

**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 TRIGO EN ECUADOR

Miguel Rivadeneira, Ligia Ayala y José Urbano
INIAP, Ecuador

Resumen

El trigo es uno de los productos más importantes en la alimentación de la población ecuatoriana. Sin embargo la producción nacional y el número de unidades productivas agropecuarias dedicadas a este cultivo han descendido notablemente en las últimas décadas, siendo el mayor número de explotaciones pequeñas y medianas.

La estabilidad de rendimiento de las variedades de trigo depende en gran parte de su resistencia a las principales enfermedades que afectan a este cultivo. Las más importantes son las royas, que son las que obligan al cambio de variedades cada cierto período y justifican mantener un programa de mejoramiento que disponga de variedades resistentes. La corta duración de nuestros cultivares, a excepción de Crespo 63, Atacazo 69 y Altar 82, hace necesario dirigir nuestras acciones hacia la consecución de formas duraderas de resistencia a estos patógenos, que permitan la acumulación efectiva de genes menores y mayores que imparten la condición de resistencia durable.

Introducción

La producción nacional de trigo ha experimentado significativos cambios en las tres últimas décadas, marcadas fundamentalmente por el aumento o reducción del área cultivada y en menor escala por los cambios en el rendimiento por hectárea, que se ha mantenido como promedio nacional alrededor de una tonelada. En la figura adjunta se aprecia la evolución del área cultivada, producción e importaciones durante el período 1965-1993, de donde se desprende que en 1969 se alcanzó una superficie récord de siembra con 100.231 hectáreas y una producción de 14.099 t, mientras que en los años subsiguientes se produjo un descenso y para el presente año se estima en menos de 30.000 ha la superficie sembrada (Figura 1). Ello indica la presencia de importantes factores que desestiman a los agricultores para dedicarse al cultivo de trigo. Debe destacarse el hecho de que por cada gran aumento del volumen de importación (71-72, 75-76), la reducción del área cultivada era irreversible en los años siguientes.

Bajo este aspecto es evidente que la política de importaciones seguida por el gobierno nacional favorecía los intereses del grupo industrial, en desmedro de los agricultores trigueros, anulando así a la producción nacional.

Importancia y situación actual del cultivo

El trigo es uno de los productos más importantes en la alimentación de la población ecuatoriana; su consumo se ha incrementado notablemente como efecto de un rápido crecimiento de la población, a los cambios en los hábitos de consumo y a precios relativamente bajos de los derivados.

El consumo y las importaciones de trigo en Ecuador han aumentado más rápidamente que en los demás países del área andina, de 26 kg/capita en 1970 a más de 40 kg/capita en 1990. En 1991 el país importó 400.000 t a un costo aproximadamente de 64 millones de dólares, lo cual proyecta a este cereal como uno de los alimentos más importantes, en especial para el habitante urbano del Ecuador.

De la producción nacional, aproximadamente el 13% es para autoconsumo, el 19% se vende directamente a los molinos, mientras que el 57% se comercializa a través de los intermediarios, hacia la misma industria molinera y la actividad camaronera, quedando como semilla para el nuevo ciclo alrededor del 14%.

El cultivo de trigo es eminentemente de secano y las épocas de siembra van de Noviembre a Febrero, dependiendo de la altitud de los predios, en tanto que la cosecha coincide con la época seca (Julio a Septiembre).

Aproximadamente el 50% del cultivo ocupa suelos de topografía accidentada que dificulta la mecanización, debiendo realizarse la siembra al voleo y la cosecha mixta (corte manual y trilla mecánica).

La necesidad de obtener mayores ingresos ha determinado en los estratos de pequeños agricultores, que el padre y muchas veces conjuntamente con los hijos varones emigren del campo a la ciudad, en busca de otras actividades, dejando el trabajo de campo en manos de la esposa, quien debe decidir sobre la preparación del terreno, eliminación de malas hierbas y el mantenimiento mismo del cultivo hasta la cosecha. A esta situación

se suma el hecho que no utiliza buena semilla, fertilizante, ni herbicidas y en general no se aplica las prácticas culturales recomendadas, lo que trae consigo bajos rendimientos y en consecuencia una actividad poco o nada rentable.

Tamaño de las explotaciones

Paralelamente a la disminución de la producción nacional, el número de unidades productivas agropecuarias (UPAS) dedicadas al cultivo de trigo descendió en 64% entre 1970 y 1993 de (30.000 a 11.000 UPAS). El mayor número de predios dedicados al cultivo de trigo son explotaciones pequeñas y medianas.

Principales enfermedades del trigo en Ecuador

La estabilidad de rendimiento y durabilidad de las variedades de trigo depende en gran medida de la efectividad de su resistencia a las principales enfermedades que afectan a este cultivo. Las más importantes sin lugar a duda son las royas, roya amarilla, de la hoja y del tallo. Estas tres enfermedades causadas por los organismos *P. striiformis* f. sp. *tritici*, *P. recondita* y *P. graminis* f. sp. *tritici*, respectivamente, son las que prácticamente obligan al cambio de variedades cada cierto período, generalmente muy corto, y a la vez justifican mantener un programa de mejoramiento genético, que genere en forma continua variedades resistentes.

Roya Amarilla

La roya amarilla causada por el hongo *Puccinia striiformis*, es la enfermedad más peligrosa para el cultivo de trigo en la Sierra Ecuatoriana. Variedades susceptibles a esta enfermedad disminuyen hasta en un 80% su rendimiento, y cualquier variedad inicialmente resistente al hongo causal, esta expuesta en pocos años a perder la resistencia por la aparición de organismos fungosos más competentes para medrar en plantas de dicha variedad.

Roya de la hoja

La roya de la hoja causada por el hongo *Puccinia recondita* ha disminuido en los últimos años sus efectos negativos en el rendimiento de las variedades comerciales de trigo. En variedades susceptibles llega a reducir hasta en un 50% la producción. Al igual que en el problema anterior la evolución continua de nuevas razas de este hongo, convierte la inicial tolerancia de una variedad mejorada en susceptible a su ataque en pocos años.

Enanismo amarillo de los cereales (BYD)

Mediante evaluaciones regionales se ha determinado que el enanismo amarillo de los cereales esta difundido en la zona triguera alcanzando pérdidas del 20-30% en variedades comerciales. Por tanto es necesario establecer un proyecto de investigación dirigido a enfocar y corregir estos problemas utilizando el medio más económico que es la identificación y selección de líneas resistentes.

Actividades de fitomejoramiento

Las variedades de trigo en el Ecuador y en todo el mundo deben ser reemplazadas cada cierto tiempo, debido a que una vez que entran a ser cultivadas por los agricultores, los organismos que causan las enfermedades comienzan, a través de mecanismos

de recombinación genética y/o mutación, a formar nuevas razas que más pronto que tarde acaban con la resistencia de una variedad mejorada.

La prioridad número uno y la razón de ser un programa de mejoramiento genético, es el desarrollo de variedades mejoradas. Para el efecto nuestro Programa basa su estrategia de trabajo en la utilización de dos métodos principales de mejoramiento, que son Introducción e Hibridación.

Introducción

Se la define como la introducción de material genético de un país a otro. Desde hace unos años atrás, este método se ha convertido en el más importante en nuestro trabajo de mejora genética de cereales, hecho que obedece a dos razones importantes. La primera a que atendemos a una área triguera bastante reducida y la segunda, a la valiosa contribución anual con germoplasma por parte del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), así como también de otros países. De esta manera, cada año son evaluadas miles de líneas y/o variedades, circunstancia que nos permite seleccionar genotipos que por su adaptación y caracteres agronómicos deseables, son incorporados a ensayos preliminares de rendimiento y eventualmente pueden llegar a ser liberados como una nueva variedad, como es el caso de las tres últimas variedades de trigo entregadas por el INIAP.

Hibridación

Hasta no hace mucho tiempo, este era el método predominante utilizado por el Programa, con un considerable número de combinaciones o cruzamientos y por tanto con una significativa proporción de nuestros campos experimentales con material segregante de las diversas filiales, en razón de que el manejo de estas era un estricto pedigree, lo que requería de una ingente provisión de recursos, tanto económicos como humanos.

Pero como cambiaron las circunstancias hacia una marcada depresión del cultivo y creciente restricción de recursos destinados a la investigación, tuvimos también que ajustar reduciendo notablemente el número de cruzamientos a un promedio de 40 combinaciones por ciclo, cifra bastante modesta, pero que tiene como objetivo solventar algunos problemas específicos de mejoramiento.

Métodos de selección en poblaciones segregantes

Por las razones previamente indicadas se hizo necesario cambiar de Pedigree a Pedigree-Masal modificando el manejo de las poblaciones segregantes. Tradicionalmente los criterios de selección en poblaciones segregantes, han enfatizado en la identificación de genotipos con alta resistencia (hipersensibilidad e inmunidad) a las principales enfermedades, especialmente a roya amarilla que es la enfermedad limitante del cultivo de trigo en Ecuador, lo que constituye la principal causa de la corta duración bajo cultivo comercial de las nuevas variedades entregadas a los agricultores.

Esta quiebra rápida de la resistencia genética de nuevos cultivares, ha movido a mejoradores y patólogos a enfatizar en el uso de resistencia durable, enroscamiento lento (slow rusting), resistencia parcial, etc. Nuestro Programa de Mejoramiento también ha empezado a dar pasos en esa dirección, y de la práctica común de seleccionar lo más resistente, estamos permitiendo el avance de germoplasma que presenta algún nivel de enfermedad, que llega hasta

un 20 MS a 30 MS, y prestando también especial atención a germoplasma que presenta cierto grado de slow rusting-resistencia parcial, con lo cual se pretende ampliar la base genética de resistencia a royas.

Manejo de material avanzado

El material avanzado esta constituido por germoplasma homocigótico o casi homocigótico, que ha pasado a través de las diferentes instancias de selección y continúa su evaluación en ensayos de rendimiento.

Evaluación de trigos en surcos triples

La evaluación de genotipos de trigo en surcos triples de 2 m, tiene como principales objetivos evaluar el rendimiento, la reacción a las principales enfermedades, las características agronómicas y la calidad del grano, tanto de líneas avanzadas obtenidas en el Programa en el ciclo anterior, así como también introducciones que demostraron buen comportamiento en el mismo ciclo.

Ensayos avanzados de rendimiento

Que generalmente son de dos y cuatro repeticiones y tienen como principales objetivos generar variedades de trigo y cebada con alto rendimiento de grano, resistentes y/o tolerantes a las principales enfermedades, buen tipo agronómico y aceptable calidad industrial. El diseño experimental utilizado es bloques completos al azar.

Ensayos regionales

Estos ensayos, además de los objetivos arriba mencionados son ejecutados para estudiar el grado de adaptación y estabilidad de rendimiento en diferentes medioambientes de la Sierra Ecuatoriana, del material élite de trigo del Programa; los conforman 20 líneas que se han mostrado como promisorias, comparadas con 5 variedades testigo. El diseño utilizado es también bloques completos al azar, con cuatro repeticiones.

Es evidente una dinámica climática en los valles y pendientes del Carchi hasta Loja, la cual hace que las distribuciones de lluvia y las temperaturas promedio no sean constantes años tras año. Por tanto en una área relativamente pequeña como es la Sierra Ecuatoriana, antes que obtener variedades para nichos ecológicos reducidos es necesario disponer de variedades con estabilidad de rendimiento y amplia adaptación.

Variedades de trigo con resistencia duradera

La Comisión Nacional del Trigo inicialmente y el Programa de Cereales del INIAP, en un período de 30 años (1963-1993) han puesto a disposición de los agricultores trigueros un total de 14 variedades. Por razones ya discutidas anteriormente la mayor parte de estos cultivares han tenido una vida útil efímera. Sin embargo hay tres genotipos que salen de lo normal en cuanto a la durabilidad de su resistencia al principal patógeno en nuestro medio, como es la roya amarilla; estas tres variedades son: Crespo 63, Atacazo 69 y Altar 82.

De estos tres cultivares Crespo 63 aún continúa bajo cultivo, demostrando niveles notables de resistencia a royas y otras enfermedades; los otros dos han sido retirados de cultivo por razones diferentes a resistencia a royas, como ser nuevas variedades con un mejor tipo de grano, mayor rendimiento, etc. No han sido determinados los factores genéticos

responsables por la mayor duración de la resistencia de estas variedades; lo único que puede establecerse de ellas es que su resistencia ha permanecido efectiva por un tiempo considerable, en un medioambiente que es propenso al desarrollo de roya amarilla.

La otra cara de la medalla constituyen variedades como Cayambe, Antisana, Tungurahua entre otras, que apenas al segundo o tercer año de empezar a ser cultivadas en forma comercial colapsaron totalmente en su resistencia, tuvieron que ser retiradas de cultivo y reemplazadas por nuevas variedades, que más o menos han tenido similar comportamiento. Estos resultados son naturalmente consecuencia de los métodos de mejoramiento, como pedigree, que promueven la selección de genes mayores.

Autoevaluación

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 nuestro cultivares, 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 trigo con resistencia a roya amarilla.

Actividad	Tiempo (años)
Selección de germoplasma resistente a roya amarilla 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