

**RESISTENCIA  
DURADERA  
EN  
CULTIVOS ALTO ANDINOS**

*L.H.M. Broers, editor  
INIAP-WAU-DGIS*



**Memorias del Primer Taller sobre  
Resistencia Duradera  
en Cultivos Alto Andinos  
de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú**

**Quito, 30 de mayo - 3 de junio 1994**

## **Prefacio**

Se celebró un taller internacional sobre resistencia duradera a las plagas y enfermedades de los cultivos de la Región Andina en Quito, Ecuador, del 30 de mayo al 3 de junio de 1994. Científicos procedentes de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú, así como un grupo de expertos reconocidos internacionalmente, se reunieron para evaluar los programas fitogenéticos de los programas nacionales de investigación en cuanto a la resistencia a plagas y enfermedades de los cultivos de la Región Andina. El objeto de dicha evaluación fue identificar y definir áreas científicas en las que los investigadores piensan que necesitan apoyo externo para mejorar los productos de la investigación, es decir, las variedades mejoradas con resistencia duradera a plagas y enfermedades para los pequeños agricultores.

En la Región Andina, la mayor parte de la agricultura se realiza en escala muy pequeña y es básicamente una empresa familiar en la que las mujeres juegan un papel particularmente importante (por ejemplo, en la comercialización de los productos). Las variedades nuevas podrían mejorar la situación de las familias campesinas, siempre que en su desarrollo se tomen en cuenta ciertas características como calidad, rendimiento y resistencia a plagas y enfermedades. Además, una vez generadas esas variedades, será necesario que los agricultores tengan acceso fácil a ellas para que puedan aprovecharlas. Resulta evidente que se requiere una intensa interacción entre agricultores y científicos a fin de lograr generar tecnologías nuevas que sean aceptables para los primeros.

Durante el taller, quedó claro que pequeños obstáculos económicos o científicos pueden a menudo ser la causa de que los programas no logren sus objetivos. Con base en información reunida durante el mismo, la Universidad Agrícola de Wageningen tratará de obtener fondos para los programas nacionales de parte del Ministerio Holandés de la Cooperación para el Desarrollo Internacional; éstos se destinarían a un programa fitogenético orientado a obtener resistencia a enfermedades en los cultivos de la Región Andina que mejoraría los productos generados por estos programas, es decir, variedades nuevas que sean ampliamente aceptadas por los agricultores.

En estas memorias, los 29 trabajos aportados fueron separados en cuatro secciones, de acuerdo con los cultivos de los que tratan. Cada sección se inicia con la ponencia de un experto internacional. El tema de la primera sección son las enfermedades del trigo y la cebada; el de la segunda, las del maíz; de la tercera, las del frijol y las habas; y de la última, las de la papa, las frutas andinas y la quinua. Espero que este documento proporcione un panorama general de las actividades fitogenéticas que se realizan en la Región Andina. Además, creo que las aportaciones de los expertos lo hacen valioso como base para trabajos posteriores en el campo de la resistencia duradera.

Me gustaría dar las gracias a todos los científicos participantes por los esfuerzos dedicados a preparar sus ponencias; a ellos se debe el gran éxito del taller.

Fue posible organizar desde México un taller en Ecuador, gracias a la asistencia del comité organizador ecuatoriano. El personal de la Estación Experimental Sta. Catalina del INIAP en Ecuador constituyó un comité muy dedicado y eficiente que se encargó de todos los detalles organizativos; mi agradecimiento a cada uno de sus miembros por su apoyo. Por otra parte, reconozco la ayuda administrativa brindada por el CIMMYT, y agradezco muy especialmente la cooperación de Alma McNab, quien tradujo algunos de los documentos.

Por último, mi profundo reconocimiento al Ministerio Holandés de la Cooperación para el Desarrollo Internacional por su ayuda económica, sin la que no hubiera sido posible celebrar este taller.

León Broers, Editor  
México  
Octubre de 1994

## EL CULTIVO DE LA CEBADA EN ECUADOR

Miguel Rivadeneira, Ligia Ayala y José Urbano  
INIAP, Ecuador

### Resumen

Después del maíz la cebada es el cereal de más amplia distribución en la región interandina ecuatoriana. Es un cultivo de minifundio y subsistencia para campesinos pequeños que constituyen el 70% de agricultores que siembran cebada en una superficie menor a 1 ha.

Uno de los objetivos de la investigación es la generación de variedades de cebada estables en su rendimiento y resistencia a las principales enfermedades. La roya amarilla es la enfermedad más peligrosa, seguida por la roya de la hoja y BYD. Uno de los principales logros de la investigación fue la efectiva introducción de fuentes de resistencia a *P. striiformis*, con lo cual se reanuda la entrega de nuevas variedades. Lastimosamente ninguna de las variedades mejoradas posee niveles duraderos de resistencia a las enfermedades prevalentes en Ecuador, consecuencia del énfasis puesto en la identificación de genotipos con alta resistencia a esos patógenos.

### Introducción

La introducción de la cebada al país se remonta a los tiempos de la conquista española, cuando por necesidad de pienso para los caballos fue cultivada con anterioridad al trigo.

Después del maíz y a pesar de la reducción en la superficie cultivada, es el cereal de más amplia distribución en la región interandina, en razón de su empleo diversificado en un 40% para alimentación humana, utilizada principalmente por amplios sectores de la población indígena estimada en 3.000.000 de habitantes; un 40% se destina para consumo industrial, para elaboración ya sea de malta o como adjunto para fabricación de cerveza, y aun cuando en menor proporción, se emplea como forraje. Pese a haberse reducido el número de explotaciones dedicadas a su cultivo, se reporta 12044 unidades de explotación, pero ello no refleja el número de campesinos que en minisuperficies siembran cebada para uso y consumo familiar, los que en relación con la población indígena pueden estimarse en no menos de 120.000 familias.

### Evolución del área cultivada, producción e importaciones

En la década de los 60 la superficie dedicada a cebada superaba las 100.000 hectáreas (Figura 1). Según datos estimados por las encuestas agrícolas del Ministerio de Agricultura y Ganadería, la superficie de cultivo fue reduciéndose progresivamente hasta 1977 (60.000 ha); a partir de entonces se observó una reducción más drástica aún que llegó hasta 26.000 hectáreas sembradas en 1980. La razón principal se encuentra en los negativos efectos producidos por la roya amarilla de la cebada, enfermedad que afectó en tal período a la producción cebadera de la región andina (Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia). La recuperación del área cebadera registrada a partir de 1986 ha sido lenta por varias razones: la insuficiente difusión entre los agricultores de las nuevas variedades mejoradas, por falta de un mecanismo ágil de provisión de semilla, el alto costo de insumos agrícolas, incluido el precio de semilla certificada y la baja rentabilidad del cultivo en el período más fuerte de comercialización (cosecha).

La producción ha estado ligada a la superficie cultivada, es decir, la producción de cebada se ha basado en la extensión del área y casi

imperceptiblemente a la productividad (Figura 1). En el período 1974-1976 se cultivaron 65.000 ha. La más baja producción cebadera en el país se produjo en 1980 (26.000 t), notándose un ligero incremento en los últimos años hasta fluctuar entre 50.000 y 60.000 t por año.

Desde 1978 el volumen de importaciones supera a la producción nacional; sin embargo, en los últimos años la relación cambia y es de aproximadamente 70% a 30%, nacional vs. importada.

### Sistemas de Producción

La cebada por lo general es sembrada como monocultivo, sin ninguna asociación; participa, eso sí, dentro del sistema de cultivos múltiples de pequeños agricultores y agricultores de subsistencia. El monocultivo continuo es uno de los problemas que se presenta en diferentes estratos de agricultores.

La rotación más común y quizá la única sobre los 3.200 m es papa-cebada, sistema por el cual el cultivo de cebada recibe el beneficio residual de la fertilización en papa. Otra rotación común, pero en pequeña superficie es leguminosas-cebada-papa.

Dentro de este contexto es un cultivo de minifundio y subsistencia para campesinos; sin embargo, considerando el área cultivada, el 70% de la superficie cebadera pertenece a explotaciones consideradas grandes, mientras que el 70% de agricultores que siembran cebada lo hacen en una superficie menor a 1 ha.

En base a esta realidad la problemática cebadera de producción y productividad, debe considerar dos estratos definidos de agricultores. Un estrato con el mayor número de familias dedicadas a una explotación de subsistencia pero con una superficie de cultivo menor (30%), y un estrato de grandes y medianos agricultores, pequeño en número, pero que siembra la mayor superficie (70%).

El ausentismo del jefe de familia es casi generalizado en vista de que la actividad muchas veces solo le permite asegurar una parte de su alimento, más no otras necesidades. En estas condiciones es la madre de familia y los hijos menores quienes se ocupan de los trabajos que requiere el cultivo. La cosecha y trilla en muchos casos se la realiza en forma muy tradicional, y en otras es mixta, como en el caso de trigo, excepto en áreas planas donde esta labor es mecánica.

### Principales enfermedades de la cebada en Ecuador

La generación de variedades de cebada estables en su rendimiento y durables en su resistencia a las principales enfermedades en nuestro medio, depende en alto grado de la efectividad de los factores de resistencia a las mismas. En el caso del cultivo de la cebada, a partir de 1976, la roya amarilla se constituyó en la enfermedad más peligrosa que devastó nuestro material experimental y prácticamente aniquiló a la producción nacional.

#### Roya Amarilla

La roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *hordei*) de la cebada es la enfermedad más peligrosa para este cultivo. Variedades susceptibles, dependiendo del tiempo de ataque de esta enfermedad, pueden perder hasta el 90% de su capacidad de rendimiento. De igual manera, por mecanismos de sobrevivencia del hongo, nuevas razas son capacitadas para vencer en pocos años la resistencia genética de las variedades mejoradas. Es necesario disponer permanentemente de un mecanismo que permita generar variedades con resistencia, para que reemplacen, de acuerdo con las necesidades, a las variedades criollas y mejoradas susceptibles que han perdido su capacidad inicial de resistencia.

#### Roya de la hoja

La roya de la hoja ha venido incrementando sus efectos negativos sobre las variedades mejoradas. Esta acción es más notoria en materiales genéticos con resistencia al otro tipo de roya (roya amarilla). En casos de incidencia temprana disminuye los rendimientos hasta en un 60% y perjudica el tamaño y calidad del grano.

Las fuentes genéticas de resistencia a esta enfermedad son generalmente escasas y no cubren todo el espectro de razas patogénicas del hongo. Por esta razón se está trabajando para mejorar los niveles de resistencia del germoplasma que maneja la Sección y además produzca nuevos materiales de cebada con resistencia a esta enfermedad.

#### Virus del enanismo amarillo de los cereales (BYD)

Esta enfermedad causada por el virus del enanismo amarillo, puede considerarse como endémica en algunas zonas de la región interandina. La proliferación de pastizales, hospederos sin sintomatología de esta enfermedad y la presencia de áfidos muy activos vectores del virus, asegura una fuente de infestación permanente para el cultivo de cebada en las zonas altas de la región interandina. Cuando una variedad es susceptible y la infección se produce en los primeros estados de crecimiento de las plantas, las pérdidas pueden llegar hasta un 80% de la producción. Por lo general esta enfermedad causa la reducción anual entre el 10 y 20% de la producción cebadera nacional.

#### Otras enfermedades

A más de las enfermedades mencionadas se presentan también problemas patológicos de segunda importancia, como manchas foliares provocadas por diversos organismos como *Helminthosporium* sp., *Fusarium*, y el "Escaldado", provocado por *Rhynchosporium secalis*.

### Actividades de fitomejoramiento

La labor de fitomejoramiento ha estado orientada a la generación de variedades con mejores niveles de resistencia y rendimiento que las variedades criollas cultivadas por los agricultores. Los métodos de mejoramiento utilizados con este objeto son básicamente dos: Introducción e Hibridación.

#### Introducción

Que se basa en el importante trabajo de mejoramiento que desde hace varios años viene ejecutando el ICARDA/CIMMYT, poniendo especial énfasis en problemas fitosanitarios de la Zona Andina. Esta meritoria labor permite el flujo constante de germoplasma que es probado bajo las condiciones ambientales de las regiones productoras de Ecuador, y eventualmente ha culminado con la liberación de variedades mejoradas como es el caso de I-Shiry 89, I-Calicuchima 92 e I-Atahualpa 92.

#### Hibridaciones

Por el hecho de contar con el valioso apoyo técnico del ICARDA/CIMMYT, nuestro trabajo de mejoramiento basado en cruzamientos ha tomado un perfil más bien bajo y está encaminado a solucionar problemas muy puntuales en cebada.

#### Manejo de poblaciones segregantes

Una buena parte del germoplasma procedente del ICARDA/CIMMYT está constituido por material segregante, el mismo que por la gravedad de la incidencia de la roya amarilla y de la hoja, ante todo, se tomó la decisión de manejarlas mediante el método de pedigree, método que aun cuando más exigente en cuanto a recursos, tanto económicos como humanos, en cambio nos ha permitido identificar y seleccionar genotipos con las características deseables en resistencia y tipo agronómico.

#### Manejo de material avanzado

Está constituido por germoplasma que ha superado etapas previas de selección y prosigue su evaluación en ensayos de rendimiento.

#### Evaluación de cebadas en surcos triples

El estudio de genotipos en surcos triples nos permite realizar una preselección efectiva de un alto número de líneas, con un empleo mínimo de recursos, uso de poca semilla y en una pequeña área de terreno. Prosigue en investigación solo aquel material de buen rendimiento, reacción adecuada a enfermedades y calidad de grano.

#### Ensayos avanzados de rendimiento

Los mismos que generalmente están dispuestos en bloques completos al azar, con dos y cuatro repeticiones. Entre los objetivos principales de estos ensayos constan desarrollar variedades de cebada rendidoras, resistentes y/o tolerantes a las enfermedades prevalentes, buen tipo agronómico y aceptable calidad.

#### Ensayos regionales

Por la proliferación de microclimas en el área cerealera del Ecuador, la dinámica de las poblaciones de los patógenos, y la inestabilidad en el régimen de lluvias, la generación de variedades de cebada con

amplia adaptación y estabilidad de rendimiento no es tan sencilla, siendo recomendable aumentar el número de localidades en prueba de las que actualmente se cubre, por limitaciones de orden económico fundamentalmente. Estos ensayos están conformados por 20 genotipos promisorios comparados con 5 variedades testigo y el diseño es bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

#### **Variedades de cebada con resistencia duradera**

Como fruto del trabajo de investigación se ha logrado generar seis variedades de cebada, de las cuales ninguna posee niveles duraderos de resistencia a las enfermedades prevalentes en el área cerealera del Ecuador. Esto puede ser consecuencia del énfasis puesto en la identificación de genotipos con alta resistencia a esos patógenos, lo que ha ocasionado el dominio de genes mayores en nuestro germoplasma mejorado.

Por lo expuesto, el denominador común con nuestras variedades ha sido la pérdida rápida de resistencia a patógenos, como es el caso de la variedad INIAP-Shiry 89 que en apenas 3 años vio notablemente reducida su resistencia a roya de la hoja.

#### **Autoevaluación**

Por tratarse de un mismo Programa el que investiga en los dos cultivos, cebada y trigo, este y el último punto son los mismos para ambos.

El Programa de Cebada y Trigo del INIAP (denominación actual), a través de varios años de actividad al servicio del agricultor cerealero del país, ha acumulado un valioso bagaje de experiencia, que le permite orientar su investigación hacia la solución de necesidades inmediatas y de largo plazo del

gremio al cual se debe. Sin embargo, por razones de diversa índole el Programa vería bienvenida la colaboración en las siguientes áreas:

#### *Técnica*

Por todo lo previamente referido en relación a la corta duración de nuestros cultivares, resultado de estar provistos de genes mayores y a la dinámica población de los patógenos en nuestro medio, se hace necesario dirigir nuestras acciones de investigación hacia la consecución de formas más duraderas de resistencia, a las royas principalmente. Para ello se requiere de la asistencia técnica de instituciones internacionales, tales como la Universidad Agrícola de Wageningen, el CIMMYT, entre otras, que han desarrollado o están desarrollando métodos adecuados de selección, que permiten la efectiva acumulación de genes menores y mayores que imparten la condición de resistencia parcial, resistencia durable, o slow rusting, términos que se los usa indistintamente al referirse a este tipo de resistencia.

#### *Económica*

La implementación de una nueva metodología implica realizar algunos cambios en el manejo de las diferentes categorías de material genético, llámense estas bloque de cruzamientos, tamaño y siembra de poblaciones segregantes, métodos de selección en estas poblaciones e incremento del número de localidades para pruebas regionales. Ante la actual situación de restricción económica en la que se desenvuelve nuestra actividad, resultaría poco menos que difícil afrontar cambios como los descritos, razón por la cual la colaboración internacional podría hacerlos viables.

#### **Breve descripción de un Proyecto de Mejoramiento, para desarrollar genotipos de cebada con resistencia a roya de la hoja.**

Actividad	Tiempo
Selección de germoplasma resistente a roya de la hoja e hibridaciones	1
Evaluación y selección en poblaciones segregantes (F1-F6)	6
Evaluación y selección en surcos triples	1
Ensayos de Rendimiento	2
Evaluación en Ensayos Regionales	3
Incremento de semilla y validación en fincas de agricultores	2
Presentación de la nueva variedad	1