

**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 MAIZ DE ALTURA EN EL ECUADOR

Edison Silva Cifuentes y Consuelo Estévez
INIAP, Ecuador

Resumen

En la sierra del Ecuador, el maíz constituye uno de los principales cultivos y base de la dieta alimenticia de la población rural. La pudrición de mazorca causada por *Fusarium* spp., es uno de los factores más importantes que reducen su producción, ocasionando grandes pérdidas a los agricultores.

En este documento, se plantea un sistema de selección para obtener resistencia a este patógeno, alternando la Selección Recurrente de líneas S₁ y la Selección Mazorca por Surco Modificado en el mejoramiento de maíz de altura.

Introducción

El maíz es uno de los cultivos más importantes de la Sierra del Ecuador, por su área ocupada y porque constituye el sostén alimenticio y económico de la mayoría de agricultores de la región.

La superficie sembrada con maíz en la Sierra alcanza las 260.190 ha, superando notablemente a la cubierta por otros cultivos básicos como: cebada (58.000 ha), fréjol (53.620 ha), papa (52.580 ha) y trigo (37.890 ha); INEC, 1988-1992. De la superficie total de maíz

Cuadro 1. Superficie, producción y rendimiento de maíz suave y maíz duro en la sierra del Ecuador. Período 1988-1992.

Tipo de maíz	Superficie (ha)	Producción (TM)	Rendimiento (Kg/ha)
Amiláceo, cosechado en estado verde (choclo)	22.100	43.210	1.955
Amiláceo en grano seco	172.040	96.420	0.560
Duro	66.050	58.720	0.889

Fuente: INEC, 1988-1992.

194.140 ha se dedican a la producción de maíz suave o amiláceo, que se lo consume en estado verde (choclo, elote) o como grano seco; mientras que 66.050 ha están dedicadas a la producción de maíz duro (Cuadro 1).

La mayoría de productores de maíz (más del 75 %), asocian el maíz con fréjol voluble o trepador, con una escasa o casi nula utilización de fertilizantes químicos y un limitado uso de semillas de calidad. Por otro lado, manejan propiedades o fincas con menos de 5 ha y se caracterizan por su bajo nivel económico y un escaso acceso al crédito.

Importancia del cultivo.

El maíz junto con el arroz y el trigo constituyen los cereales más importantes a nivel nacional, tanto por el consumo humano, como por su uso en la agroindustria. El maíz amiláceo se caracteriza por ser de consumo interno en el país; entre los principales usos que tiene este tipo de maíz podemos citar: choclo, tostado, mote, sopas, harinas, tortillas, chicha, etc.; además la planta es utilizada como forraje para los animales (Tripp, 1982).

En cuanto a maíz duro, este se lo dedica a la alimentación de aves y animales así como a la agroindustria de balanceados, harinas y confites. Además, en los últimos años se está exportando maíz duro procedente de la Costa y Sierra, hacia Colombia. El cultivo de maíz de altura, se caracteriza por ser de subsistencia y autoconsumo, en el cual se utiliza la mano de obra familiar para su producción y muchos de los agricultores buscan algún ingreso (empleo) extrafínca, para llenar sus necesidades.

Factores bióticos limitantes de la producción.

Los insectos y las enfermedades son dos factores muy importantes que disminuyen la producción en campo de agricultores, año tras año. En cuanto a enfermedades, en casi toda la serranía se pueden encontrar las foliares: "Lancha o quemazón de la hoja" causada por *Helminthosporium turcicum*, la "Roya común" ocasionada por *Puccinia sorghi* y la "Mancha de Cercospora" causada por *Cercospora sorghi*. El problema más importante es la pudrición de la mazorca causada por *Fusarium* (*Fusarium moniliforme* y *Fusarium rosseum*), que llega a ocasionar pérdidas de rendimiento de hasta un 40 %. Además, su importancia se incrementa debido a la producción de micotoxinas, que ocasionan graves problemas (micotoxicosis) en los animales (Shurtleff, 1980; Trenholm *et al.*, 1990). Este punto es de vital importancia, considerando que el maíz amiláceo se dedica completamente al consumo humano y este tipo de maíz es el más atacado por la pudrición de mazorca.

En lo que se refiere al ataque de insectos, las especies: *Heliothis* spp. y *Euxesta eluta* llegan a

producir pérdidas de hasta un 30 % en el rendimiento, además de reducir la calidad, especialmente del choclo. Estas plagas se encuentran difundidas en casi todas las zonas productoras.

Soluciones para el pequeño productor.

Con el antecedente de que los agricultores maiceros se caracterizan por su bajo nivel económico, la utilización de plaguicidas para el control de plagas y enfermedades es limitada, únicamente un pequeño porcentaje de productores chocleros realizan aplicaciones de pesticidas para el control de insectos que atacan a la mazorca, para lo cual utilizan las recomendaciones técnicas generadas por el Departamento de Entomología del INIAP.

Para el control de enfermedades no se realiza ningún control químico con pesticidas, su control se lo ha venido realizando con base en la resistencia genética. En cuanto a manejo integrado, no se ha desarrollado hasta la fecha sistema alguno para el control de insectos o enfermedades.

Esquema de las actividades fitotécnicas.

Desde su iniciación (1962), el objetivo principal del Programa de Mejoramiento de Maíz de altura del INIAP, ha sido obtener variedades de alta capacidad de adaptación, con alto potencial de rendimiento, tolerantes o resistentes a insectos y enfermedades y que tengan una amplia aceptación por parte de los agricultores. Desde los años 70, el Programa viene trabajando en cooperación con el CIMMYT, mediante el intercambio de germoplasma, información y asesoramiento técnico.

Se han desarrollado poblaciones de amplia base genética (Pooles), que se diferencian por su precocidad, tipo y color de grano; estas poblaciones fueron formadas con materiales genéticos de los países de la Zona Andina y Centroamérica. Los sistemas de selección que se han venido utilizando son los de selección recurrente (intrapoblacional) de medios hermanos y hermanos completos. Durante todos los años se manejan un alto número de familias (200 a 300), en las cuales se evalúan diversas características agronómicas y rendimiento. Además se han realizado inoculaciones con *Fusarium*, en al menos una ocasión para todas las poblaciones. El esquema de mejoramiento empleado se resume a:

- Introducción, colección y prueba de germoplasma.
- Cruzamiento y selección entre y dentro de familias.
- Evaluación de familias.
- Formación de variedades experimentales (VE) con las mejores familias.
- Evaluación de VE en diferentes años y localidades.
- Producción de semilla y entrega de la variedad.

Estrategia de selección para obtener resistencia a enfermedades.

En cuanto a las enfermedades foliares, la selección para resistencia a consistió en seleccionar durante todos los ciclos familias que presenten bajos niveles de infección, tanto en los lotes de recombinación así como en los ensayos de evaluación, bajo libre infección. Para la calificación se utiliza una escala visual de 1 a 5, donde 1 significa una infección débil y 5 una infección muy severa (CIMMYT, 1985).

Para la pudrición de mazorca, la identificación de familias tolerantes o resistentes se ha venido realizando en los lotes de recombinación de las familias, realizando inoculaciones artificiales en todas las plantas (21) de un surco de 5 m. A la cosecha, se califican todas las mazorcas inoculadas con base en una escala de 1 a 5 (CIMMYT, 1985), donde 1 corresponde a 0 % de granos infectados y 5 a más de 30 % de granos infectados en la mazorca. Las familias que presenten una mayor frecuencia de calificaciones 1 y 2, se seleccionan para el siguiente ciclo.

Desde 1983, se han realizado varios trabajos cooperativos con el Departamento de Fitopatología, así: se determinó que la mejor concentración inicial de macroconidias para inocular fue de 50.000 esporas/mililitro; esta concentración se utilizaba en inoculaciones con jeringa sobre los estigmas. En 1991, se evaluaron cuatro métodos de inoculación, encontrándose que la inoculación con mondadientes (palillo) conteniendo al patógeno, clavado en la mitad de la mazorca entre 1 a 2 semanas después de la floración, fue el mejor. Por otro lado, en 1992 se inició con la utilización de cultivos monospóricos para la multiplicación del patógeno.

Experiencia con variedades con resistencia duradera y no duradera a las enfermedades más importantes.

Las variedades generadas por el Programa de Maíz hasta la fecha (9 variedades), presentan tolerancia o resistencia a las enfermedades foliares y esta resistencia es del tipo horizontal o duradera, de acuerdo con el tipo de mejoramiento empleado (intrapoblacional) y su comportamiento a través de los años. Así por ejemplo: las variedades INIAP-126 e INIAP-176 generadas en la década de los 70 y las variedades INIAP-101, INIAP-131 e INIAP-180 desarrolladas en los 80 se encuentran hasta la fecha en campo de agricultores, sin presentar problemas con enfermedades. En algunos años y localidades la incidencia de enfermedad ha sido mayor, pero las variedades han presentado o mantenido su alto potencial de rendimiento. En cuanto a variedades con resistencia vertical o no duradera, el Programa no tiene experiencia alguna hasta la fecha.

Autoevaluación.

Debido a las pérdidas económicas y problemas a la salud humana que ocasiona la pudrición de mazorca causada por *Fusarium* spp, el Programa de Maíz pondrá mayor énfasis en la selección de sus poblaciones para esta enfermedad.

A la fecha el Programa dispone de una población con tipo de grano morocho y una población con grano duro y están en proceso de reestructuración dos poblaciones harinosas (una blanca y otra amarilla). En principio se someterán a mejoramiento para

resistencia a *Fusarium*, las poblaciones morocho blanco y amarillo duro para seguir luego con las poblaciones harinosas cuando estén completamente reestructuradas. El apoyo necesario para llevar a cabo con éxito este trabajo comprende las áreas de:

- Capacitación, para dos mejoradores y un patólogo, en cursos cortos en temas específicos.
- Apoyo económico para gastos operativos, tanto para la producción de inóculo, como el manejo de los ensayos de evaluación y recombinación del germoplasma.
- Equipos y herramientas, necesarios para el desarrollo del trabajo de mejoramiento y difusión de resultados.

Esquema de selección en el mejoramiento para resistencia a la pudrición de mazorca causada por *Fusarium* spp.

En las especies alógamas, es preferible el uso de líneas S_1 en el mejoramiento para plagas y enfermedades (Pandey *et al.*, 1991), debido a que: la detección de plantas susceptibles (recesivas) es más aparente en plantas autofecundas (S_1) que en plantas S_0 (vigor completo); el daño causado por la plaga o enfermedad es más acusado en líneas S_1 que en plantas no endogámicas, y es mayor la proporción de variancia aditiva que tienen las líneas S_1 que otras familias (Márquez, 1991).

Por otro lado, de acuerdo con experiencias del Programa de Maíz de "Santa Catalina" y en otros países de la zona andina los materiales de maíz de altura, especialmente los amiláceos sufren una depresión endogámica muy fuerte al formar líneas autofecundadas, por lo que será necesario tomar en cuenta este aspecto en el mejoramiento genético a seguir. Asimismo, no habrá que descuidar el mejoramiento para otras características como rendimiento, precocidad, arquitectura de planta y cobertura de mazorca.

Se propone para el mejoramiento, un esquema que alterna la selección de líneas S_1 y el Sistema Mazorca por Surco Modificado:

CICLO I

1er. Año Obtención de líneas S_1

1. Comenzar con una muestra de alrededor de 200 familias de Medios Hermanos (MH), en las cuales se realizarán al menos 10 autofecundaciones por familia (lote de cruzamiento).
2. Evaluar las 200 familias de MH en un ensayo Látese con dos repeticiones.
3. A cosecha, en las mejores familias de MH de acuerdo a ensayo Látese, seleccionar las mejores plantas (autofecundadas), en el lote de cruzamientos, obtener 200 S_1 .

2do. Año recombinación, evaluación (inoculación) de S_1 .

1. Colocar las 200 S_1 en un lote de recombinación de MH.
2. Evaluar las S_1 en un diseño Látese con dos repeticiones, inoculando *Fusarium* todas las plantas de las familias en una repetición.
3. Seleccionar las mejores familias de acuerdo al ensayo de evaluación e inoculación y seleccionar las mejores plantas dentro de esas familias en el lote de MH.

Ciclo II

Igual que primer año.

Además se puede formar una variedad experimental con los 8 - 10 mejores líneas S_1 (semilla remanente), o se puede avanzar a S_2 con las mejores líneas S_1 .

De esta manera se espera avanzar en la selección hacia resistencia a *Fusarium* y también mejorar el rendimiento a otros caracteres agronómicos. Asimismo, se pueden ir identificando y formando variedades experimentales cada ciclo con las mejores líneas S_1 y las mejores familias de MH, además de avanzar a S_2 con las mejores S_1 .

Bibliografía

CIMMYT, 1985. Manejo de ensayos e informe de datos de ensayos internacionales de maíz de CIMMYT. México, 23 p.

INEC. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. 1988 - 1992. Sistema estadístico agropecuario nacional. Encuesta de superficie y producción por

muestreo de áreas. Quito, Ecuador.

Márquez, S., F. 1991. Genotécnia Vegetal. Métodos, teoría y resultados. Tomo III. AGT Editor, S.A. México. pp. 313 -364.

Pandey, S., H. Ceballos y C. O. Gardner. 1991. Selección Recurrente en maíces tropicales. En: Experiencias en el cultivo de maíz en el área andina. IICA-BID-PROCIANDINO. Quito, Ecuador. pp. 27 - 67.

Shurtleff, M. C. 1980. Compendium of corn disease. Second edition. The American Phytopathological Society. United States of America. pp. 51 - 60.

Trenholm, H.L., D.B. Prelusky, J.C. Young y J.D. Miller. 1990. La reducción de micotoxinas en alimentos para animales. Agriculture Canada, Publicación No. 1827. Canadá. 25 p.

Tripp, R. 1982. Including dietary concerns in on-farm research: An example from Imbabura, Ecuador. CIMMYT. Working paper 82/2. 38 p.