Organismo Contratante, en su caso, a suministrar con cargo a los recursos de la Contribución para hacer pagos a un proveedor de bienes y servicios relacionados o servicios de consultoría. El Banco podrá dejar sin efecto el compromiso indicado en este inciso (g) cuando hubiese determinado a su satisfacción que, con motivo del proceso de selección, la negociación o ejecución del contrato para la adquisición de los citados bienes o servicios relacionados o servicios

de consultoría, ocurrieron uno o más de los actos de fraude y corrupción que se refiere el inciso (d) de este Artículo.

Artículo 7. Tasa de cambio para programas financiados con fondos denominados en dólares

(a) Desembolsos:

- (i) La equivalencia en dólares de otras monedas convertibles en que puedan ser hechos los desembolsos de la Contribución, se calculará aplicando la tasa de cambio vigente en el mercado en la fecha del desembolso; y
- (ii) La equivalencia en dólares de la moneda local u otras monedas no convertibles, en caso de programas regionales, en que puedan ser hechos los desembolsos de la Contribución, se calculará aplicando, en la fecha del desembolso, la tasa de cambio que corresponda al entendimiento vigente entre el Banco y el respectivo país para los efectos de mantener el valor de esta moneda u otras monedas no convertibles, en caso de programas regionales, en poder del Banco.

(b) Gastos efectuados:

- (i) La equivalencia en dólares de un gasto que se efectúe en monedas convertibles se calculará aplicando la tasa de cambio vigente en el mercado en la fecha en que se efectúe el pago del respectivo gasto.
- (ii) La equivalencia en dólares de un gasto que se efectúe en moneda local, u otras monedas no convertibles, en caso de programas regionales, se calculará, aplicando, en la fecha en que se efectúe el pago del respectivo gasto, la tasa de cambio que corresponda al entendimiento vigente entre el Banco y el respectivo país para los efectos de mantener el valor de esta moneda en poder del Banco.
- (iii) Para los efectos de los incisos (i) y (ii) anteriores, se entiende que la fecha de pago del gasto es aquella en la que el Beneficiario, Organismo Ejecutor, o cualesquiera otras personas naturales o jurídicas a quienes se les haya delegado la facultad de efectuar gastos, efectúe los pagos respectivos en favor del contratista, Consultor o proveedor.

Artículo 8. Tasa de cambio para programas financiados con fondos constituidos en monedas convertibles diferentes al dólar. (a) Desembolsos. El Banco podrá convertir la moneda desembolsada con cargo a los recursos del fondo en fideicomiso indicado en las Estipulaciones Especiales en:

- (i) Otras monedas convertibles aplicando la tasa de cambio vigente en el mercado en la fecha del desembolso; o
 - (ii) La moneda local u otras monedas no convertibles, en caso de programas regionales, aplicando, en la fecha del desembolso, el siguiente procedimiento: (A) se calculará la equivalencia de la moneda del fondo en fideicomiso indicado en las Estipulaciones Especiales en dólares aplicando la tasa de cambio vigente en el mercado; (B) posteriormente, se calculará la equivalencia de estos dólares en moneda local u otras monedas no convertibles, en caso de programas regionales, aplicando la tasa de cambio que corresponda al entendimiento vigente entre el Banco y el respectivo país para los efectos de mantener el valor de esta moneda en poder del Banco.
- (b) Gastos efectuados:
- (i) La equivalencia en la moneda del fondo en fideicomiso indicado en las Estipulaciones Especiales, de un gasto que se efectúe en monedas convertibles se calculará aplicando la tasa de cambio vigente en el mercado en la fecha en que se efectúe el pago del respectivo gasto.
 - (ii) La equivalencia en la moneda del fondo en fideicomiso indicado en las Estipulaciones Especiales, de un gasto que se efectúe en moneda local u otras monedas no convertibles, en caso de programas regionales, se calculará de la siguiente forma: (A) se calculará la equivalencia en dólares del gasto aplicando, en la fecha en que se efectúe el pago del respectivo gasto, la tasa de cambio que corresponda al entendimiento vigente entre el Banco y el respectivo país para los efectos de mantener el valor en dólares de dicha moneda local en poder del Banco; (B) posteriormente, se calculará la equivalencia en la moneda del fondo en fideicomiso indicado en las Estipulaciones Especiales del valor del gasto en dólares aplicando a éste la tasa de cambio vigente en el mercado en la fecha en que se efectúe el pago del respectivo gasto.

- (iii) Para los efectos de los incisos (i) y (ii) anteriores, se entiende que la fecha de pago del gasto es aquélla en que el Beneficiario, Organismo Ejecutor, o cualesquiera otras personas naturales o jurídicas a quienes se les haya delegado la facultad de efectuar gastos, efectúe los pagos respectivos en favor del contratista, Consultor o proveedor.

Artículo 9. Otras obligaciones contractuales de los Consultores. En adición a los requisitos especiales incluidos en las Estipulaciones Especiales, en el o los Anexos y en los respectivos términos de referencia, el Organismo Ejecutor acuerda que los contratos que se suscriban con los Consultores establecerán igualmente las obligaciones de éstos de:

- (a) Hacer las aclaraciones o ampliaciones que el Organismo Ejecutor o el Banco estimen necesarias acerca de los informes que tienen obligación de presentar los Consultores, dentro de los términos de referencia que se establezcan en sus respectivos contratos;
- (b) Suministrar al Organismo Ejecutor y al Banco cualquier información adicional que cualquiera de éstos razonablemente le soliciten en relación con el desarrollo de sus trabajos;
- (c) En el caso de consultores internacionales, desempeñar sus trabajos en forma integrada con el personal profesional local que asigne o contrate el Beneficiario para participar en la realización del Programa, a fin de alcanzar a la terminación de los trabajos, un adiestramiento técnico y operativo de dicho personal;
- (d) Ceder al Banco los derechos de autor, patentes y cualquier otro derecho de propiedad industrial, en los casos en que procedan esos derechos, sobre los trabajos y documentos producidos por los Consultores dentro de los contratos de consultoría financiados con los recursos del Programa; y
- (e) No obstante lo estipulado en el inciso (d) anterior, para dar la difusión oportuna de los resultados del Programa, el Banco autoriza al Beneficiario o al Organismo Ejecutor, el derecho de uso y aprovechamiento de los productos de las consultorías financiadas con recursos del Programa, en el entendido de que el Beneficiario o el Organismo Ejecutor utilizarán dichos productos de consultoría sujeto a lo establecido en el Artículo 15 de estas Normas Generales.

Artículo 10. Adquisición de bienes y servicios (a) Con cargo a la Contribución y hasta por el monto destinado para tal fin en el presupuesto incluido en el Anexo que describe el Programa, el Beneficiario podrá adquirir los bienes y servicios (diferentes de los de consultoría) previstos en el Programa.

(b) Cuando los bienes y servicios (diferentes de los de consultoría) que se adquieran o contraten para el Programa se financien con recursos del Aporte, el Beneficiario utilizará, en lo posible, procedimientos que permitan la participación de varios proponentes y prestará debida atención a los aspectos de economía, eficiencia y razonabilidad de precios.

(c) Cuando se utilicen otras fuentes de financiamiento que no sean los recursos de la Contribución ni los del Aporte, el Beneficiario podrá convenir con el financiador el procedimiento que deba seguirse para la adquisición de bienes y servicios. Sin embargo, a solicitud del Banco, el Beneficiario deberá demostrar la razonabilidad tanto del precio pactado o pagado por la adquisición de dichos bienes y servicios, como de las condiciones financieras de los créditos. El Beneficiario deberá demostrar, asimismo, que la calidad de los bienes satisface los requerimientos técnicos del Programa.

(d) Durante la ejecución del Programa, los bienes a que se refiere el inciso (a) anterior se utilizarán exclusivamente para la realización del Programa.

(e) Los bienes comprendidos en el Programa serán mantenidos adecuadamente de acuerdo con normas técnicas generalmente aceptadas dentro de un nivel compatible con los servicios que deban prestar.

Artículo 11. Estados financieros. (a) En el caso de que el plazo de ejecución del Programa sea superior a un (1) año y el monto de la Contribución superior al equivalente de un millón quinientos mil dólares (US\$1.500.000), el Beneficiario, por medio del Organismo Ejecutor, se compromete a presentar a satisfacción del Banco:

- (i) Estados financieros anuales, y uno final, relativos a los gastos del Programa efectuados con cargo a la Contribución y al Aporte. Dichos estados financieros se presentarán dictaminados por auditores independientes, aceptable para el Banco y de acuerdo con normas satisfactorias para éste;
- (ii) Los estados financieros anuales deberán ser presentados dentro de los noventa (90) días siguientes a la fecha en que concluya cada año de ejecución, comenzando con el ejercicio económico correspondiente al año fiscal en que se hayan iniciado los desembolsos de la Contribución; y el

final, dentro de los noventa (90) días siguientes a la fecha del último desembolso de la Contribución. Estos plazos sólo podrán ser prorrogados con el consentimiento escrito del Banco; y

- (iii) El Banco podrá suspender los desembolsos de la Contribución en el caso de no recibir, a su satisfacción, los estados financieros anuales dentro de los plazos establecidos en el inciso (ii) anterior o de la prórroga de dichos plazos que hubiese autorizado.

(b) En el caso de que el plazo de ejecución del Programa no exceda de un (1) año el monto de la Contribución sea igual o inferior al equivalente de un millón quinientos mil dólares (US\$1.500.000), el Beneficiario, por medio del Organismo Ejecutor, se compromete a presentar a satisfacción del Banco y dentro de los noventa (90) días siguientes a la fecha del último desembolso de la Contribución, un estado financiero relativo a los gastos del Programa efectuados con cargo a la Contribución y al Aporte, dictaminado por auditores independientes aceptables al Banco y de acuerdo con normas satisfactorias para éste.

Artículo 12. Control interno y registros. El Beneficiario, el Organismo Ejecutor, o el Organismo Contratante, según corresponda, deberá mantener un adecuado sistema de controles internos contables y administrativos. El sistema contable deberá estar organizado de manera que provea la documentación necesaria para verificar las transacciones y facilitar la preparación oportuna de los estados financieros e informes. Los registros del Programa deberán ser conservados por un período mínimo de tres (3) años después del último desembolso de la Contribución de manera que: (a) permitan identificar las sumas recibidas de las distintas fuentes; (b) consignen, de conformidad con el catálogo de cuentas que el Banco haya aprobado, cuando corresponda, las inversiones en el Programa, tanto con los recursos de la Contribución como con los demás fondos que deban aportarse para su total ejecución; (c) incluyan el detalle necesario para identificar las obras realizadas, los bienes adquiridos y los servicios contratados, así como la utilización de dichas obras, bienes y servicios; (d) dichos documentos incluyan la documentación relacionada con el proceso de licitación y la ejecución de los contratos financiados por el Banco, lo que comprende, pero no se limita a, los llamados a licitación, los paquetes de ofertas, los resúmenes, las evaluaciones de las ofertas, los contratos, la correspondencia, los productos y borradores de trabajo y las facturas, incluyendo documentos relacionados con el pago de comisiones, y pagos a representantes, consultores y contratistas; y (e) demuestren el costo de las inversiones en cada categoría y el progreso del Programa.

Artículo 13. Inspecciones. (a) El Banco podrá establecer los procedimientos de inspección que juzgue necesarios para asegurar el desarrollo satisfactorio del Programa.

(b) El Beneficiario, el Organismo Ejecutor y el Organismo Contratante, en su caso, deberán permitir al Banco que inspeccione en cualquier momento el Programa, el equipo y los materiales correspondientes y revise los registros y documentos que el Banco estime pertinente conocer. El personal que envíe o designe el Banco para el cumplimiento de este propósito como investigadores, representantes o auditores o expertos deberá contar con la más amplia colaboración de las autoridades respectivas. Todos los costos relativos al transporte, salario y demás gastos de dicho personal, serán pagados por el Banco.

(c) El Beneficiario, el Organismo Ejecutor o el Organismo Contratante, en su caso, deberán proporcionar al Banco, si un representante autorizado de éste lo solicita, todos los documentos, incluidos los relacionados con las adquisiciones, que el Banco pueda solicitar razonablemente. Adicionalmente, el Beneficiario, el Organismo Ejecutor y el Organismo Contratante deberán poner a la disposición del Banco, si así se les solicita con una anticipación razonable, su personal para que respondan a las preguntas que el personal del Banco pueda tener de la revisión o auditoría de los documentos. El Beneficiario, el Organismo Ejecutor o el Organismo Contratante, en su caso, deberá presentar los documentos en un tiempo preciso, o una declaración jurada en la que consten las razones por las cuales la documentación solicitada no está disponible o está siendo retenida.

(d) Si el Beneficiario, el Organismo Ejecutor o el Organismo Contratante, en su caso, se rehúsa a cumplir con la solicitud presentada por el Banco, o de alguna otra forma obstaculiza la revisión del asunto por parte del Banco, el Banco, bajo su sola discreción, podrá adoptar las medidas que considere apropiadas en contra del Beneficiario, el Organismo Ejecutor o el Organismo Contratante, según sea del caso.

Artículo 14. Otros compromisos. El Beneficiario, por medio del Organismo Ejecutor, asimismo, deberá:

- (a) Proporcionar a los Consultores y a los expertos locales, servicios de secretaría, oficinas, útiles de escritorio, comunicaciones, transporte y cualquier otro apoyo logístico que requieran para la realización de su trabajo;
- (b) Presentar al Banco copia de los informes de los Consultores y sus observaciones sobre los mismos;
- (c) Suministrar al Banco cualquier otra información adicional o informes jurídicos que éste razonablemente le solicite respecto de la realización del Programa y de la

utilización de la Contribución y del Aporte; y

- (d) Mantener informado al Representante del Banco en el respectivo país o países sobre todos los aspectos del Programa.

Artículo 15. Publicación de documentos. Cualquier documento a ser emitido bajo el nombre del Banco o usando su logotipo, que se desee publicar como parte de un proyecto especial, programa conjunto, esfuerzo de investigación o cualquier otra actividad financiada con los recursos del Programa, deberá ser aprobado previamente por el Banco.

Artículo 16. Supervisión en el terreno. Sin perjuicio de la supervisión de los trabajos del Programa que lleve a cabo el Organismo Ejecutor, el Banco podrá realizar la supervisión del Programa en el terreno, por medio de su Representación en el país o países de los funcionarios que designe para tal efecto.

Artículo 17. Alcance del compromiso del Banco. Queda entendido que el otorgamiento de la Contribución por el Banco no implica compromiso alguno de su parte para financiar total o parcialmente cualquier programa o proyecto que directa o indirectamente pudiera resultar de la realización del Programa.

Artículo 18. Arbitraje. Para la solución de cualquier controversia que se derive de este Convenio y que no se resuelva por acuerdo entre las partes, éstas se someten incondicional e irrevocablemente al siguiente procedimiento y fallo arbitrales:

- (a) **Composición del Tribunal.** El Tribunal de Arbitraje se compondrá de tres (3) miembros, que serán designados en la forma siguiente: uno, por el Banco, otro, por el Beneficiario, y un tercero, en adelante denominado el "Dirimente", por acuerdo directo entre las partes, o por intermedio de los respectivos árbitros. Si las partes o los árbitros no se pusieren de acuerdo con respecto a la persona del Dirimente, o si una de las partes no pudiera designar árbitros, el Dirimente será designado a petición de cualquiera de las partes por el Secretario General de la Organización de los Estados Americanos. Si una de las partes no designare árbitro, éste será designado por el Dirimente. Si alguno de los árbitros designados o el Dirimente no quisiere o no pudiere actuar o seguir actuando, se procederá a su reemplazo en igual forma que para la designación original. El sucesor tendrá las mismas funciones y atribuciones que el antecesor.
- (b) **Iniciación del Procedimiento.** Para someter la controversia al procedimiento de arbitraje, la parte reclamante dirigirá a la otra una comunicación escrita exponiendo la naturaleza del reclamo, la satisfacción o reparación que persigue y el nombre del

árbitro que designa. La parte que hubiere recibido dicha comunicación deberá, dentro del plazo de cuarenta y cinco (45) días, comunicar a la parte contraria el nombre de la persona que designe como árbitro. Si dentro del plazo de treinta (30) días contados desde la entrega de la comunicación referida al reclamante, las partes no se hubieren puesto de acuerdo en cuanto a la persona del Dirimente, cualquiera de ellas podrá recurrir ante el Secretario General de la Organización de los Estados Americanos para que éste proceda a la designación.

En los casos de Convenio con Argentina, las partes acuerdan que en los párrafos (a) y (b) anteriores, donde dice "Secretario General de la Organización de los Estados Americanos", debe leerse "Presidente de la Corte Internacional de Justicia de la Haya".

- (c) **Constitución del Tribunal.** El Tribunal de Arbitraje se constituirá en Washington, Distrito de Columbia, Estados Unidos de América, en la fecha que el Dirimente designe y, constituido, funcionará en las fechas que fije el propio Tribunal.

En los casos de Convenios con Argentina, las partes acuerdan que el texto de este párrafo (c) dirá así: "El Tribunal de Arbitraje se constituirá en el lugar y en la fecha que éste designe y, constituido, funcionará en la fecha que fije el Tribunal".

- (d) **Procedimiento.**

- (i) El Tribunal sólo tendrá competencia para conocer de los puntos de la controversia. Adoptará su propio procedimiento y podrá por propia iniciativa designar los peritos que estime necesarios. En todo caso, deberá dar a las partes la oportunidad de presentar exposiciones en audiencia.
- (ii) El Tribunal fallará en conciencia, basándose en los términos del Convenio, y pronunciará su fallo aún en el caso de que alguna de las partes actúe en rebeldía.

- (iii) El fallo se hará constar por escrito y se adoptará con el voto concurrente de dos miembros del Tribunal, por lo menos. Deberá dictarse dentro del plazo de sesenta (60) días a partir de la fecha del nombramiento del Dirimente, a menos que el Tribunal determine que por circunstancias especiales e imprevistas debe ampliarse dicho plazo. El fallo será notificado a las partes mediante comunicación suscrita, cuando menos, por dos miembros del Tribunal. Las partes acuerdan que cualquier fallo del Tribunal deberá cumplirse dentro del plazo de treinta (30) días a partir de la fecha de la notificación, tendrá mérito ejecutivo y no admitirá recurso alguno.

- (e) **Gastos.** Los honorarios de cada árbitro serán cubiertos por la parte que lo hubiere designado y los honorarios del Dirimente serán cubiertos por ambas partes en igual proporción. Antes de constituirse el Tribunal, las partes acordarán los honorarios de las demás personas que de mutuo acuerdo convengan que deben intervenir en el procedimiento de arbitraje. Si el acuerdo no se produjere oportunamente, el propio Tribunal fijará la compensación que sea razonable para dichas personas, tomando en cuenta las circunstancias. Cada parte sufragará sus costos en el procedimiento de arbitraje, pero los gastos del Tribunal serán sufragados por las partes en igual proporción. Toda duda respecto a la división de los gastos o a la forma en que deban pagarse será resuelta sin ulterior recurso por el Tribunal.

- (f) **Notificaciones.** Toda notificación relativa al arbitraje o al fallo será hecha en la forma prevista en este Artículo. Las partes renuncian a cualquier otra forma de notificación.

En los casos de Convenios con Ecuador, las partes convienen en que, para los efectos de las notificaciones, este párrafo (f) dirá así: "Toda notificación relacionada al arbitraje o al fallo será hecha en la forma prevista en estas Normas Generales. Las partes renuncian a cualquier otra forma de notificación. Sin embargo, obligatoriamente deberá notificarse al Procurador General del Estado".

ANEXO ÚNICO**EL PROYECTO****Identificación y Utilización de Resistencia Durable a Enfermedades de Cebada en América Latina****I. RESUMEN EJECUTIVO DEL PROYECTO**

La cebada es un cultivo de gran importancia en América Latina, siendo producido con diversos destinos (alimentación humana, alimentación animal, producción de cerveza, producción de forraje). La alimentación humana y la producción de cebada malteada son los dos tipos de producción más importantes en el continente, con la primera concentrada en la región andina y asociada en general a pequeños productores, y la segunda en la zona de llanuras atlánticas y asociada a una agricultura más empresarial. Las enfermedades son en el momento actual la principal limitante del cultivo en América Latina, afectando significativamente los rendimientos en cebada, llegando en algunos casos al 100% de reducción como en el año 1976, cuando ingresó al Perú el hongo *Puccinia striiformis* que eliminó casi el total de las variedades comerciales cultivadas entonces.

Una forma de control del problema de las enfermedades es el control químico con fungicidas. Estas costosas aplicaciones son inviables en las producciones familiares y afectan fuertemente la sustentabilidad económica del cultivo en los sistemas más empresariales. Bajo este contexto es fundamental el desarrollo de variedades resistentes y durables, que resulta la alternativa más eficiente, económica y respetuosa del medio ambiente para la solución de dicha limitante, y por tanto un objetivo natural de los programas de mejoramiento genético nacionales. El avance registrado en el desarrollo de herramientas genómicas de apoyo al mejoramiento genético junto con las mejoras en infraestructura de investigación registradas en la región en los últimos años. Proveen de mecanismos de probada eficiencia para el desarrollo acelerado de germoplasma con resistencia durable mediante la acumulación de genes de resistencia, estrategia de dificultosa realización por mecanismos convencionales de selección fenotípica.

Sin embargo el uso de las herramientas mencionadas en el desarrollo de germoplasma en América Latina se encuentra limitado por dos factores: la heterogénea distribución de los recursos tecnológicos y la limitada disponibilidad de genes y QTLs de resistencia a enfermedades localizados y caracterizados para su uso en esquemas de selección asistida. Esta última limitación no afecta solamente a la región y ha dado lugar a numerosas iniciativas de detección y cartografía de genes a gran escala.

Nuestra intención, con el presente Proyecto, es avanzar en la solución de las dos limitantes señaladas y dar un salto cualitativo y cuantitativo en el desarrollo de germoplasma de cebada resistente a enfermedades utilizando una serie de capacidades disponibles a nivel regional, junto con redes de cooperación desarrolladas en las últimas décadas y la disponibilidad de herramientas avanzadas que hacen viable la propuesta. Se ha elegido trabajar con dos enfermedades, la roya amarilla (causada por *Puccinia striiformis*) y la mancha borrosa (causada por

Cochliobolus sativus), que pueden considerarse como pilotos representativos de los diferentes problemas sanitarios del cultivo: biotrofo y hemibiotrofo, de la zona andina y de la zona de praderas, con impacto en cultivos de alimentación humana y con impacto en cultivos comerciales. Los tres países incluidos (Uruguay, México y Perú) ejemplifican los usos principales del cultivo. Esto asegura que el impacto del Proyecto signifique un aporte para todas las zonas productoras de América Latina. Mediante la incorporación de herramientas tecnológicas avanzadas (caracterización genómica de alta productividad, análisis de desequilibrios de ligamientos, paquetes estadísticos varios, implementación de selección asistida) el Proyecto busca desarrollar los programas de mejoramiento de cultivos de la región, ejemplificando en la combinación cultivo-enfermedad seleccionada el uso de dichas herramientas para la obtención de resultados aplicados y concretos para la solución de problemas específicos de la agricultura de la región.

La propuesta plantea en primer lugar la utilización de resistencias ya cartografiadas, disponibles y de efectividad conocida en el desarrollo de germoplasma adaptado a las regiones que cubre el Proyecto utilizando para tal fin las capacidades desarrolladas por los participantes. Paralelamente se caracterizaran y cartografiaran nuevos genes y QTLs de resistencia utilizando la capacidad de análisis fenotípico del consorcio, la potencia de análisis genotípico de nuevos instrumentos de caracterización genotípica de alta capacidad como las plataforma Illumina OPA y los marcadores DArT, las herramientas de análisis estadístico que están siendo desarrolladas en el marco del Barley CAP Project (www.barleycap.org) y las características del germoplasma desarrollado por ICARDA. Por último, el Proyecto propone avanzar en el desarrollo de pirámides de resistencia combinando los nuevos genes detectados con los ya utilizados en la primera etapa. La implementación de tecnologías innovadoras, como las propuestas en este Proyecto, permitirá acelerar y dar sostenibilidad al desarrollo de germoplasma con resistencia durable que mejore la sostenibilidad del cultivo y la competitividad del sector agroindustrial.

Perú y Uruguay son las bases del presente Proyecto en la medida que representan los tipos de producción más importantes del cultivo, además de que permiten cubrir las distintas condiciones agroecológicas que enfrenta éste en el continente. Por otra parte representan un excelente ejemplo de integración dentro de los diferentes actores de la cadena de producción. En el caso de Uruguay, la Mesa Nacional de la Cebada (creada en 1992) tiene como objetivo es fortalecer la producción de cebada en el Uruguay garantizando su sostenibilidad a través de la definición de líneas de investigación de acuerdo entre todos los integrantes y aportar financiamiento total o parcial a éstas. Está integrada por la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (FAGRO) y el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA) como organismos de investigación, la industria maltera y el Laboratorio Tecnológico del Uruguay. La cebada en Uruguay se produce con destino a la elaboración de cebada malteada para la exportación. Constituye una entrada de recursos muy importante para los productores no solo por su valor directo sino por la seguridad de comercialización al realizarse bajo contrato y con precio mínimo garantizado. Por otra parte la industria financia los insumos lo que hace al cultivo particularmente atractivo para agricultores con problemas de acceso al crédito. El hecho de ser un cultivo de exportación sin ningún tipo de protección oficial hace esencial para su sustentabilidad el aporte tecnológico de la investigación nacional.

En el Perú la “cadena de valor” de la cebada existe desde el año 2000. Fue formada por decreto supremo y es liderada por el Ministerio de Agricultura. Es una agrupación interinstitucional que involucra a todos los agentes productivos y busca reactivar la producción, transformación y utilización de este cultivo (está integrada por los productores de cebada de todo el país, el Ministerio de Agricultura, la Universidad Nacional Agraria LA MOLINA, INIEA, Cáritas del Perú, ADRA Perú, Maltería Lima, la asociación de panaderos peruanos y diputados). La cebada en Perú es un cultivo producido principalmente por las comunidades indígenas como un cultivo básico para su alimentación en campos mayormente ubicados sobre los 3.000 msnm. El 93.6% de las unidades productivas consumen la cebada que producen y el cultivo contribuye con el 20% del total de las calorías ingeridas por las familias rurales de la región altoandina. Más del 50% del total del área sembrada se realiza en unidades productivas menores a 5 ha.

El Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas para Zonas Áridas (ICARDA) tiene como mandato el realizar mejoramiento de cebada y apoyar a los programas de investigación en ese cultivo a nivel mundial. El programa regional de cebada para América Latina se lleva a cabo en forma conjunta con el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) en México. A través de su colaboración con los programas nacionales de la región, especialmente aquellos en países en vías de desarrollo (Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú, Uruguay), beneficia fundamentalmente a los pequeños productores de cebada de bajos recursos. El germoplasma desarrollado por el programa ha sido exitoso en América Latina y ha resultado útil como fuente de germoplasma o como variedades en otras regiones, siendo solicitado cada año por aproximadamente 50 países, principalmente bajo la forma de viveros internacionales. Entre los objetivos del programa se encuentra el mejoramiento de todos los tipos de cebada producidas comercialmente para los más diversos usos. En países como Perú y Ecuador se estima que más del 80% de las variedades sembradas poseen germoplasma proveniente del programa de ICARDA/CIMMYT.

El presente Proyecto se basa en la utilización de fortalezas comparativas y experiencias complementarias del equipo y de sus colaboradores además de la tradicional integración de éstos en las cadenas productivas de ambos países. ICARDA contribuirá con su germoplasma, que ha comprobado ser de utilidad en varios países, y que presenta una combinación muy amplia y balanceada de fuentes de resistencia de diverso origen, además de sus capacidades para la caracterización genética y fenotípica de dicho germoplasma. FAGRO e INIA de Uruguay, a través de su programa coordinado de investigación y mejoramiento de cebada contribuirán con su experiencia en mejoramiento genético por resistencia a enfermedades y por calidad maltera. FAGRO contribuirá con su experiencia en el desarrollo de pirámides de resistencia. La unidad de genómica de la Universidad Cayetano Heredia (Perú) contribuirá con su capacidad de caracterización genética. INIEA (Perú) contribuirá en el desarrollo de material resistente y la evaluación fenotípica, al igual que el Colegio de Posgraduados (Chapingo, México). La Oregon State University (OSU) a través del programa de cebada dirigido por Patrick Hayes tiene gran experiencia en caracterización de germoplasma de cebada, mapeo de genes de resistencia y desarrollo de pirámides de resistencia. Asimismo los integrantes de este Proyecto han tomado contacto con los otros participantes de las cadenas productivas en Perú y en Uruguay y será en colaboración con los otros participantes que se llevará a cabo la transferencia de tecnología.

A final del Proyecto se esperarían resultados concretos tanto del punto de vista de material avanzado adaptado y con fuentes de resistencia incorporadas (que eventualmente podrá ser liberado como nuevas variedades) así como la disponibilidad de nuevo germoplasma para ser usado por los programas nacionales de investigación. Se generará conocimiento básico útil que podrá ser utilizado para aumentar la eficiencia de los programas de investigación.

Para cumplir con los objetivos se utilizarán tecnologías así como herramientas de punta raramente aplicadas a este cultivo en la región. Esto es especialmente importante ya que permitirá a productores de bajos recursos beneficiarse de estas nuevas metodologías de investigación aplicada. El impacto potencial directo será medible a través de incrementos de rendimiento, mejora en la calidad del producto final y mayor seguridad de producción y alimentaria en los países en donde la cebada es un alimento básico, debido al lanzamiento de variedades más resistentes y adaptadas. El grupo de investigación estará perfectamente articulado ya que está constituido en su mayoría por científicos con amplia experiencia en el cultivo y que ya se encuentran colaborando por un largo período de tiempo tanto a nivel institucional como personal en otros programas de investigación.

Las capacidades de los integrantes del Proyecto, las tecnologías innovadoras actualmente disponibles, las características de los países involucrados, y la articulación existente dentro de las cadenas de producción nacionales constituyen una oportunidad valiosa de implementar un proyecto ambicioso académicamente que a su vez de respuestas concretas a un problema de gran importancia de los sistemas de producción reales.

II. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

2.1 El cultivo de cebada en nuestros países

La cebada es un cultivo de gran importancia en América Latina, siendo producido con diversos destinos (alimentación humana, alimentación animal, producción de cerveza, producción de forraje). La alimentación humana y la producción de cebada malteada son los dos tipos de producción más importantes en el continente, con la primera concentrada en la región andina y asociada en general a pequeños productores, y la segunda en la zona de llanuras atlánticas y asociada a una agricultura más empresarial.

La cebada es el segundo cultivo de invierno en importancia en Uruguay (después del trigo) y el cuarto cultivo más sembrado en el Perú (después del arroz, la papa y el maíz). En Uruguay es un cultivo de exportación con altos requerimientos de calidad, y severas exigencias por parte de los compradores. Se exporta como cebada cruda (sin procesar) o malteada (con alto valor agregado). La capacidad de malteo uruguayo es de más de 200,000 toneladas (equivalente 250,000 Tn. de grano) siendo Uruguay el octavo exportador mundial de cebada malteada y primero de América del Sur. En Perú es un cultivo producido principalmente por las comunidades indígenas como un cultivo básico para su alimentación en campos mayormente ubicados sobre los 3.000 msnm, donde pocas especies cultivadas pueden desarrollarse debido a los factores limitantes de clima y suelo. Aproximadamente 7 millones de los 23 millones de peruanos viven en la región altoandina y de éstos 3 millones de personas de escasos recursos viven en las áreas rurales de los Andes teniendo como principal actividad de subsistencia la

agricultura. Para ilustrar la importancia de la cebada basta decir que el 93.6% de las unidades productivas consumen la cebada que producen y que este cultivo contribuye con el 20% del total de las calorías ingeridas por las familias rurales de esta región. Debido a la atomización de la tierra (más del 50% del total del área sembrada se realiza en unidades productivas menores a 5 ha) y a la dificultad de organización de los pequeños productores no se ha podido tecnificar el cultivo, ni desarrollar el concepto de economías de escala. De acuerdo a los datos del CENAGRO (1994), al cultivo de trigo y cebada se dedican 150,000 y 247,460 unidades productivas respectivamente, de las cuales más del 75% poseen menos de 5 ha. Existe en Perú además una demanda de cebada maltera por parte de la industria que es atendida exclusivamente por el grano importado.

Perú y Uruguay son las bases del presente Proyecto en la medida que representan los tipos de producción más importantes del cultivo, además de que permiten cubrir las distintas condiciones agroecológicas que enfrenta éste en el continente. Por otra parte representan un excelente ejemplo de integración dentro de los diferentes actores de la cadena de producción.

En Uruguay desde 1992 existe la Mesa Nacional de la Cebada integrada por la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República (FAGRO) y el Instituto de Investigación Agropecuaria (INIA) como organismos de investigación, la industria maltera y el LATU (como laboratorio oficial de análisis). El objetivo de la Mesa es definir líneas de investigación de acuerdo entre todos los integrantes y aportar financiamiento total o parcial a éstas. La industria aporta recursos para la investigación, conocimiento de la situación de producción y posibles limitantes futuras, los organismos de investigación llevan adelante los proyectos y el LATU aporta su capacidad de análisis en calidad maltera. La industria (Maltería Uruguay S.A. y Maltería Oriental S.A.) aportan además el apoyo de sus departamentos técnicos quienes cumplen un rol esencial en la difusión de las tecnologías generadas por el trabajo de la Mesa. Recientemente el Ministerio de Agricultura realizó una convocatoria a la conformación de Mesas tecnológicas por cultivo, reconociéndose a la Mesa de la Cebada como referente. El objetivo de estas mesas es la definición de líneas prioritarias de investigación a nivel nacional.

El objetivo de la Mesa es fortalecer la producción de cebada en el Uruguay garantizando la sostenibilidad de ésta. La cebada en Uruguay constituye una entrada de recursos muy importante para los productores no solo por su valor directo, sino por la seguridad de comercialización al realizarse bajo contrato y con precio mínimo garantizado. Por otra parte la industria financia los insumos lo que hace al cultivo particularmente atractivo para agricultores con problemas de acceso al crédito. El hecho de ser un cultivo de exportación sin ningún tipo de protección oficial hace esencial el aporte tecnológico de la investigación nacional para su sustentabilidad.

En el Perú la "cadena de valor" de la cebada existe desde el año 2000. Fue formada por decreto supremo y es liderada por el Ministerio de Agricultura. Es una agrupación interinstitucional que involucra a todos los agentes productivos y busca reactivar la producción, transformación y utilización de este cultivo. Está formada por los productores organizados de cebada de todo el país, el Ministerio de Agricultura (agente promotor de la cadena); la Universidad Nacional Agraria LA MOLINA- Programa de Cereales e Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria (INIEA) (como agentes de investigación para el aporte de variedades de alto rendimiento y calidad molinera y maltera), Cáritas del Perú (ONG-promotor

técnico y difusor de la tecnología y de inserción al mercado), ADRA Perú (ONG), y MALTERÍA LIMA (Fundación BACKUS) como una de las empresa que adquieren la producción; la asociación de panaderos peruanos, los diputados del departamento de Cajamarca ante el Congreso de la República como parte de un lobby y de un observador de las leyes que puedan afectar la cadena. Recientemente se ha conformado la primera asociación de productores cebaderos y trigueros de Perú con el objetivo de coordinar acciones e implementar nuevas tecnologías para mejor insertarse en el mercado, mejorar su productividad y así poder mejorar la competitividad. Existen dos problemas principales para los productores peruanos: el primero es el mercado dado que el consumo de derivados de cebada alimenticia y molinera fuera de las zonas de producción no está muy difundido, y el segundo que es más importante es la falta de una variedad de cebada maltera adaptada a las condiciones de la región que inyecte competitividad al sistema respecto de la cebada importada. En el caso del Perú, la importación de cebada se ha incrementado en 40% en los últimos 11 años. El eslabón más débil de la cadena son los agricultores: la productividad y tipo del producto que ofrecen. Se han identificado dos aspectos que inciden esencialmente en la baja productividad y en falta de calidad (peso específico, % de germinación, humedad máxima, proteína máxima y calibrado): el manejo del material y la durabilidad de la resistencia debida a la alta variación del patógeno que causa roya estriada (*Puccinia striiformis*) en los valles interandinos. Este Proyecto incidirá directamente en estos dos aspectos.

En el caso de Uruguay el incremento de la importancia relativa de la cebada en el sistema significó una mejora de las condiciones de producción: se pasó de un cultivo secundario, de bajo potencial pero de bajo riesgo (en la consideración de los agricultores) a un cultivo de gran valor al que se le destinaban las mejores condiciones. Esto significó, al destinársele las mejores parcelas, un incremento de los riesgos asociados de alta proteína del grano y de vuelco. El reclamo de los productores a fines de los ochenta fue hacer compatible el cultivo con los sistemas de alta producción de grano. Hoy, con más de 15 años de investigación conjunta de INIA y la Facultad de Agronomía, se dispone de tecnologías que la hacen una alternativa viable en zonas de suelos con alto potencial de aporte de nutrientes, donde inicialmente se consideraba imposible su incorporación. Sin embargo, desde los comienzos de la nueva década, el cultivo se ha enfrentado a nuevos problemas. Las modificaciones en el mercado internacional de cebada malteada han significado cambios hacia más severas exigencias de calidad. Por otra parte, modificaciones en las condiciones de producción (siembras más tempranas, importancia de la siembra directa) se han asociado a un aumento de la importancia de las manchas foliares, entre ellas la mancha borrosa que es una enfermedad compartida con el trigo, evidenciando carencias del germoplasma disponible en ese sentido. La evolución de los costos de producción ha reducido los márgenes del cultivo, requiriendo un ajuste cada vez más fino de las medidas de manejo del cultivo. La viabilidad del cultivo como alternativa para los productores depende en gran medida de la capacidad de la investigación nacional de aportar cultivares de calidad que sean a la vez resistentes a las principales enfermedades, en particular a mancha borrosa. Dada la importancia del cultivo en la producción global de los agricultores, el cuestionamiento a su viabilidad es indirectamente un cuestionamiento a la viabilidad de los productores.

2.2. Estado del conocimiento

2.2.1. Estado del conocimiento: Enfermedades de cebada

2.2.1.1. Mancha borrosa de la cebada

Características principales

La mancha borrosa (MB), causada por *Cochliobolus sativus* (Ito & Kurib.) Drechsl. ex Dastur [anamorfo *Bipolaris sorokiniana* (Sacc. in Sorok.) Shoem., sin. *Helminthosporium sativum* Pamm., King and Bakke], es una de las principales enfermedades foliares de la cebada en el Uruguay. Se han cuantificado pérdidas en rendimiento de grano de hasta 30% (Pereyra, 2005) y afecta además la calidad maltera del grano. Su incidencia ha aumentado en los últimos años, lo que se explica en parte por la creciente adopción de prácticas conservacionistas para el control de la erosión del suelo. Prácticas como la siembra directa dejan los residuos de los cultivos intactos sobre la superficie del suelo, asegurando la presencia de inóculo de las manchas foliares que ahí sobreviven (Pereyra *et al.*, 1996; Stewart *et al.*, 2001). La falta de cultivares de cebada con niveles aceptables de resistencia genética es otro factor que explicaría la creciente importancia de esta enfermedad.

Resistencia genética

La resistencia de tipo cualitativo a MB ha sido estudiada por numerosos autores (Wilcoxson *et al.*, 1990, von Wettstein-Knowles, 1992, Kutcher *et al.*, 1996, Steffenson *et al.*, 1996), indicando que se trataría de un carácter de herencia sencilla y explicada por 1 a 3 genes. Von Wettstein (1992) describe cuatro *loci* para genes de resistencia a *C. sativus* en cebada: *hl1* (cromosoma 2H), *hl2* (cromosoma 1H), *hl3* (cromosoma 5H) y *hl4* (sin ubicación en el mapa). Gonzalez Ceniceros (citado por Steffenson *et al.*, 1996) identificó dos genes de resistencia a MB en el cultivar Bowman localizados en el cromosoma 1H y en el cromosoma 3H. Steffenson *et al.* (1996) estudiando la población de mapeo Steptoe/Morex, localizaron un gen de resistencia en plántula en el cromosoma 7H presente en Morex, al que denominaron *Rcs5*.

En cuanto a resistencia de tipo cuantitativa en planta adulta, basada en porcentaje de severidad, Steffenson *et al.* (1996) detectaron en la misma población Steptoe/Morex dos QTL¹ (cromosomas 1H y 7H). En el medioeste de Estados Unidos, donde la MB es una enfermedad de importancia económica, se ha logrado un buen nivel de resistencia en los materiales malteros de seis hileras a través del uso de materiales derivados de la línea resistente ND112. Esta fuente de resistencia ha permanecido efectiva por más de 30 años.

En los cultivares de dos hileras (los que se utilizan en Uruguay) existen escasos materiales adaptados con altos niveles de resistencia (Valjavec-Gratian y Steffenson, 1997). Por otro lado, la incorporación de la resistencia de NDB112 en materiales de dos hileras ha sido dificultosa. Steffenson (2000) ha reportado una expresión diferencial de los QTLs asociados con resistencia cuantitativa, postulando un posible efecto de supresión del QTL de 1H en el background de dos hileras y la propiedad de *Rcs5* o un gen cercano de conferir resistencia a planta adulta en background de dos hileras. Recientemente Bilgic *et al.* (2005) reportan un alelo de QTL de resistencia proveniente de la línea Calicuchima (ICARDA/CIMMYT) en el cromosoma 1H, y alelos provenientes de Bowman en los cromosomas 2H, 3H y 4H. El grupo de

¹ Quantitative Trait Locus: Locus que afecta características cuantitativas

investigación de la UDELAR a detectado QTL de resistencia en los cromosomas 1H y 5H en la población BCD47/Baronesse (*s.p.*).

2.2.1.2. La roya amarilla de la cebada

Características principales

La roya amarilla de la cebada, causada por *Puccinia striiformis* Westend. f. sp. *hordei* (sin. *P. glumarum* (J. C. Schmidt) Eriks. & E. Henn.), es una enfermedad de gran importancia en la región andina de América del Sur. Una raza particularmente virulenta de este patógeno fue detectada por primera vez en las Américas en Colombia en 1975, introducida probablemente desde Europa. La enfermedad se expandió hacia el sur, alcanzando Argentina en 1982, y hacia el norte alcanzando los EUA en 1991. Es una enfermedad con gran capacidad destructiva con pérdidas en rendimiento de entre 30 y 70 % que se ha transformado en uno de los problemas principales del cultivo en todas las regiones donde se ha establecido.

Resistencia genética

Los primeros estudios de resistencia genética a roya amarilla fueron realizados en la India en los años 60 (Chen y Line, 1999). Más tarde Lehman *et al.* (1975) describieron cuatro genes de resistencia cualitativa, *Yr1-Yr4*. De esos genes, solo *Yr4* ha sido cartografiado, en el brazo corto del cromosoma 1H (von Wettstein-Knowles, 1992). Más recientemente Castro *et al.* (2003b) cartografiaron un gen de resistencia en el cromosoma 7H proveniente de la accesión CI10587. La relación de este gen con los anteriores no ha sido dilucidada aún.

La resistencia en planta adulta a roya amarilla presenta teóricamente la ventaja de una mayor durabilidad, asociada a una aparente falta de especificidad racial. ICARDA/CIMMYT en México ha desarrollado germoplasma de cebada que permite un desarrollo limitado de la enfermedad cuando es enfrentado al espectro de virulencia encontrado en ensayos de campo en México, América del Sur y EUA. La resistencia presente en este germoplasma ha presentado poca relación con la resistencia en plántula (Sandoval-Islas *et al.*, 1998). OSU, en el marco de un esfuerzo cooperativo (revisado por Hayes *et al.*, 2001) con ICARDA/CIMMYT ha cartografiado e incorporado algunas de esas fuentes de resistencia a bases genéticas comunes, utilizando herramientas de análisis de QTL. Los principales QTL detectados han provenido de las líneas Calicuchima (cromosomas 4H y 5H) y Shyri (cromosomas 1H y 6H). Utilizando selección asistida por marcadores Toojinda *et al.* (1998) introdujeron QTL de resistencia en planta adulta en una base genética diferente, Castro *et al.* (2003a) desarrollaron pirámides de QTL y Castro *et al.* (2003b) desarrollaron pirámides de QTL y genes de efecto mayor. Aunque el énfasis del trabajo fue puesto en la resistencia en planta adulta, también fueron reportados QTL de resistencia en plántula aportados por las variedades Calicuchima (Hayes *et al.*, 1996) en los cromosomas 4H y 6H (el primero coincidente con el de planta adulta) y Shyri (Castro *et al.*, 2002) en los cromosomas 1H y 6H (ambos coincidentes con los de planta adulta).

Thomas *et al.* (1995) reportaron un QTL de resistencia en la misma región del cromosoma 1H que los reportes anteriormente mencionados, en este caso con la variedad Blenheim como dador. El grupo de OSU también detectó un QTL de resistencia en la misma región en la variedad invernal Kold.

2.2.2. Estado de conocimiento: Mejoramiento por resistencia a enfermedades

La resistencia genética es el mecanismo más económico y apropiado desde el punto de vista ambiental para el control de las enfermedades en plantas. Es un objetivo clave en los programas de mejoramiento genético y su durabilidad es un factor de gran importancia. Para el desarrollo de variedades con resistencia durable es necesario un conocimiento profundo de las especificidades del sistema huésped-patógeno. La clasificación de la resistencia genética es un tema controversial, con abundante literatura en torno a los méritos de los distintos tipos de resistencia. Los fenotipos resistentes constituyen un continuo, desde las respuestas hipersensitivas propias de los sistemas con patógenos biotrofos, hasta mecanismos que implican una modesta reducción en la tasa de desarrollo de la enfermedad.

El término "resistencia cualitativa" se refiere a una respuesta a la enfermedad que puede ser fácilmente descrita en términos de resistente (R) vs. susceptible (S). Es generalmente asociada a relaciones gen a gen (Flor, 1946) y significa que para la expresión de la resistencia debe darse la interacción de un gen de avirulencia en el patógeno y un gen de resistencia en el huésped. El término "resistencia cuantitativa" refiere, en cambio, a un tipo de resistencia que no permite una fácil clasificación (R vs. S) y puede ser descrita en base al porcentaje de severidad (porcentaje de área foliar afectada para el caso de MB), donde el alelo resistente, permite cierto desarrollo de síntomas bajo condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad.

Una de las ventajas teóricas de la resistencia cuantitativa es su potencialmente mayor probabilidad de ser durable (Parlevliet, 1989). Un sistema gen a gen no permanecerá efectivo si el patógeno adquiere la virulencia correspondiente. Los riesgos del uso de resistencia del tipo gen a gen son bien conocidos (Johnson, 1981; Vanderplank, 1963, 1968) y existe evidencia que la evolución de la virulencia del patógeno puede ser más rápida que la capacidad de los fitomejoradores en incorporar nuevas resistencias en las variedades (Parlevliet, 1977).

2.2.3. Estado del conocimiento: Análisis genómico en cebada

La cebada es una especie verdaderamente diploide ($2n=14$), miembro de las *Triticeae*, con 7 cromosomas citológicamente diferenciados conteniendo alrededor de 5000 Mb (Arumuganathan y Earle, 1991). El mapa genético tiene una longitud de aproximadamente 1250 cM y contiene más de 4000 marcadores moleculares, 250 marcadores morfológicos y aproximadamente 700 QTL (<http://barleyworld.org/>; <http://wheat.pw.usda.gov/>; Frankowiak, 1997; Kleinhofs y Granes, 2001; Kleinhofs y Han, 2001; Ramsay *et al.*, 2000; Thiel *et al.*, 2003). El número real de genes en cebada no se conoce con certeza en el momento actual, aunque hay evidencias de la existencia de entre 26000 y 38000 genes (Venter *et al.*, 2001). Künzel *et al.* (2000) han integrado el mapa físico del cultivo con los mapas de ligamiento, aportando una relación en términos de distancia física a resultados que hasta el momento eran solo expresados en términos de unidades de recombinación.

Se dispone de una biblioteca 6.3X de clones BAC de Morex que es utilizada en todo el mundo (Yu *et al.*, 2000). Proyectos para el desarrollo de un mapa físico del genoma del cultivo están actualmente en desarrollo. Los recursos para genómica funcional incluyen una población estructurada de mutantes para TILLING (Caldwell *et al.*, 2004) y cebadas transgénicas conteniendo los transposones Ac-Ds de maíz (Cooper *et al.*, 2004). Se ha desarrollado además un dispositivo de microarreglos conteniendo 22000 secuencias de expresión (EST) denominado

GeneChip22K Barley1 (Close *et al.*, 2004). Recientemente se han desarrollado las bases BarleyBase and HarvEST-Barley. BarleyBase (<http://barleybase.org/>; Shen *et al.*, 2005; Tang *et al.*, 2005) es una base interactiva en línea para datos (normalizados y sin ajustar) de expresión obtenidos a partir de GeneChips. HarvEST-Barley (<http://harvest.ucr.edu/Barley1.htm>) es la fuente del contenido del Barley1 y de los agrupamientos de EST y anotaciones de BLAST que se también se muestran en BarleyBase.

Recientemente, en este mismo año, un consorcio de 30 investigadores de 19 instituciones de EEUU ha iniciado el proyecto CAP-Barley (<http://www.barleycap.org>) destinado al desarrollo de un mapa saturado genético, físico y de expresión integrado del genoma de cebada utilizando una base de 3000 SNP (polimorfismos de nucleótidos únicos) en una base genética amplia constituida por material de elite de 10 programas de mejoramiento. Paralelamente, y para garantizar la aplicabilidad en el largo plazo de la información generada se desarrollara un portal denominado "The *Hordeum* Toolbox" que permitirá el uso público de toda la información generada y proveerá de la plataforma para adición continúa de información y uso de las herramientas bioestadísticas desarrolladas en el proyecto.

Otra técnica novedosa desarrollada para caracterizar genotípicamente germoplasma y que ha probado ser efectiva tanto en saturar mapas de ligamiento como en permitir evaluar con precisión suficiente relaciones genéticas es el Diversity Array Technology (DART) (Wenzl *et al.*, 2004). La técnica, que no requiere conocimiento previo de la secuencia, ha sido ajustada para cebada y esta disponible para su utilización a un costo comparativamente bajo por punto de información (<http://www.diversityarrays.com>). Actualmente están disponibles aproximadamente 1000 marcadores DART distribuidos a lo largo del genoma.

2.2.4. Estado del conocimiento: Análisis de QTL

De acuerdo a la genética clásica los fenotipos complejos (o cuantitativos) son controlados por un número infinito de genes con efectos individuales indistinguibles entre si (Bulmer, 1980), lo que implica asumir supuestos de dudosa validez como efectos equivalentes entre genes y ausencia de ciertas interacciones. Es probable que dichos supuestos hayan provocado errores en la estimación de los parámetros genéticos (Allard, 1988). Robertson (1985) propuso una hipótesis alternativa: que la manifestación fenotípica de alelos con bajo niveles de expresión o penetrancia reducida es variación cuantitativa, y que alelos en el mismo *locus* o *loci*, con mayores niveles de expresión y penetrancia, se manifiestan como variación cualitativa. El desarrollo de marcadores moleculares abundantes y polimórficos y procedimientos de análisis y detección de QTL (revisados por Doerge, 2002) han provisto de herramientas para el análisis de estas hipótesis.

El concepto de QTL representa un avance en la comprensión de variables de herencia cuantitativa, al ubicar, relacionar y medir el efecto de distintos factores que afectan dicha herencia, y se refiere a genes que explican fenotipos que no se ajustan a una clasificación mendeliana y son medidos en una escala cuantitativa. Con esa definición el análisis de QTL aparece como apropiado para el estudio de la mayoría de las variables de importancia agronómica. El objetivo es descubrir, estudiar y manipular los genes que determinan variables cuantitativas de particular interés o complejidad.

El análisis de QTL puede servir también para determinar y discriminar, a un nivel medio de resolución, entre situaciones de ligamiento y pleiotropía, permitiendo el uso de estrategias de mejoramiento asistido para la ruptura de ligamientos en fase de repulsión. También pueden permitir dilucidar relaciones entre variables como lo demostraron Zhu *et al.* (1999) al analizar la relación entre variables morfológicas y niveles de infección por *Fusarium sp.* A partir del conocimiento de la ubicación de los genes responsables de diversas variables, permite la elaboración de estrategias específicas de cruzamiento y selección asistida, como la elaboración de pirámides de genes o QTLs (Castro *et al.*, 2003a; Castro *et al.*, 2003b).

2.2.5. Estado del conocimiento: Análisis de desequilibrios de ligamiento

El abordaje más utilizado para la determinación de los genes o QTL controlando un carácter de interés ha sido la utilización de poblaciones segregantes desarrolladas a partir de cruzamientos entre líneas endocriadas (Jannink *et al.*, 2001). La primera limitación de este enfoque es que requiere el desarrollo de una población específica, a lo que se suma que depende del nivel de polimorfismo entre los progenitores. Por otra parte está limitado por el número de meiosis informativas ocurridas en la progenie (una sola en el caso de poblaciones doble-haploides). A su vez la búsqueda de mayor grado de polimorfismo (y por consecuencia mayor número de caracteres a analizar) ha llevado a que las poblaciones utilizadas para mapeo de QTL sean poco representativas de las poblaciones utilizadas por los mejoradores lo que reduce mucho la aplicabilidad de los resultados obtenidos.

Un abordaje alternativo para la identificación de asociaciones entre alelos en marcadores y caracteres de interés (desarrollada originalmente para especies como los humanos donde la producción de poblaciones balanceadas no es posible) es el mapeo por desequilibrio de ligamientos (DL) o mapeo asociativo (Thornsberry *et al.*, 2001; Cardon y Bell, 2001). Su uso puede permitir el análisis de una base genética más amplia que los cruzamientos bi-parentales. Se basa en la falta de independencia de los alelos en una población (Gaut y Long, 2003) y evita la necesidad de la construcción de poblaciones de mapeo específicas. Una revisión reciente del método se encuentra en Gupta *et al.* (2005). La hipótesis es que los DL entre marcadores y atributos fenotípicos pueden deberse al ligamiento entre el marcador y el gen de interés. Permite obtener información de la base genética de características de interés a un costo menor que el mapeo de QTL en poblaciones balanceadas. Potencialmente puede llegar a considerar todas las recombinaciones ocurridas en la historia de un cultivo, presentando mayor robustez que el análisis de QTL tradicional.

La resolución de un análisis de DL es potencialmente superior al análisis tradicional basado en poblaciones segregantes pero depende del grado de diversidad incluido (poblaciones más diversas: mayor resolución) y la distancia generacional con la mutación original (Bink y Meuwissen, 2004). En el caso de cebada cultivada se observa una caída del DL a partir de 5-10 cM (Kraakman *et al.*, 2004; Condon y Smith, 2005), lo cual representa un nivel razonable para la búsqueda de asociaciones entre marcadores y caracteres.

El mapeo por DL ha sido el enfoque estándar en la búsqueda de una mejor precisión del mapeo de genes de enfermedades humanas (Jorde, 2000), pero su uso en genética vegetal ha sido reciente. En maíz se han encontrado asociaciones significativas con genes candidatos (Thornsberry *et al.*, 2001; Wilson *et al.*, 2004). En avena Beer *et al.* (1998) encontraron asociaciones entre marcadores y 13

variables fenotípicas utilizando un grupo de 64 variedades y variedades de campo, mientras que en cebada, Igartua *et al.* (1999) concluyeron que las asociaciones entre marcadores y fecha de floración se mantenían, hasta cierto punto, entre 32 cultivares. Más recientemente Ivandic *et al.* (2003) encontraron asociaciones de marcadores en el cromosoma 4H con tolerancia al estrés hídrico y resistencia a oidio en 52 líneas silvestres de cebada. Kraakman *et al.* (2004) utilizando una base genética de 146 cultivares europeos modernos identificaron asociaciones significativas entre marcadores AFLP y las variables rendimiento y estabilidad de rendimiento.

Un elemento fundamental para estudios de asociación es la necesidad de determinar la estructura de la población, debido a que mezclas de poblaciones pueden conducir a asociaciones espurias (Pritchard *et al.*, 2000). En el caso de poblaciones asociadas al mejoramiento genético la disponibilidad de los registros de cruzamientos y las relaciones de coancestría entre materiales permite una estimación apropiada de la estructura de la población. El uso de modelos mixtos que incorporan datos genotípicos, fenotípicos y de relaciones entre componentes de la población ha resultado efectivo para la detección de genes en maíz (Parisseaux y Bernardo, 2004; Arbelbide *et al.*, 2006) y estudios de simulación han demostrado que el mapeo genético mediante modelos mixtos es útil en especies autógrafas (Arbelbide *et al.*, 2006). Las ventajas del mapeo asociativo mediante uso de modelos mixtos pueden sintetizarse en que permite utilizar poblaciones amplias con el consiguiente aumento de la potencia y de la precisión en la detección de genes, que las poblaciones representan una muestra representativa del germoplasma útil y que habilita la utilización de la información normalmente generada en un programa de mejoramiento.

Una limitante a considerar es el supuesto básico de que la identidad alélica es debida en todos los casos a identidad por descendencia, sin considerar la posibilidad de identidades por estado. En el caso de marcadores poco polimórficos y/o basados en identificación de diferencias de tamaño de fragmentos la validez de dicho supuesto puede ser muy dudosa en casos de poblaciones muy diversas. El uso de marcadores basados en secuencias (como los SNP) limita este problema.

Por otra parte, al darse un mayor número de eventos de recombinación en la constitución de la población en estudio, los problemas de detección derivados de la existencia de recombinación entre el marcador y el QTL de interés son mayores que en los métodos de análisis basados en poblaciones balanceadas, en otras palabras es posible que la recombinación elimine el ligamiento entre alelo del marcador y gen.

2.2.6. Estado del conocimiento: Selección asistida por marcadores

Lande y Thompson (1990) mostraron como la información de marcadores de ADN podía mejorar la estimación de los valores genéticos y por tanto la respuesta obtenida a la selección. La selección asistida por marcadores (SAM) ha sido utilizada fundamentalmente para incrementar la frecuencia de alelos favorables en generaciones tempranas y para acelerar el proceso de incorporación de alelos deseados (y eliminación del arrastre por ligamiento) a germoplasma de alto valor mediante esquemas de retrocruzas asistidas con marcadores moleculares. En el caso de cebada SAM ha sido utilizada para la selección por alelos favorables en QTL individuales (por ejemplo Toojinda *et al.*, 1998; Coventry *et al.*, 2003; Collins *et al.*, 2003) o la construcción de pirámides de alelos de resistencia de diverso tipo (Castro

et al., 2003a; 2003b). En ese caso, la sola información fenotípica no hubiera permitido detectar aquellos individuos con distinto número de alelos resistentes en los QTL en estudio. De la misma manera, en las pirámides de resistencia cuantitativa y cualitativa a roya estriada creadas por Castro *et al.* (2003a) la disponibilidad de información genómica permitió diferenciar en los genotipos con resistencia cualitativa aquellos que además poseían alelos resistentes en los QTLs incorporados a la pirámide.

Existen varios elementos que han limitado el uso de esquemas de SAM en el mejoramiento genético aplicado (Dekkers y Hospital, 2002). En primer lugar la moderada precisión en la ubicación de los alelos candidatos, debida en parte a los problemas mencionados de los métodos tradicionales, que ha aumentado las posibilidades de ligamientos indeseados. Otro problema es la variación de los efectos de acuerdo al marco genómico que se considere (Bilgic *et al.*, 2005) por lo que se requiere mayor información acerca del efecto de los alelos candidatos en diferentes contextos genéticos. La escasa similitud entre las poblaciones utilizadas en los estudios tradicionales (donde se maximizan las diferencias) y las utilizadas por los mejoradores (con mucha menor diversidad, en general obtenidas a partir de la cruce entre material elite) también ha limitado su efectividad. Por último, el conocimiento de la diversidad existente entre los materiales elite, y la disponibilidad de marcadores polimórficos entre estos en regiones genómicas de interés es esencial para el desarrollo de esquemas efectivos de SAM.

2.3. Situación actual

En Uruguay las enfermedades a hongos son una de las principales limitantes en el logro de rendimiento y calidad de grano altos y estables en el cultivo de cebada. Los principales componentes de este complejo sanitario son las manchas foliares: mancha en red (agente causal *Pyrenophora teres*), mancha borrosa (agente causal *Cochliobolus sativus*) y escaldadura (agente causal *Rhynchosporium secalis*), la fusariosis de la espiga (causada principalmente por *Fusarium graminearum* y *F. poae*), la roya de la hoja (agente causal *Puccinia hordei*) y el oídio (agente causal *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*) (Pereyra, 1996; Pereyra *et al.*, 2004). La propuesta de trabajo ha sido abordar la problemática sanitaria del cultivo desde un enfoque de manejo integrado, intentando que estas medidas no sólo sean biológicamente eficiente, ambientalmente apropiadas y económicamente rentables sino además que estén disponibles a productores y técnicos.

En el caso particular de las manchas foliares, en la última década han ocurrido avances en el conocimiento y manejo de la *mancha en red*, infecciones esporádicas de *escaldadura* y un incremento de la ocurrencia de *mancha borrosa*, principalmente en la zona norte. Esta última enfermedad es la que presenta más desafíos para su control debido a que los cultivares comerciales utilizados actualmente no presentan niveles adecuados de resistencia (Castro *et al.*, 2006), a la adopción generalizada de la siembra directa, práctica que por su característica de dejar los rastrojos en la superficie del suelo favorece la sobrevivencia y promueve la esporulación de *C. sativus* (Stewart *et al.*, 2001) y a la imposibilidad de implementar un control químico 100% eficiente en años epidémicos. Consecuentemente, es necesario incorporar resistencia genética a mancha borrosa a materiales adaptados al país con calidad maltera.

En el Perú el cultivo de la cebada se encuentra expuesto a una serie de limitaciones, entre las cuales la cantidad y el precio de la semilla así como las

plagas y enfermedades, ocupan un lugar de importancia, por sus consecuencias en la producción, productividad, rentabilidad de los cultivos y especialmente en el efecto que éste tiene en la seguridad alimentaria de la población de la sierra. En el cultivo de cebada la incidencia de roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) y roya morena (parda) o de las hojas (*P. hordei*) inciden directamente en la producción y productividad de este cultivo. La roya amarilla, como en el caso de trigo, puede destruir el cultivo provocando mermas en rendimiento y calidad en un 90%. Las roya amarilla y parda son el principal patógeno que afecta a la cebada en el ecosistema andino.

El agricultor que produce cereales principalmente en la zona andina utiliza tecnologías tradicionales, la preparación del terreno en la mayoría de los casos es a tracción animal en condiciones de ladera y seco, es limitado el uso de semilla de calidad que garantice la pureza de la producción, por ser la cebada un cultivo destinado a terrenos marginales el uso de fertilizantes es mínimo y en algunos casos inexistente y el cultivo de cereales está supeditado al monocultivo y escasamente a rotaciones con papa o leguminosas, utiliza bajas densidades de siembra, no realiza un adecuado control de malezas.

La mancha borrosa es una enfermedad importante de la cebada básicamente en todos los países productores de América Latina, tanto por las pérdidas de rendimiento así como en la calidad del grano cosechado. Observaciones realizadas por investigadores de la región han constatado un incremento en la incidencia y severidad de esta enfermedad en los últimos 5 años. Aunque los relevamientos no son frecuentes en la región debido a la falta de recursos, patólogos, mejoradores y extensionistas han reportado este aumento en importancia en Chile, Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina, Uruguay, Brasil, Colombia México y EEUU (F. Capettini y J. Franckowiak, com. pers.). Mayor investigación es necesaria para determinar con precisión las causas de este paulatino cambio, pero se anticipa que las prácticas conservacionistas pueden estar favoreciendo este incremento. Para combatirla es necesario contar con diversos genes de resistencia incorporados en variedades con características agronómicas aceptables en las diversas regiones del continente.

Luego de la introducción de la roya amarilla en las Américas a partir del inicio de la década de los 80, toda variedad comercial que se desee liberar en los países Andinos y México deben presentar resistencia a esta enfermedad. Estudios realizados en la época indicarían que la raza más prevalente en la región es la No.24 (Dubin y Stubbs, 1985). La resistencia presente en el germoplasma disponible ha sido efectiva prácticamente por más de 14 años. En el 2000 se recibieron comunicaciones de Perú y Ecuador de que fuentes de resistencia utilizados en la región estarían presentando cambios en su comportamiento frente a la enfermedad (L. Gómez, M. Rivadeneira, com pers.). Estudios de determinación de la posible nueva raza, fuentes de resistencia disponibles, etc. necesitan ser llevados a cabo para evitar pérdidas importantes en la producción, especialmente en los productores de subsistencia. Considerando la migración observada cuando el surgimiento de la roya amarilla en los 80, es de esperar que la posible nueva raza también se extienda a otros países de Sudamérica, para luego emigrar a México, oeste de EEUU y Sur de Canadá.

2.4. Justificación y relevancia

Las enfermedades son hoy una de las principales limitantes del cultivo de cebada en América Latina y el desarrollo de cultivares resistentes surge como la

alternativa más eficiente, económica y respetuosa del medio ambiente para la solución de dicha limitante, y por tanto un objetivo natural de los programas de mejoramiento genético nacionales. La erradicación de las enfermedades no es posible, y la alternativa disponible, el uso de control químico, es inviable en las condiciones andinas, compromete la viabilidad de los productores de las llanuras atlánticas y presenta impactos negativos sobre el medio ambiente. Los avances en genómica proveen, en el momento actual, de herramientas de probada eficiencia para el desarrollo acelerado de germoplasma con resistencia durable mediante la acumulación de genes de resistencia, estrategia de dificultosa realización por mecanismos convencionales de selección fenotípica. La mayor disponibilidad de herramientas genómicas en la región permite suponer que su uso puede ser viable y efectivo como apoyo al mejoramiento de cebada en América Latina, en particular en lo que refiere al desarrollo de germoplasma con resistencia durable.

Sin embargo el aporte de la genómica al mejoramiento genético, entendido éste como el desarrollo de nuevas variedades, ha sido reducido, no solo en la región sino a nivel mundial. La principal limitante hoy se encuentra no por el lado del desarrollo de técnicas eficientes de selección asistida, área donde se han registrado avances continuos junto a incrementos de capacidades y reducción de costos, sino por una notoria escasez de genes y QTLs de interés localizados y caracterizados disponibles para ser utilizados en esquemas de selección asistida mediante su introgresión en germoplasma de valor agronómico y adaptación. Esta limitación, que impide el aprovechamiento integral de las potencialidades de los avances registrados en las técnicas de análisis genómico, ha motivado iniciativas específicas destinadas a la detección y cartografía de genes a gran escala, como el mencionado Barley CAP Project (www.barleycap.org). Una de las limitaciones de estos esfuerzos es que las prioridades responden a las necesidades de regiones desarrolladas.

Nuestra intención, con el presente Proyecto, es dar un salto cualitativo y cuantitativo en el desarrollo de germoplasma de cebada resistente a enfermedades utilizando una serie de capacidades disponibles a nivel regional, junto con redes de cooperación desarrolladas en las últimas décadas y la disponibilidad de herramientas avanzadas que hacen viable la propuesta. Como ya se señaló se optó por dos enfermedades que cubren el espectro de situaciones del cultivo en la región. La propuesta plantea en primer lugar la utilización de resistencias ya cartografiadas, disponibles y de efectividad conocida en el desarrollo de germoplasma adaptado a las regiones que cubre el Proyecto utilizando para tal fin las capacidades desarrolladas en los últimos años por los participantes. Paralelamente, y este componente es central al Proyecto, se caracterizaran y cartografiaran nuevos genes y QTLs de resistencia utilizando una combinación ideal de herramientas: la capacidad de análisis fenotípico de los integrantes del equipo, la potencia de análisis genotípico de nuevos instrumentos como la plataforma Illumina OPA y los marcadores DArT, las herramientas de análisis estadístico que están siendo desarrolladas en el marco del Barley CAP Project y las características del germoplasma desarrollado por ICARDA. Este germoplasma, o más específicamente la explotación de sus características, es un elemento central en el Proyecto. Debido al uso sistemático de selección recurrente y el énfasis en la resistencia en planta adulta y cuantitativa, dicho germoplasma ha sido una fuente de numerosos QTLs y genes de resistencia a varias enfermedades (Hayes et al., 2001). Por otra parte dado su obtención mediante esquemas de selección recurrente

presenta muy poca estructura de población (Hayes, com.pers.) lo que lo hace ideal para el uso de técnicas de mapeo por desequilibrio de ligamiento. La estrategia propuesta es por tanto determinar los QTLs y genes de resistencia presentes en dicho germoplasma mediante el uso de mapeo por desequilibrio de ligamiento utilizando para tal fin los datos fenotípicos generados por el conjunto del consorcio, los datos genotípicos de alta densidad provistos por la plataforma Illumina y por DArT y las herramientas estadísticas desarrolladas por el Barley CAP. Por último, el Proyecto propone avanzar en el desarrollo de pirámides de resistencia combinando los nuevos genes detectados con los ya utilizados en la primera etapa.

A nuestro juicio la propuesta permitirá dar una respuesta eficiente y efectiva al problema del desarrollo de germoplasma resistente para América Latina cuyo impacto no se reduce solamente al germoplasma directamente desarrollado por el Proyecto sino que abre la posibilidad de la explotación posterior por todos los programas de mejoramiento de los genes y QTL que se localicen al proveer las herramientas para su incorporación a esquemas de selección asistida. Muchos programas de mejoramiento en la región cuentan con los laboratorios y la infraestructura (relativamente simple) necesaria para incorporar herramientas de análisis genómico al proceso de selección y desarrollo de nuevos cultivares. Con lo que no cuentan es con información referente a genes o QTLs de interés o los recursos necesarios para realizar la detección por su cuenta. Este Proyecto busca específicamente avanzar en esa dirección y ayudar a cubrir esa carencia.

Por otra parte el impacto del Proyecto no se limita a las dos enfermedades en estudio, sino que considerando la amplia gama de resistencias presente en el germoplasma de ICARDA es posible utilizar los datos genómicos que se obtendrán para trabajos en caracterización y localización de resistencias a otras enfermedades.

2.5. Áreas de influencia

El presente Proyecto busca desarrollar germoplasma resistente a roya amarilla y mancha borrosa adaptados a los ambientes productivos de Uruguay y Perú. En principio, las áreas en las que se tendría influencia y posible impacto serían las comprendidas por los Megadominios I (Sur de Brasil, Este del Paraguay, Uruguay y Pampas Argentinas), II (Chile Central y Oeste de Argentina), V (Sistemas Altos Andinos), VIII (América Central y Sur de México) y XI (Norte de México y Sur de EE.UU.). Sin embargo, la importancia de las enfermedades consideradas y las redes de colaboración establecidas a la vez que a través de otros programas de investigación y validación de tecnología en los que ya se encuentra trabajando, se aseguraría la evaluación y posible impacto adicional del germoplasma en un área amplia a través del continente y posiblemente a nivel mundial, sin costo adicional para este Proyecto, ya que son financiados por otras fuentes.

2.6. Articulación previa

Este Proyecto está basado en la utilización de fortalezas comparativas y experiencias complementarias del equipo y de sus colaboradores junto a la integración de éstos en las cadenas productivas de ambos países. El Centro Internacional de Investigaciones Agrícolas para Zonas Áridas (ICARDA, www.icarda.org) ha desarrollado germoplasma de cebada para su utilización en los programas de mejoramiento de América latina por más de 35 años, colaborando en esa tarea con las instituciones de Uruguay y Perú entre otros. ICARDA y OSU han trabajado en el desarrollo de

variedades de cebada de primavera con resistencia durable a la roya amarilla, enfocándose en el mapeo y liberación de genes de resistencia cuantitativa.

La UDELAR e INIA en Uruguay han coordinado su trabajo de investigación en el cultivo desde hace más de 15 años, y trabajo que ha conducido al desarrollo de tecnologías sumamente exitosas en asegurar la sustentabilidad del cultivo y su competitividad. A su vez OSU y UDELAR, con colaboración de INIA, han desarrollado desde 2002 trabajos conjuntos dirigidos a la determinación de las bases genéticas de características de importancia agronómica y el uso de herramientas genómicas para la solución de problemas productivos del cultivo.

La UPCH es la institución líder en investigación en el Perú con 95% de las publicaciones científicas del país. Su nueva unidad de Investigación en Genómica esta llevando a cabo proyectos de investigación en colaboración con OSU, INIEA del Perú y la Universidad Nacional Agraria la Molina. El INIEA peruano mantiene una estrecha colaboración con ICARDA-CIMMYT quien provee de material avanzado desde hace años al programa de mejoramiento de cereales peruano. La UPCH trabajará en diversas estaciones experimentales agrarias participantes de las actividades del Programa Nacional de Investigación de cultivos andinos que ha liberado y registrado las variedades *Guenther* (1993) y la *Moronera INIA* (1997) y dispone de una nueva variedad que será liberada el presente año. El Proyecto Cultivos Andinos continúa trabajando con materiales genéticos procedentes del CIMMYT para obtener nuevas variedades de cebada resistentes a roya y la calidad de grano para la transformación agroindustrial que en la zona andina a adquirido mayor mercado como hojuelas, morón, chakepa entre otros derivados que contribuyen ala seguridad alimenticia del poblador andinos de escasos recursos. A nivel de la región sierra las estaciones experimentales que participan en el desarrollo de los trabajos de investigación en cebada, estratégicamente ubicadas son: Andenes (Cusco), Santa Ana (Junín).

III. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A. Objetivo general

Desarrollo de germoplasma de cebada adaptado y resistente a enfermedades en América Latina mediante la implementación de herramientas genéticas innovadoras para la mejora de cultivos agrícolas, que aporten a la sostenibilidad y la competitividad de cadenas de valor y al ingreso de los agricultores.

B. Objetivos específicos

1. Introgresión de QTLs de resistencia ya localizados en germoplasma adaptado a las distintas regiones comprendidas en el Proyecto, mediante la implementación de técnicas de selección asistida.

Utilización de QTLs de resistencia ya caracterizados y localizados genómicamente para su introgresión en materiales adaptadas a las dos regiones incluidas en el Proyecto, obteniéndose material genético adaptado y con mejores niveles de resistencia a las enfermedades analizadas.

2. Identificación, caracterización y determinación de la localización genómica de resistencia a roya amarilla y mancha borrosa, utilizando como base el germoplasma desarrollado por ICARDA/CIMMYT junto al material desarrollado por programas nacionales.

Mediante la caracterización fenotípica y genómica utilizando herramientas de última generación y alta productividad del germoplasma desarrollado por ICARDA en su programa de mejoramiento en América Latina, y el análisis de los resultados mediante instrumentos informáticos avanzados se determinará la localización genómica de las resistencias de diverso tipo incorporadas a dicho germoplasma a través de ciclos de selección recurrente.

3. Desarrollo de germoplasma con pirámides de fuentes de resistencia incorporadas.

Iniciación de esquemas de piramidación de genes y QTLs de resistencia diversos en una misma base de adaptación a las regiones en estudio, utilizando la información desarrollada en las etapas iniciales del Proyecto.

4. Implementación de esquemas de cooperación en el desarrollo de germoplasma entre los participantes basados en la incorporación de herramientas de análisis genómico al proceso rutinario de selección.

Desarrollo de una red de cooperación entre los participantes del Proyecto incluyendo a otros actores regionales, que permita la utilización de herramientas genómicas avanzadas para la solución de problemas agrícolas específicos. Este es un objetivo cuya concreción está dada por la efectiva realización del Proyecto (que implica un esquema de cooperación en el desarrollo de germoplasma) y que por tanto no incluye metas específicas.

C. Metas

1. Introgresión de QTLs de resistencia ya localizados en germoplasma adaptado a las distintas regiones comprendidas en el Proyecto, mediante la implementación de técnicas de selección asistida.

i. Incorporación de la resistencia a RA de Shyri (cromosoma 1H) y Calicuchima (4H) en material adaptado a la región andina utilizando como fuente líneas desarrolladas por OSU que contienen ambos QTL.

Indicadores verificables:

- Número de líneas RC_3F_1 incorporando QTL de resistencia a RA desarrolladas

ii. Incorporación de la resistencia a MB detectada en la población BCD47/Baronesse y en líneas derivadas de la fuente NDB112 (existen resultados preliminares en ese sentido) en una base genética adaptada a las condiciones de producción de Uruguay.

Indicadores verificables:

- Número de líneas RC_3F_1 incorporando QTL de resistencia a MB desarrolladas

2. Identificación, caracterización y determinación de la localización genómica de fuentes de resistencia a roya amarilla y mancha borrosa, utilizando como base el germoplasma desarrollado por ICARDA/CIMMYT junto al material desarrollado por programas nacionales.

(i) Caracterización de 300-400 líneas avanzadas desarrolladas por el programa de mejoramiento de ICARDA y los programas nacionales por su comportamiento a las principales enfermedades de cebada (con énfasis en RA y MB).

(ii) Caracterización de las 300-400 líneas mencionadas en (i) mediante 3000 marcadores de secuencia (SNPs) utilizando la plataforma ILLUMINA y 700 marcadores DArT.

(iii) Determinación de las bases genéticas de la resistencia genética a RA y MB presente en las líneas mencionadas en (i) y (ii) mediante análisis de desequilibrio de ligamiento.

Indicadores verificables:

- Número de líneas resistentes a MB y RA determinadas
- Número y localización de genes y QTL de resistencia a MB y RA detectados

3. Desarrollo de germoplasma con pirámides de fuentes de resistencia incorporadas.

(i) Introgresión de nuevas fuentes de resistencia a RA localizadas en el germoplasma de ICARDA estudiado en 3.2.B en el material desarrollado en 3.2.A(i)

Indicadores verificables:

- Número de líneas RC₂ incorporando más de un QTL y/o gen de resistencia a MB desarrolladas

(ii) Introgresión de nuevas fuentes de resistencia a MB localizadas en el germoplasma de ICARDA estudiado en 3.2.B en el material desarrollado en 3.2.A(ii)

Indicadores verificables:

- Número de líneas RC₂ incorporando más de un QTL y/o gen de resistencia a RA desarrolladas

D. Metodología

Introgresión de fuentes de resistencia en germoplasma adaptado a las distintas regiones comprendidas en el Proyecto, mediante la implementación de técnicas de selección asistida.

La metodología a utilizar será equivalente para RA y MB, realizándose los trabajos en el primer caso en la UPCH y en el segundo en la UDELAR e INIA.

Fuentes de resistencia

Roya amarilla: Líneas cuasi-isógenicas sobre Baronesse con introgresión de los QTL en los cromosomas 1H y 4H (desarrolladas por la Oregon State University).

Mancha borrosa: BCD47 (QTL en el cromosoma 1H) y ND17268 (gen de resistencia en proceso de mapeo)

Padres susceptibles adaptados: Tres líneas por región (Perú – Uruguay) con buen comportamiento agronómico y de calidad.

Métodos:

1. Cruzamientos y retrocruzas entre líneas elite susceptibles y fuentes de resistencia. Obtención de las RC1.
2. Selección con marcadores flanqueantes las líneas RC1 heterocigotas en los QTL de resistencia, selección de fondo con marcadores de ubicación aleatoria y retrocruza de las RC1 seleccionadas. Obtención de RC2.

3. Repetición de 2 con las RC2. Obtención de RC3. Autofecundación y selección de líneas RC3F1 homocigotas para los QTL de resistencia.

Institución responsable:

Mancha Borrosa: EEMAC, Facultad de Agronomía, UDELAR (Invernadero, laboratorio y campo experimental); Facultad de Agronomía, Montevideo (Laboratorio); EELE, INIA (Laboratorio, invernaderos y campo experimental).

Roya amarilla: UPCH. Facultad de ciencias, Unidad de Genómica (Laboratorio y campo)

Identificación, caracterización y determinación de la localización genómica de resistencia a roya amarilla y mancha borrosa, utilizando como base el germoplasma desarrollado por ICARDA/CIMMYT junto al material desarrollado por programas nacionales.

Caracterización fenotípica

Mancha borrosa.

Resistencia en planta adulta:

Evaluación a campo del conjunto de 300-400 líneas avanzadas en localidades experimentales: Toluca, El Batán, Ciudad Obregón y campos de productores (México); Colonia y Paysandú (Uruguay), con inoculación artificial y natural.

La evaluación de severidad en planta adulta se realizará en ensayos parcelarios a campo con siembras de invierno y de verano sin repeticiones, en parcelas de 2 surcos de 1 m de largo, con 0.20 m de separación entre surcos, y 0.30 m de separación entre parcelas a campo. Se sembrarán materiales susceptibles cada 20 parcelas. Las plantas se inocularán con pulverizador al estadio de Z 45 (Zadoks *et al.*, 1974) con una mezcla de ocho a diez aislamientos monospóricos provenientes del área de producción obtenidos de diferentes localidades, años y cultivares, a una concentración de 8×10^3 conidios/ml. La cantidad de inóculo aplicada será aproximadamente 50 ml/m². La evaluación se realizará en las tres hojas superiores en distintos momentos: a los estadios de Z 59, 71 y 83-85 estimando el porcentaje de área foliar cubierta por la enfermedad (severidad). Se determinará además el área bajo la curva de progreso de la enfermedad (AUDPC). En la última lectura, se realizará una evaluación cualitativa de la respuesta de infección con la metodología propuesta por Fetch y Steffenson (1999) basada en la presencia de necrosis y clorosis y en el tamaño de las lesiones.

Resistencia en plántula:

La evaluación del tipo de reacción (en plántula) para mancha borrosa se realizará en invernáculo. Las plántulas serán inoculadas con una suspensión de conidios provenientes de ocho a diez aislamientos monospóricos representativos del área de producción del cultivo, utilizando pincel de aire Paasche, en el estado de segunda hoja totalmente desplegada. La concentración del inóculo a utilizar será 6×10^3 conidios/ml. Luego de la inoculación, las plantas se colocarán en cámara húmeda en ambiente controlado (20-22°C, fotoperiodo 12hrs y 100% de humedad relativa) por 24 hrs. La respuesta a la infección se evaluará en la segunda hoja 10 a 12 días post inoculación. Se utilizará la escala 1-9 (1 - muy resistente; 9 - muy susceptible) de Fetch y Steffenson (1999).

Roya Amarilla

Resistencia en planta adulta:

Evaluación a campo del conjunto de 300-400 líneas avanzadas que serán sembradas en experimentos de invierno y de verano sin repeticiones, en parcelas de 2 surcos de 1 m de largo, con 0.20 m de separación entre surcos, y 0.30 m de separación entre parcelas. Los mismos serán sembrados en diversas localidades en: México (Toluca y campos de productores), Perú (Los Andenes en Cuzco y Baños del Inca en Cajamarca), Ecuador (Estación Santa Catalina del INIAP), Chile (Estación INIA Quilamapu) y Canadá (estación de Alberta Agriculture en Lacombe). En Perú se puede usar, alternativamente, la estación de Santa Ana (Junín) e Illpa Puno dependiendo de las condiciones climáticas. Se usará inoculación natural y artificial.

En Toluca los 300-400 genotipos se sembrarán en campo para su evaluación en planta adulta y a través del tiempo (AUDPC). Se establecerán dos surcos de un metro por cultivar con una densidad de siembra de 300 semillas por m² (100 kg/ha aprox.). Alrededor de las parcelas se sembrará una mezcla de genotipos susceptibles que sirvan como dispersores de esporas, los cuales se inocularán a los 20 días después de la siembra asperjando uredosporas frescas de *Puccinia striiformis* f. sp. *hordei* suspendidas en aceite Soltrol-170 (aproximadamente 1 g de esporas/l de aceite), con la misma virulencia utilizada en la evaluación de plántula. Una vez establecida la epidemia se evaluará cada 8 días, registrando la severidad de la enfermedad, utilizando para esto la escala de (Peterson *et al.*, 1948). Se calculará el área bajo curva del progreso de la enfermedad, la cual, junto con la severidad final, se utilizarán como parámetros epidemiológicos en el análisis de detección de QTLs.

Resistencia en plántula:

El germoplasma a evaluar se sembrará en charolas de plástico de 30 x 25 x 10 cm (largo x ancho x alto) con una mezcla de suelo-Peet Moss (Fafard[®]) (1:1) pasteurizada. Un total de veinte genotipos a evaluar y más testigos susceptibles de reacción conocida se colocarán en cada charola. Aproximadamente siete semillas de cada cultivar se sembrarán en cada hoyo. Las plántulas de ocho días se inocularán por aspersión con una suspensión de aproximadamente 8×10^5 uredosporas frescas de *P. striiformis*/ml de aceite Soltrol-170 y se colocarán durante 18 horas en una cámara de incubación con alta humedad relativa, obscuridad completa y 15 °C. Después se trasladarán a un invernadero con temperatura media de 18 °C y 16 horas de luz.

Los genotipos se calificarán dos veces, una a los 15 días y otra a los 20 días después de la inoculación, para determinar si algunos cultivares tienen un período de latencia (PL) más prolongado que otras, debido a que podría ser una evidencia de resistencia cuantitativa. El tipo de infección (TI) se determinará con base en la escala de McNeal *et al.*, (1971). Los cultivares con $TI < 7$ se consideraron resistentes y cultivares con $TI \geq 7$ se consideraron susceptibles. Los experimentos se repetirán las veces necesarias.

Caracterización genotípica

El conjunto de las 300-400 líneas avanzadas en estudio será caracterizado genotípicamente utilizando tres sets de marcadores moleculares:

A) Un conjunto de 40-60 SSR y STSs polimórficos de localización conocida que cubran la totalidad del genoma. El objetivo de esta caracterización es facilitar la aplicación de los resultados a nivel de programa de mejoramiento.

Responsables: UPCH, ICARDA, colaboración de OSU

B) Aproximadamente 2000 SNPs mediante la plataforma Illumina Oligo Pool Assay (OPA) que esta siendo desarrollada en el marco del proyecto CAP-Barley (<http://www.barleycap.org>)

Responsable: ICARDA, colaboración de OSU

C) Aproximadamente 700 marcadores desarrollados mediante la tecnología Diversity Array Technology (DArT) (<http://www.diversityarrays.com/>)

Responsable: ICARDA, colaboración de OSU

Determinación de genes y QTL de resistencia

A) Determinación de estructura haplotípica

La estructura de bloques haplotípicos será determinada mediante los métodos de partición del desequilibrio de ligamiento desarrollados por Gabriel *et al.* (2002), utilizando la información generada en la etapa anterior. Este es el primer paso para la detección de asociaciones haplotipo-carácter.

B) Determinación de asociaciones marcador-resistencia

Se utilizará un enfoque de modelo mixto para la identificación de marcadores asociados con resistencia a las enfermedades en estudio, incorporando la información genómica y fenotípica generada por el Proyecto, junto con información de genealogía de los materiales y de estructura de la población. Para tal fin se utilizará el software "QTL Miner" en proceso de desarrollo por parte del Proyecto CAP-Barley (<http://www.barleycap.org>)

Desarrollo de germoplasma con pirámides de fuentes de resistencia incorporadas.

La metodología a utilizar será equivalente para RA y MB, realizándose los trabajos en el primer caso en la UPCH y en el segundo en la UDELAR.

Fuentes de resistencia: Se utilizarán los materiales desarrollados en 3.3.A como base (padres recurrentes), sobre los que se incorporarán fuentes de resistencia caracterizadas y localizadas genómicamente en 3.3.B (padres donantes).

1. Cruzamientos y retrocruzas entre líneas RC_3F_1 desarrolladas en 3.3.A (padre recurrente) y fuentes de resistencia detectadas en 3.3.B. Obtención de las RC_1 .

2. Selección con marcadores flanqueantes las líneas RC_1 heterocigotas en los QTL de resistencia, selección de fondo con marcadores de ubicación aleatoria y retrocruza de las RC_1 seleccionadas. Obtención de RC_2 .

De acuerdo a la duración del proyecto se espera llegar a esta etapa a la finalización. La continuación del proceso de desarrollo de pirámides de resistencia seguirá a cargo de cada una de las instituciones participantes con las capacidades desarrolladas en el proyecto.

Institución responsable:

Mancha Borrosa: EEMAC, Facultad de Agronomía, UDELAR (Invernadero, laboratorio y campo experimental); Facultad de Agronomía, Montevideo (Laboratorio); EELE, INIA (Laboratorio, invernaderos y campo experimental).

Roya amarilla: UPCH. Facultad de ciencias, Unidad de Genómica (Laboratorio y campo).

E. Cronograma

Año	2007				2008				2009				
	Trimestre	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
3.2.1.A. Introgresión de resistencia													
Desarrollo de RC ₁ (RA)	■	■	■	■									
Desarrollo de RC ₁ (MB)													
Desarrollo de RC ₂ (RA) SAM					■	■							
Desarrollo de RC ₂ (MB) SAM	■	■											
Desarrollo de RC ₂ F ₂ (MB)	■	■	■	■									
Desarrollo de RC ₃ (RA) SAM								■	■				
Desarrollo de RC ₃ (MB) SAM			■	■	■	■							
Desarrollo RC ₃ F ₂ (RA) SAM										■	■		
Desarrollo RC ₃ F ₂ (MB) SAM							■	■	■				
Desarrollo líneas avanz. RA												■	■
Desarrollo líneas avanz. MB									■	■	■	■	■
Evaluación Líneas avanzadas												■	■
3.2.1.B. Identificación y caracterización de resistencia													
Conformación de colecciones	■												
Caracterización MB (P.Adulta)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caracterización MB (Plántula)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caracterización RA (P.Adulta)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caracterización RA (Plántula)		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Caracterización genómica													
Análisis y determinación de resistencias								■	■	■	■	■	■
3.2.1.C. Desarrollo de pirámides de resistencia													
Cruzamientos y F ₁ (RA)										■	■		
Cruzamientos y F ₁ (MB)										■	■	■	■
Desarrollo de RC ₁ (RA)												■	■
Desarrollo de RC ₁ (MB)												■	■
Desarrollo de RC ₂ (MB)												■	■
Elaboración de informe													■

Actividad realizada por

■	Universidad de la República	■	Univ. Per. Cayetano Heredia/INIEA	■	Conjunta
■	ICARDA	■	Inst. Nac. Inv. Agropecuarias		

F. Resultados cuantificables e impactos verificables

F.1 Resultados

F.1.A. Identificación, caracterización y determinación de la localización genómica de fuentes de resistencia a roya amarilla y mancha borrosa.

La identificación y caracterización de regiones genómicas asociadas a niveles deseables de resistencia a ambas enfermedades dará como resultado final un catálogo de genes y QTL de resistencia a ambas enfermedades, con localización genómica conocida y genotipos que los contienen disponibles para su uso en mejoramiento. Esto permitirá la implementación práctica de esquemas eficientes de desarrollo de nuevas variedades resistentes, no solo a los programas participantes, sino a los restantes programas de mejoramiento de la región.

F.1.B. Introgresión de fuentes de resistencia en germoplasma adaptado a las distintas regiones comprendidas en el Proyecto, mediante la implementación de técnicas de selección asistida.

Mediante esquemas de selección asistida, se incorporarán aquellas regiones genómicas asociadas a resistencia cuantitativa y/o cualitativa, detectadas en esfuerzos previos de mapeo genético, utilizando como base el germoplasma adaptado a Uruguay para mancha borrosa y a la región andina (Perú-Ecuador) para roya amarilla. El resultado será un conjunto de genotipos adaptados con resistencia conocida incorporada. Dichos genotipos podrán eventualmente traducirse en nuevos cultivares directamente o ser usados por los programas de mejoramiento locales.

F.1.C. Desarrollo de germoplasma con pirámides de fuentes de resistencia incorporadas.

En base a la información generada en la primera etapa se incorporarán mediante esquemas de selección asistida múltiples genes y/o QTL de resistencia detectados y localizados en la primera sección a germoplasma adaptado (incluyendo el desarrollado en la segunda sección). El resultado será un conjunto de genotipos adaptados con resistencias múltiples de localización conocida incorporada. Dichos genotipos podrán eventualmente traducirse en nuevos cultivares directamente o ser usados por los programas de mejoramiento locales. Es importante considerar que la información necesaria para el desarrollo de pirámides de resistencia (genes y QTL localizados y marcadores asociados) se encuentra hoy disponible en forma muy limitada y justamente el Proyecto, al poner un énfasis marcado en la detección y localización genómica de nuevas fuentes de resistencia, está buscando abrir esa posibilidad.

F.1.D. Implementación de esquemas de cooperación en el desarrollo de germoplasma entre los participantes basados en la incorporación de herramientas de análisis genómico al proceso rutinario de selección.

La realización del presente Proyecto constituye el primer producto de un esquema de cooperación entre las instituciones participantes para la obtención de respuestas a problemas de la producción (el desarrollo de germoplasma resistente y las herramientas para su utilización en los programas de mejoramiento nacionales) mediante la aplicación de técnicas avanzadas de análisis genómico. Dada la estructura del Proyecto es imposible que se obtengan resultados si la red de cooperación entre los componentes no funciona en forma eficiente.

F.2. Impactos

El presente Proyecto impactará en el cultivo de cebada en el mediano plazo mediante el desarrollo de nuevos cultivares con resistencia más durable a enfermedades. Eso se traduce en disminución de riesgos para el productor y toda la cadena, menores costos, menor uso de agroquímicos y en términos generales una producción más sostenible. Pero además, el Proyecto mejorará la articulación de la investigación genética con la solución de problemas específicos de la producción a través del mejoramiento genético. En ese sentido las capacidades y conocimientos desarrollados impactarán, no solamente en los dos sistemas cultivo-enfermedad incorporados, sino en otras enfermedades y sobre todo en otros cultivos. Las técnicas y conocimientos a utilizar son de rápida incorporación a otros sistemas.

A mediano y largo plazo (en particular para RA): el incremento en área de cultivares resistentes indirectamente beneficia a todo el cultivo ya que disminuye el área de supervivencia del patógeno, la cantidad de inóculo inicial y presente durante el desarrollo del cultivo. Menos inóculo también disminuye la tasa de aparición de nuevas razas, incrementando la duración de la resistencia.

Las enfermedades afectan significativamente los rendimientos en cebada, llegando en algunos casos al 100% de reducción, como en el año 1976, cuando ingresó al Perú el hongo *Puccinia striiformis* que eliminó casi el total de las variedades comerciales cultivadas entonces. Una forma de control de enfermedades es el control químico con fungicidas. Estas costosas aplicaciones son inviables en el Perú y afectan fuertemente la sustentabilidad económica del cultivo en Uruguay. En este país se ha promediado 1.5 aplicaciones de fungicidas por año en las últimas zafas, de acuerdo a la información manejada por la industria maltera. Bajo este contexto es fundamental que las variedades que usan los agricultores sean resistentes/tolerantes a estos patógenos, lo que mejorará los rendimientos y disminuirá los costos de producción por la eliminación del pesticida del paquete de producción. Al eliminar las aplicaciones químicas preservando el medio ambiente, el desarrollo permanente de nuevas variedades resistentes permitirá que este proceso sea sostenible.

El impacto del Proyecto a nivel de producción se dará necesariamente en el mediano plazo, en fechas posteriores a su culminación. Esto es debido a que el Proyecto proveerá de material avanzado que eventualmente se concretará en nuevas variedades y herramientas (fuentes de resistencia caracterizadas y plataformas avanzadas de aplicación de instrumentos genómicos para el desarrollo de nuevos cultivares) que asegurarán el desarrollo futuro y sostenido de nuevos cultivares. Esto no minimiza su impacto a nivel de producción sino simplemente extiende el plazo de su estimación.

Los trabajos realizados en el Perú (L. Gómez, com. pers.), permiten afirmar que los agricultores aceptan fácilmente las nuevas variedades mejoradas existiendo diferentes canales para la difusión de semillas: Ministerio de Agricultura (Dirección de Producción Agraria, PRONAMACH, INIEA), ONGs, Agricultores y Municipios. De esa misma fuente de información se estima que la siembra de variedades resistentes a la roya amarilla significa un ahorro de \$100 por hectárea por la no aplicación de agroquímicos y un aumento de los rendimientos (por reducción de daños) que un cálculo conservador ubicaría en 35000 TM anuales. Este impacto se traduciría, al menos, al 50% (estimación conservadora del área sembrada con nuevos cultivares) del área ocupada por el cultivo, con una duración promedio de las nuevas variedades de 5 años. En función de éstos números el incremento de los ingresos (ahorro potencial más aumento de producción) debido a nuevas variedades resistentes para las

familias de los pequeños agricultores podría alcanzar los \$60.000.000 en cinco años (luego de liberados los materiales) y beneficiar en el mediano plazo a más de 180.000 familias (en función de los censos realizados) con unidades agropecuarias de 0.75 Ha/familia en promedio.

En el caso de Uruguay la información generada por la UDELAR indica que las variedades resistentes a mancha borrosa no solo tienen menor infección de la enfermedad sino que, a igual nivel de enfermedad, presentan una menor reducción del rendimiento y la calidad que los cultivares susceptibles. Considerando un piso de 140000 ha. anuales, afectadas en un 50% por la enfermedad, y pérdidas reportadas de entre 10 y 30% en rendimiento (S. Pereyra, com. pers.) el germoplasma generado en el Proyecto ayudaría a limitar pérdidas anuales de entre 2 y 6.000.000 (\$110/TM) por mejora de los rendimientos sin considerar los efectos en la mejora del precio del grano por mejor calidad y \$ 2.000.000 por eliminación de aplicaciones innecesarias de fungicidas.

Impacto ambiental

El Proyecto está enfocado al empleo de la resistencia/ tolerancia genética para contrarrestar el daño causado por enfermedades al cultivo de cebada, eliminando o disminuyendo en forma significativa el empleo de pesticidas. Esto permitirá disminuir el uso de agroquímicos en las zonas dedicadas al cultivo minimizando la presencia de residuos contaminantes y contar con una provisión de productos alimenticios e industriales sin residuos perjudiciales para los consumidores. Por otra parte, se disminuirían los daños a otras poblaciones de organismos que habitan los nichos ecológicos tan diversos que caracterizan al Perú y a las praderas de Uruguay.

Las tecnologías a utilizar en el Proyecto no implican ningún efecto en el ambiente más allá del uso de productos en el laboratorio, los que serán tratados de acuerdo a los estándares internacionales.

G. Sostenibilidad

La sostenibilidad en el tiempo del Proyecto se basa en la continuación del trabajo de desarrollo de germoplasma adaptado a las regiones incluidas en el Proyecto resistente a RA y MB. En ese sentido, por una cuestión de plazos, a la finalización del Proyecto el germoplasma desarrollado no estará aún a nivel de potencial cultivar (F₇+) y las instituciones participantes están comprometidas en el desarrollo de este germoplasma hasta etapas finales. Pero lo que es más importante, la información generada (genes y QTL detectados y con localización conocida) y las capacidades de utilización de herramientas genómicas incrementadas permitirán la continuación del trabajo. En el caso de Uruguay, las instituciones participantes de la Mesa de la Cebada han resuelto recientemente apoyar como línea de trabajo en el mediano plazo el uso de genómica en el desarrollo de mejoramiento por resistencia a enfermedades, con énfasis en MB. En el caso de Perú, la participación de la UPCH y el INIEA es parte de un compromiso de largo plazo con la investigación en el cultivo. ICARDA tiene en su mandato la continuación del trabajo en mejoramiento de cebada. Por otra parte, el germoplasma analizado y generado en el Proyecto continuará estando a disposición de los distintos programas nacionales de la región.

H. Divulgación

Los resultados de este Proyecto serán publicados en forma periódica en las jornadas de investigación que se organicen a nivel nacional y en congresos internacionales

sobre el tema. Los resultados finales de investigación se publicaran en revistas arbitradas, pudiendo enviarse a revistas internacionales o regionales. La divulgación de la información se hará por medio de publicaciones, talleres a nivel nacional y regional en los diversos temas que se consideran en el Proyecto.

Por otra parte los materiales genéticos desarrollados quedarán a disposición de los programas de mejoramiento regionales y la información de las fuentes de resistencia determinadas en el proyecto quedará en bases de datos de uso público.

I. Manejo del conocimiento

En Uruguay la Universidad de la República, el INIA, el Laboratorio Tecnológico del Uruguay y las industrias conforman la Mesa de la Cebada, ámbito de discusión de líneas de investigación y de los resultados de éstas. El hecho de que el 100% de la cebada en Uruguay se realice bajo contrato garantiza que los resultados tecnológicos de esta investigación lleguen a la totalidad de los productores. En el marco de la actividad de la Mesa de la Cebada, los principales resultados de investigación son presentados en jornadas anuales en las que participan los departamentos técnicos de los integrantes. A su vez la Facultad de Agronomía e INIA organizaran jornadas, seminarios de discusión técnica y días de campo en forma anual y periódica. También se realizarán jornadas de divulgación para técnicos, cursos de actualización para agrónomos, tesis de pre y post grado, seminarios técnicos de presentación y discusión de resultados experimentales, jornadas de campo y mejoramiento participativo.

En Perú el INIEA tiene un programa establecido de transferencia de tecnología a nivel académico y a nivel de los agricultores ya que es parte de una cadena productiva que ha logrado introducir variedades mejoradas que se siembran en el 90% del área cultivada de cebada en el Perú. La UPCH utilizará esa vía, a través de la colaboración entre ambas instituciones para la divulgación de los avances del presente Proyecto. La universidad, en colaboración con varias ONG como Caritas, ADRA etc. promueve la incorporación de nuevas tecnologías a los productos y procesos agro-productivos que se realizan en las diversas eco-regiones del país para potenciar el uso de nuestros recursos genéticos y promover la competitividad, la sustentabilidad ambiental, la seguridad alimentaria y la equidad social en las actividades agrarias y agroindustriales.

A nivel regional el ICARDA y el CIMMYT interaccionan con prácticamente todos los programas de investigación de cebada de la región incluyendo Sur y Norteamérica. Todos los años se distribuyen desde México bajo solicitud viveros internacionales a países de latinomérica y el mundo (50-55 países por año). Esto asegura que el germoplasma producido en los trabajos de mejoramiento e investigación sean ampliamente distribuidos y utilizados, garantizando la difusión de los materiales superiores producidos. Los resultados obtenidos en los experimentos son difundidos a través de publicaciones en revistas especializadas, intercambio personal con investigadores a través de las visitas anuales realizadas a los programas, reuniones técnicas con extensionistas y productores y a través del curso de capacitación en mejoramiento genético aplicado llevado a cabo anualmente en México con participantes de diversos países alrededor del mundo (ver www.cimmyt.org y www.icarda.org).

J. Grupo Objetivo

Los resultados obtenidos en el Proyecto son productos intermedios (fuentes de resistencia, marcadores asociados, líneas RC, material segregante) que permitirán a los programas de mejoramiento contar con germoplasma de cebada con resistencia/tolerancia conocida a dos enfermedades de importancia sustantiva para el cultivo. Este material podrá eventualmente, en caso de poseer los atributos agronómicos necesarios, ser liberado como cultivares. En cualquier caso constituirá un excelente germoplasma para ser utilizado como progenitor en programas de liberación de cultivares. Este proceso esta garantizado debido a que en el Proyecto participan programas de mejoramiento ya establecidos, con variedades ya liberadas a la producción comercial y con los canales de llegada al agricultor en plena actividad.

La incorporación de dos situaciones de producción complementarias en lo ecológico (región andina a través de Perú, región de llanuras a través de Uruguay), lo productivo (uso para alimentación humana en Perú, para uso industrial en Uruguay) y en lo biológico (patógeno biotrófico en el caso de la roya amarilla, hemibiotrófico en el caso de la mancha borrosa) garantiza la máxima utilidad de los resultados generados por el Proyecto no solo a nivel de los dos países involucrados sino de todas las zonas productoras de cebada de América del Sur.

Específicamente, el Proyecto beneficiará a:

1. El mejoramiento genético de cebada en la región, al desarrollar una base de información sobre fuentes de resistencia a enfermedades de importancia para el cultivo y aportar las bases para su utilización eficiente en el desarrollo de germoplasma adaptado localmente y resistente.
2. La investigación agrícola y el mejoramiento genético en América Latina al aportar un esquema efectivo de utilización de herramientas tecnológicas de última generación para la solución de problemas productivos específicos. Por otra parte, la red de cooperación a desarrollar en el Proyecto permitirá el trabajo futuro en otros problemas de importancia regional.
3. Los pobladores altoandinos, ofreciéndoles una fuente de trabajo y subsistencia con mayor sostenibilidad en las renovadas zonas de cultivo.
4. Los productores agrícolas de Uruguay y regiones vecinas, mejorando su sustentabilidad y garantizando su continuidad en el sector.
5. Pequeñas, medianas y grandes empresas agroindustriales dedicadas a la producción de cebada y derivados para el autoconsumo que contarán con materia prima de mejor calidad y valor ecológico.
6. La industria maltero-cervecera, tanto para el mercado interno como el exportador, con los consiguientes beneficios para el conjunto de las cadenas productivas.
7. ONGs, empresas participantes de la cadena se verán beneficiadas porque permite cumplir su rol de una manera más favorable no solo en el aspecto de sus intereses, sino en beneficio de la sociedad en general.
8. Las instituciones participantes que se verán beneficiadas por el desarrollo de infraestructura de investigación.
9. Científicos, estudiantes sistema de investigación etc.

IV. CAPACIDAD INSTITUCIONAL

El presente Proyecto se basa en la utilización de fortalezas comparativas y experiencias complementarias del equipo y de sus colaboradores además de la tradicional integración de éstos en las cadenas productivas de ambos países. ICARDA contribuirá con su germoplasma, que ha comprobado ser de utilidad en varios países, y que presenta una combinación muy amplia y balanceada de fuentes de resistencia de diverso origen, además de sus capacidades para la caracterización genética y fenotípica de dicho germoplasma. La Facultad de Agronomía (FAGRO) y el Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA) de Uruguay, a través de su programa coordinado de investigación y mejoramiento de cebada contribuirán con su experiencia en mejoramiento genético por resistencia a enfermedades y por calidad maltera. FAGRO contribuirá con su experiencia en el desarrollo de pirámides de resistencia. Se cuenta con la colaboración del Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU) en cuanto a capacidad de análisis de calidad. La unidad de genómica de la Universidad Cayetano Heredia (Perú) contribuirá con su capacidad de caracterización genética. La Oregon State University (OSU), a través del programa de cebada dirigido por Patrick Hayes, tiene gran experiencia en caracterización de germoplasma de cebada, mapeo de genes de resistencia y desarrollo de pirámides de resistencia. El Dr. Sergio Sandoval-Islas, del Colegio de Posgraduados de Chapingo, contribuirá con su conocimiento en cuanto a la caracterización de la resistencia a roya amarilla. Asimismo, los integrantes de este Proyecto han tomado contacto con los otros participantes de las cadenas productivas en Perú y en Uruguay y será en colaboración con los otros participantes que se llevará a cabo la transferencia de tecnología.

A final del Proyecto se esperarían resultados concretos tanto del punto de vista de material avanzado adaptado y con fuentes de resistencia incorporadas (que eventualmente podrá ser liberado como nuevas variedades) así como la disponibilidad de nuevo germoplasma para ser usado por los programas nacionales de investigación. Se generará conocimiento básico útil que podrá ser utilizado para aumentar la eficiencia de los programas de investigación. Para obtener los objetivos se utilizarán tecnologías así como herramientas de punta raramente aplicadas a este cultivo en la región. Esto es especialmente importante ya que permitirá a productores de bajos recursos beneficiarse de estas nuevas metodologías de investigación aplicada. El impacto potencial directo será medible a través de incrementos de rendimiento, mejora en la calidad del producto final y mayor seguridad de producción y alimentaria en los países en donde la cebada es un alimento básico, debido al lanzamiento de variedades más resistentes y adaptadas. El grupo de investigación estará perfectamente articulado ya que está constituido en su mayoría por científicos con amplia experiencia en el cultivo y que ya se encuentran colaborando por un largo periodo de tiempo tanto a nivel institucional como personal en otros programas de investigación.

A través de otros programas de investigación y validación de tecnología en los que ya se encuentra trabajando, se aseguraría la evaluación y posible impacto adicional del germoplasma en un área amplia a través del continente y posiblemente a nivel mundial, sin costo adicional para este Proyecto, ya que son financiados por otras fuentes. Estos proyectos incluirían al INIA Quilamapu en Chile, al INIAP en Ecuador, a EMBRAPA Trigo y Cerrados en Brasil, a las Fundaciones Hidalgo,

Guanajuato, ICAMEX y Unión Campesina, Obrera y Popular en México, al Programa Nacional de Innovación y Desarrollo Agrícola en Cuba, a la US Wheat and Barley Scab Initiative en EE.UU., al programa de mejoramiento de cebada en Alberta, Canadá, entre otros. En principio, las áreas en las que se tendría influencia y posible impacto serían las comprendidas por los Megadominios I, II, V, VIII y XI.

Las capacidades de los integrantes del Proyecto, las tecnologías innovadoras actualmente disponibles, las características de los países involucrados, y la articulación existente dentro de las cadenas de producción nacionales constituyen una oportunidad valiosa de implementar un proyecto ambicioso académicamente que a su vez de respuestas concretas a un problema de gran importancia de los sistemas de producción reales.

V. PRESUPUESTO

Cuadro 1. Presupuesto consolidado

RUBROS	RECURSOS FONTAGRO	APORTE CONTRAPARTIDA	TOTAL PROYECTO
Equipos e Insumos	\$120,000	\$283,760	\$403,760
Consultores y Especialistas	\$240,000	\$267,000	\$507,000
Viajes y Viáticos	\$75,000	\$5,000	\$80,000
Divulgación	\$40,500	-	\$40,500
Gastos Transferencia	\$9,000		\$9,000
TOTAL	\$484,500	\$555,760	\$1,040,260

Cuadro 2. Montos Máximos a ser ejecutados en el Proyecto con la contribución del FONTAGRO

Monto Total del Proyecto	Monto Financiado por FTG	PRESUPUESTO DEL PROYECTO PARA RUBROS BASE DE CALCULO		MONTOS MAXIMOS POR TIPO DE GASTO				
		Equipo y materiales del proyecto (1)	Personal del proyecto (2)	Inversiones en equipamiento	Consultores o especialistas	Viajes y viáticos del personal de planta	Gastos de Divulgación	
\$ 1,040,260	\$ 484,500	\$ 403,760	\$ 507,000	\$ 201,880	\$ 253,500	\$ 101,400	\$ 48,450	
MONTO PRESUPUESTADO				\$ 120,000	\$ 240,000	\$ 75,000	\$ 40,500	
							Total	\$ 484,500

Los montos máximos representan el límite al que puede llegarse en cada rubro individualmente, sin embargo debe tenerse en cuenta que la suma de los diferentes tipos de gastos no pueden exceder el presupuesto aprobado por el Consejo Directivo del Fondo al Proyecto.

El presupuesto aprobado de la contribución del FONTAGRO (cuadro 1) puede reasignarse de manera que el gasto en un rubro pueda variar, siempre y cuando sea menor a su respectivo monto máximo y se equilibre de nuevo el presupuesto para alcanzar el monto total aprobado por la Contribución.

Cuadro 3. Detalle del Presupuesto

PRESUPUESTO AÑO 1	APORTE DE CONTRAPARTIDA (en US \$)					RECURSOS FONTAGRO (en US\$)					TOTAL DEL PROYECTO (en US\$)
	Categoría	FAGRO	ICARDA	UPCH	INIA	Total Contrapartida	FAGRO	ICARDA	UPCH	INIA	
GASTOS ELEGIBLES											
- Equipos e insumos/materiales	\$ 26,360.00	\$ 38,200.00	\$ 35,300.00	\$ 28,500.00	\$ 128,460.00	\$ 12,700.00	\$ 12,000.00	\$ 24,500.00	\$ 7,000.00	\$ 56,000.00	\$ 185,460.00
- Consultores y especialistas	\$ 34,000.00	\$ 24,000.00	\$ 23,000.00	\$ 8,000.00	\$ 89,000.00	\$ 49,000.00	\$ 20,000.00	\$ 15,000.00	\$ 5,000.00	\$ 89,000.00	\$ 178,000.00
- Viajes y Viáticos personal planta					\$ -	\$ 10,000.00	\$ 6,000.00	\$ 4,500.00	\$ 2,500.00	\$ 23,000.00	\$ 23,000.00
- Divulgación					\$ -	\$ 1,000.00	\$ 7,000.00			\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
- Gastos de transferencias					\$ -	\$ 3,000.00				\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
TOTAL GASTOS ELEGIBLES	\$ 60,360.00	\$ 62,200.00	\$ 58,300.00	\$ 37,600.00	\$ 218,460.00	\$ 75,700.00	\$ 45,000.00	\$ 43,800.00	\$ 14,900.00	\$ 173,000.00	\$ 397,460.00
OTROS GASTOS NO ELEGIBLES											
					\$ -						\$ -
					\$ -						\$ -
TOTAL DEL PROYECTO	\$ 60,360.00	\$ 62,200.00	\$ 58,300.00	\$ 37,600.00	\$ 218,460.00						\$ 397,460.00

PRESUPUESTO AÑO 2	APORTE DE CONTRAPARTIDA (en US \$)					RECURSOS FONTAGRO (en US\$)					TOTAL DEL PROYECTO (en US\$)
	Categoría	FAGRO	ICARDA	UPCH	INIA	Total Contrapartida	FAGRO	ICARDA	UPCH	INIA	
GASTOS ELEGIBLES											
- Equipos e insumos/materiales	\$ 15,500.00	\$ 35,500.00	\$ 20,200.00	\$ 12,300.00	\$ 83,500.00	\$ 8,000.00	\$ 12,000.00	\$ 5,400.00	\$ 6,700.00	\$ 36,100.00	\$ 119,600.00
- Consultores y especialistas	\$ 34,000.00	\$ 24,000.00	\$ 23,000.00	\$ 8,000.00	\$ 89,000.00	\$ 49,000.00	\$ 20,000.00	\$ 15,000.00	\$ 5,000.00	\$ 89,000.00	\$ 178,000.00
- Viajes y Viáticos personal planta					\$ -	\$ 12,500.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00	\$ 28,500.00	\$ 28,500.00
- Divulgación					\$ -	\$ 2,500.00	\$ 9,000.00	\$ 2,500.00	\$ 500.00	\$ 14,500.00	\$ 14,500.00
- Gastos de transferencias					\$ -	\$ 3,000.00				\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
TOTAL GASTOS ELEGIBLES	\$ 49,500.00	\$ 59,500.00	\$ 43,200.00	\$ 20,300.00	\$ 172,500.00	\$ 75,000.00	\$ 47,000.00	\$ 31,900.00	\$ 17,200.00	\$ 171,000.00	\$ 343,600.00
OTROS GASTOS NO ELEGIBLES											
					\$ -						\$ -
					\$ -						\$ -
TOTAL DEL PROYECTO	\$ 49,500.00	\$ 59,500.00	\$ 43,200.00	\$ 20,300.00	\$ 172,500.00						\$ 343,600.00

PRESUPUESTO AÑO 3	APORTE DE CONTRAPARTIDA (en US \$)					RECURSOS FONTAGRO (en US\$)					TOTAL DEL PROYECTO (en US\$)
	Categoría	FAGRO	ICARDA	UPCH	INIA	Total Contrapartida	FAGRO	ICARDA	UPCH	INIA	
GASTOS ELEGIBLES											
- Equipos e insumos/materiales	\$ 17,700.00	\$ 35,500.00	\$ 6,000.00	\$ 11,600.00	\$ 70,800.00	\$ 7,200.00	\$ 7,000.00	\$ 3,200.00	\$ 4,300.00	\$ 27,900.00	\$ 98,700.00
- Consultores y especialistas	\$ 34,000.00	\$ 24,000.00	\$ 23,000.00	\$ 8,000.00	\$ 89,000.00	\$ 21,000.00	\$ 21,000.00	\$ 15,000.00	\$ 5,000.00	\$ 62,000.00	\$ 151,000.00
- Viajes y Viáticos personal planta		\$ 5,000.00			\$ 5,000.00	\$ 8,500.00	\$ 8,000.00	\$ 2,500.00	\$ 4,500.00	\$ 23,500.00	\$ 28,500.00
- Divulgación					\$ -	\$ 2,500.00	\$ 12,000.00	\$ 2,000.00	\$ 1,500.00	\$ 18,000.00	\$ 18,000.00
- Gastos de transferencias					\$ -	\$ 3,000.00				\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
TOTAL GASTOS ELEGIBLES	\$ 51,700.00	\$ 64,500.00	\$ 29,000.00	\$ 19,600.00	\$ 164,800.00	\$ 42,300.00	\$ 48,000.00	\$ 28,800.00	\$ 15,300.00	\$ 134,400.00	\$ 299,200.00
OTROS GASTOS NO ELEGIBLES											
					\$ -						\$ -
					\$ -						\$ -
TOTAL DEL PROYECTO	\$ 51,700.00	\$ 64,500.00	\$ 29,000.00	\$ 19,600.00	\$ 164,800.00						\$ 299,200.00

PRESUPUESTO AGREGADO AÑOS 1, 2, 3	APORTE DE CONTRAPARTIDA (en US \$)					RECURSOS FONTAGRO (en US\$)					TOTAL DEL PROYECTO (en US\$)
	Categoría	FAGRO	ICARDA	UPCH	INIA	Total Contrapartida	FAGRO	ICARDA	UPCH	INIA	
GASTOS ELEGIBLES											
- Equipos e insumos/materiales	\$ 59,560.00	\$ 108,200.00	\$ 61,500.00	\$ 53,500.00	\$ 282,760.00	\$ 28,000.00	\$ 31,000.00	\$ 43,000.00	\$ 18,000.00	\$ 120,000.00	\$ 402,760.00
- Consultores y especialistas	\$ 102,000.00	\$ 72,000.00	\$ 69,000.00	\$ 24,000.00	\$ 267,000.00	\$ 119,000.00	\$ 61,000.00	\$ 45,000.00	\$ 15,000.00	\$ 240,000.00	\$ 507,000.00
- Viajes y Viáticos personal planta	\$ -	\$ 5,000.00	\$ -	\$ -	\$ 5,000.00	\$ 31,000.00	\$ 20,000.00	\$ 12,000.00	\$ 12,000.00	\$ 75,000.00	\$ 80,000.00
- Divulgación	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6,000.00	\$ 28,000.00	\$ 4,500.00	\$ 2,000.00	\$ 40,500.00	\$ 40,500.00
- Gastos de transferencias	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9,000.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 9,000.00	\$ 9,000.00
TOTAL GASTOS ELEGIBLES	\$ 161,560.00	\$ 186,200.00	\$ 130,500.00	\$ 77,500.00	\$ 555,760.00	\$ 193,000.00	\$ 140,000.00	\$ 104,500.00	\$ 47,000.00	\$ 484,500.00	\$ 1,040,260.00
OTROS GASTOS NO ELEGIBLES											
	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -						\$ -
	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -						\$ -
TOTAL DEL PROYECTO	\$ 161,560.00	\$ 186,200.00	\$ 130,500.00	\$ 77,500.00	\$ 555,760.00						\$ 1,040,260.00

NOTAS AL PRESUPUESTO

A) Plan de adquisición de equipos y materiales

Equipo	Justificación	Monto (\$)	Institución¹
Termociclador con 96 celdas	Necesario para las reacciones de PCR del programa de selección asistida (Objetivos 3.1.2.A y 3.1.2.C)	5000	FAGRO
Congelador -20°C	Mantenimiento de muestras y reactivos (todos los objetivos)	3500	UPCH
Pipeta multicanal (2)	Equipo de laboratorio	920	UPCH
Pipeta multicanal (2)	Equipo de laboratorio	460	FAGRO
Juego de pipetas (4)	Equipo de laboratorio	2400	UPCH
Juego de pipetas	Equipo de laboratorio	600	INIA
Juego de pipetas	Equipo de laboratorio	600	FAGRO
Cubeta de electroforesis horizontal	Necesario para la identificación de alelos del programa de selección asistida (Objetivos 3.1.2.A y 3.1.2.C)	1000	FAGRO
Fuente de poder	Idem anterior	1700	FAGRO
Cubeta de electroforesis vertical	Necesario para la identificación de alelos para todos los objetivos	2000	UPCH
Fuente de poder	Idem anterior	2200	UPCH

¹FAGRO: Facultad de Agronomía (Uruguay), UPCH: Universidad Peruana Cayetano Heredia (Perú), INIA: Instituto de Investigación Agropecuaria (Uruguay)

B) Plan de contratación de consultores

Investigador

Nivel requerido y especialización: Maestría o Doctorado (preferentemente) en mejoramiento genético o equivalente.

Tareas: Coordinación del programa de mapeo por desequilibrio de ligamientos. Análisis de la información, publicación de resultados preliminares y finales. Planificación y coordinación del desarrollo de pirámides de resistencia (Objetivo 3.1.2.C).

Duración del contrato: 30 meses.

Montos estimados: 39.000.

Institución: Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Uruguay).

Investigador

Nivel requerido y especialización: Maestría en Agronomía o Biología.

Tareas: Seguimiento y coordinación operativa de los trabajos del Proyecto en Perú. Planificación y coordinación del los análisis de laboratorio, cruzamientos, siembras y análisis de la información

Duración del contrato: 36 meses.

Montos estimados: 30.000.

Institución: Universidad Peruana Cayetano Heredia (Perú).

Ayudante de investigación

Nivel requerido y especialización: Estudiante avanzado de grado en Agronomía o Ingeniero Agrónomo.

Tareas: Colaboración en planificación y realización del programa de selección asistida. Siembra y manejo de materiales en invernáculo. Inoculación. Evaluación de plántulas por mancha borrosa. Colaboración en siembra y manejo de colecciones de germoplasma en campo. Inoculación de colecciones. Evaluación de mancha borrosa en campo. Cosecha de colecciones de campo. Ingreso y manejo de datos en computadora (manejo de Excel, Word, SAS).

Duración del contrato: 36 meses (horario parcial).

Montos estimados: 12.000.

Institución: Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Uruguay).

Ayudante de investigación

Nivel requerido y especialización: Estudiante avanzado de grado en Agronomía/Biología/Bioquímica, o Ingeniero Agrónomo/Biólogo/Bioquímica.

Tareas: Trabajo de laboratorio (preparación de muestras, extracción de ADN, análisis de PCR, etc). Colaboración en planificación y realización del programa de selección asistida. Siembra y manejo de materiales en invernáculo. Ingreso y manejo de datos en computadora (manejo de Excel, Word, SAS).

Duración del contrato: 36 meses (horario parcial).

Montos estimados: 12.000.

Institución: Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Uruguay).

Auxiliar de investigación

Nivel requerido y especialización: Estudiante avanzado de grado en Agronomía o Biología.

Tareas: Preparación de medios de cultivo. Preparación de inóculo de *Bipolaris sorokiniana*. Siembra y manejo de plántulas en invernáculo. Inoculación de plántulas en condiciones de invernáculo. Evaluación de plántulas por mancha borrosa. Colaboración en siembra y manejo de colecciones de germoplasma en campo. Inoculación de colecciones. Evaluación de mancha borrosa en campo. Cosecha de colecciones de campo. Ingreso y manejo de datos en computadora (manejo de Excel, Word)

Duración del contrato: 36 meses.

Montos estimados: 15000.

Institución: INIA (Uruguay).

Dos auxiliares de investigación o técnicos

Nivel requerido y especialización: Estudiante avanzado de grado en Agronomía/Biología/Bioquímica, o Ingeniero Agrónomo/Biólogo/Bioquímica.

Tareas en dos localidades: Trabajo de laboratorio (preparación de muestras, extracción de ADN, análisis de PCR, análisis de microsátélites, etc). Colaboración en planificación y realización del programa de selección asistida. Cruzas y manejo de materiales en invernadero y campo. Ingreso y manejo de datos en computadora (manejo de Excel, Word, SAS).

Duración del contrato: 36 meses (horario parcial).

Montos estimados: 15000.

Institución: Universidad Peruana Cayetano Heredia (Perú).

Consultoría, Caracterización genómica

Tareas: Caracterización de 300-400 líneas (Objetivo 3.1.2.B) mediante SNPs utilizando la plataforma Illumina OPA (ver detalles en la propuesta).

Responsable: Barley CAP Project.

Costo estimado: 40.000.

Institución: Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Uruguay).

Consultoría, Caracterización genómica

Tareas: Caracterización de 300-400 líneas (Objetivo 3.1.2.B) 700 marcadores desarrollados mediante la tecnología Diversity Array Technology (DArT) (<http://www.diversityarrays.com/>).

Responsable: Diversity Array Technology (<http://www.diversityarrays.com/>).

Costo estimado: 12.000.

Institución: Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Uruguay).

Consultoría, Mapeo por desequilibrio de ligamiento

Tareas: Asesoramiento en planificación del Objetivo 3.1.2.B y en la metodología de análisis de la información.

Duración: 3 meses (en distintas etapas del proyecto).

Costo estimado: 14.000.

Instituciones: Facultad de Agronomía, Universidad de la República (Uruguay), ICARDA.

Personal de apoyo

Tareas: Para la ejecución puntual de actividades específicas del programa se prevé la contratación por períodos breves de personal semi-técnico para complementar el trabajo del personal de planta.

Costo estimado: 51.000.

Institución: ICARDA.