



Mazorcas de las 13 razas de maíz de la sierra central del Perú

MEJORAMIENTO CONSERVATIVO DEL MAIZ EN LA SIERRA DEL PERU



MEJORAMIENTO CONSERVATIVO DEL MAIZ EN LA SIERRA DEL PERU

Autores:

Oscanoa Rodríguez, C.
Sevilla Panizo, R.

Colaboradores:

Nuñez Yachachi, P
Rojas Poma, E,

Huancayo, Diciembre del 2011

INDICE

INTRODUCCION

| | |
|--|-----------|
| I. BIOLOGIA REPRODUCTIVA DEL MAIZ..... | 7 |
| 1.1 Gametogénesis y fertilización | 11 |
| 1.2 Los caracteres de grano | 14 |
| 1.3 Herencia del color de grano | 14 |
| 1.3.1 Color de pericarpio | 16 |
| 1.3.2 Color de aleurona | 21 |
| 1.3.3 Color del endospermo | 21 |
| II. METODOS DE MEJORAMIENTO GENETICO..... | 24 |
| 2.1 Selección..... | 24 |
| 2.2 Mejoramiento de poblaciones | 25 |
| 2.2.1 Mejoramiento Intrapoblacional | 25 |
| 2.2.1.1 Selección masal | 25 |
| 2.2.1.1.1 Selección masal tradicional | 26 |
| 2.2.1.1.2 Selección masal estratificada | 26 |
| 2.2.1.2 Selección familiar | 27 |
| 2.2.1.2.1 Selección familiar de medios hermanos tradicional | 28 |
| 2.2.1.2.2 Selección familiar de medios hermanos mazorca por surco modificado | 28 |
| 2.2.1.2.3 Selección familiar de hermanos completos | 29 |
| 2.2.1.2.4 Selección de familias endogámicas | 29 |
| 2.2.1.2.5 Selección de cruzas de prueba | 31 |
| 2.2.1.2.6 Selección recurrente para habilidad combinatoria general | 32 |
| 2.2.1.2.7 Selección recurrente para habilidad combinatoria especifica | 32 |
| 2.2.2 Mejoramiento interpoblacional | 32 |
| 2.2.2.1 Selección recurrente recíproca de familias de medios hermanos | 32 |
| 2.2.2.2 Selección recurrente recíproca de familias de hermanos completos | 33 |
| III. MEJORAMIENTO CONSERVATIVO | 33 |
| 3.1 Clasificación de la diversidad | 34 |
| 3.2 Formación de la población base | 41 |
| 3.3 Resultado del primer ciclo selección | 43 |
| 3.4 Resultado del segundo ciclo de selección | 45 |
| 3.5 Generación de variedades | 46 |
| 3.6 Crédito y protección varietal | 49 |
| IV. INTERACCION GENOTIPO POR AMBIENTE | 50 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 51 |

INTRODUCCION

El crecimiento espectacular en la producción de alimentos y la relativa disminución del crecimiento poblacional a nivel mundial en la segunda mitad del siglo pasado, nos convencieron de que era posible producir alimentos para todos en el futuro. Las predicciones de Malthus compararon la producción de alimentos, que crecía en su época, a finales del siglo XIX, en proyección aritmética, mientras que la población mundial crecía en proyección geométrica. El siglo XXI nos enfrenta a una realidad distinta; la demanda por alimentos y por energía está superando todas las predicciones por la simple razón que todos ahora están expuestos a los bienes y servicios para tener una vida mejor, de manera que nuevamente enfrentamos un reto mayor con el agravante de la experiencia que dice que la ciencia puede generar suficientes productos, pero siempre que conservemos los recursos naturales.

La biodiversidad es uno de los recursos naturales más importantes que tiene el planeta. La diversidad genética es un recurso renovable porque se usa y se renueva continuamente; pero si se descuida o se sobre explota se puede agotar y perder. La población mundial utiliza la diversidad genética en muchas formas, una de ellas es el mejoramiento genético. Desde que los humanos empezamos a sembrar las especies vegetales silvestres hemos tenido la oportunidad de seleccionar las mejores formas para usarlas como progenitores de nuevas plantas que con el tiempo fueron poblando los campos de cultivos y huertos de variedades nativas. Tanto las variedades nativas como los parientes silvestres fueron la materia prima de todos los cultivares mejorados que se usan actualmente.

La diversidad genética está constituida por la diferencia entre las especies y por todas las formas distintas de las especies. La variación entre poblaciones de una especie más la variación dentro de las poblaciones es la diversidad genética total de una especie. Las especies pueden ser más o menos diversas; las características dentro de las poblaciones pueden ser más o menos variables. La variabilidad genética de las características es cuantificada en términos de variancia genética. Si hay variancia genética para una característica dentro de una población el carácter puede ser modificado por la selección, la que puede ser natural o artificial.

Las variedades de una especie difieren en sus características morfológicas y también en el comportamiento fisiológico ante ambientes distintos. Reacciona distinto ante estreses abióticos, como temperaturas extremas, sequías, disponibilidad de nutrientes; o ante estreses bióticos como enfermedades, plagas o malezas. A mayor diversidad y variabilidad mayor será la capacidad para adaptarse a distintas condiciones ambientales y por lo tanto para enfrentar modificaciones de clima y suelo. Cuando el tamaño de las poblaciones se reduce, aumenta la reproducción entre individuos emparentados, se genera endocria que puede provocar una reducción de la diversidad genética.

La diversidad genética del maíz se distribuye en razas. Varios son los factores que originan la diferenciación racial. Los principales son: La selección natural para adaptar poblaciones a diferentes ecosistemas, la selección humana para responder a diferentes usos, gustos y exigencias culturales, las hibridaciones entre razas y el aislamiento de poblaciones. Las razas de maíz, son parte del patrimonio cultural de los pueblos, como sus costumbres, su vestido, su música, su lenguaje, su comida y otras manifestaciones culturales. Las razas se mantienen

porque constituyen un fuerte elemento cultural. Si desaparecen las culturas lo más probable es que desaparezcan también las razas.

El conocimiento de la diversidad genética es necesario para programar su conservación, caracterización y utilización sostenible. En los países diversos como el Perú, donde existen especies que han pasado por un largo proceso de domesticación, la diversidad de las especies debería estar disponible para utilizar los caracteres adaptativos que se han generado durante el proceso evolutivo. Sin embargo, los genes responsables de los caracteres adaptativos están generalmente en baja frecuencia. O sea, se sabe que existen, se necesitan, pero no se encuentran con facilidad. Eso se debe a que los caracteres adaptativos son muy complejos. La selección natural no favorece a los mismos genes todos los años por igual, porque al cambiar las condiciones ambientales cambia el efecto selectivo; por ejemplo un año son favorecidos los individuos con un alelo favorecido por la sequía, en otro año, los individuos con otro alelo favorecido por la humedad; todos los años son favorecidos diferentes genotipos lo que no permite que alguno de los alelos llegue a tener una frecuencia muy alta. La consecuencia práctica de esa situación es que la característica no se aprecia fácilmente en las variedades nativas.

Otro factor que no permite el aumento de las frecuencias génicas de los alelos favorables de un carácter adaptativo es la endocría. Cuando el paso de generaciones se hace con pocos progenitores, la frecuencia de los genes tiende a cambiar por deriva genética. La endocría es muy favorable porque facilita la selección y por lo tanto el mejoramiento de la población, pero puede ser muy negativa si no se controla.

Esos factores y otros deben de considerarse cuando se escojan los métodos más apropiados para conservar la diversidad de las especies mientras se mejoran genéticamente. La selección no va en contra de la diversidad; lo único que se pierde, solo en la población sujeta a selección, son los alelos negativos. Lo negativo en términos genéticos es relativo; un alelo negativo en un ambiente puede ser positivo en otro. Esos alelos se mantienen en las variedades de los agricultores, se conservan in situ y deben de conservarse también ex situ en los bancos de germoplasma y estar disponibles si fuesen necesarios.

Cuando la diversidad genética es considerable, como la del maíz amiláceo en la Sierra, es recomendable conocer esa diversidad antes de iniciar el mejoramiento conservativo. La mejor estrategia para conocer la diversidad de una especie cultivada es coleccionar muestras de semilla de todas las localidades donde se siembra maíz en la región. Después se siembran juntas, se caracterizan morfológica y fenológicamente, se agrupan las parecidas para tener la primera aproximación de la clasificación racial. Cuando ya se tiene la clasificación racial de la región, se coteja la nueva clasificación con la original.

En la presente publicación desarrollada en el ámbito de la Estación Experimental Ana Santa Ana del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), se presentan los resultados del mejoramiento conservativo del maíz en la Sierra Central del país, describiendo previamente los criterios para la aplicación de los métodos apropiados para que los productores puedan ejecutarlos en su propio beneficio y el de toda la población para asegurar su alimentación y a través del desarrollo tecnológico, la generación de productos agrícolas con mayor valor.

I. BIOLOGIA REPRODUCTIVA DEL MAIZ

El método de mejoramiento más apropiado para el mejoramiento conservativo requiere el conocimiento de la biología reproductiva del maíz y el conocimiento de la herencia de los caracteres de mazorca y grano; con la finalidad de mantener en el proceso de selección los caracteres más importantes de las razas nativas.

El maíz es una planta monoica, las flores masculinas y femeninas se encuentran en una misma planta. La flor masculina (Figura 1), está en la inflorescencia llamada panoja y la flor femenina en una estructura que formara la mazorca después que los óvulos han sido fecundados. Las barbas de la mazorca son los pistilos que son verdaderos estigmas porque el polen cae sobre su superficie y desarrolla hacia adentro en cualquier punto de su longitud (Figura 2).

Las flores, tanto masculinas como femeninas se encuentran unidas en espiguillas; el par de espiguillas es la unidad de estructura. En la panoja un miembro del par es pedicelada y la otra no. Cada espiguilla contiene dos flores. Las flores consisten de tres estambres, dos lodículos que se hinchan en la época de floración, empujan la lemna, una de las envolturas de la flor que permiten la salida de los estambres. En la espiguilla estaminada ambas flores son funcionales.

La espiguilla pistilada tiene los mismos elementos que la estaminada, pero la gluma, lemna (Figura 3) y palea son mas rudimentarias. La espiguilla está formada por dos flores, de la cual solo la superior es funcional. La inflorescencia femenina consiste de un eje, sobre el cual los pares de espiguillas son ordenados por pares. Como cada espiguilla da lugar a un grano, el número de hileras de grano de la mazorca es par. Cada espiguilla está unida a la coronta por un pedicelo muy corto llamado raquilla. El número de hileras de grano de la mazorca está determinado principalmente por factores hereditarios. El ambiente no modifica esta característica.

La rama lateral que sostiene la mazorca es el resultado de un acortamiento de una rama que tiene una estructura similar al tallo principal. Este pedúnculo de la mazorca tiene varios entrenudos que se han acortado en el proceso de la evolución. Entre cada nudo nace una hoja que en conjunto constituye las brácteas de la mazorca. Las flores del maíz son potencialmente hermafroditas, es decir, que aunque la panoja tiene flores funcionales masculinas y la mazorca flores femeninas, las flores masculinas contienen vestigios de órganos femeninos como un pistilo rudimentario. Por esta razón, a veces ocurren flores perfectas en la panoja, que dan lugar a la formación de granos en la panoja y a veces mazorcas con anteras.



FIGURA 1. Flor masculina



FIGURA 2. Flor femenina



FIGURA 3. Gluma, lemna y estambre

1.1 Gametogénesis y fertilización

La gametogénesis precede a la fertilización y se realiza en el esporofito o planta adulta en dos partes diferentes. La gametogénesis masculina o microsporogénesis se desarrolla en los estambres, dando lugar a cuatro microsporas, cada una de las cuales encierra las dos células espermáticas en el grano de polen. La gametogénesis femenina o macrosporogénesis da lugar a cuatro megasporas, tres de ellas no son funcionales, solo una de ellas da lugar al saco embrionario, donde se encuentra el óvulo, tres células antípodas, dos sinérgicas y dos núcleos polares que se fusionan en el momento de la fertilización.

Los granos del polen salen de las anteras en el momento de la anthesis y son transportados a los pistilos de las plantas vecinas. Los primeros pistilos producidos en una planta salen de las brácteas, dos o tres días después de iniciada la liberación de polen. Primero surge los pistilos de la base de la espiga, los del ápice aparecen en el último término (Figura 4). En condiciones favorables de crecimiento todos los pistilos surgirán y estarán listos para la polinización en un periodo de tres a cinco días, de manera que haya tiempo suficiente para completar la polinización antes que la panoja detenga la liberación del polen. Sin embargo, a pesar de esta coincidencia entre la liberación de polen y del alargamiento del pistilo, el polen de una planta determinada pocas veces fecundan los pistilos de la misma planta. En condiciones de campo, el 95% o más de los granos producidos por cada planta son el fruto de una polinización cruzada. Se produce mucho más polen de lo necesario. Una panoja de maíz produce de 2 a 25 millones de granos de polen, en un promedio de 5 a 15 días (Figura 5). En el momento de máxima producción la densidad de polen en un campo excede los 500 granos por cm^2 por día. La mayoría del polen cae dentro de 50 a 70 m de su origen. Si hay mucho viento la distancia podría ser mayor, pudiendo considerar que para mantener un campo aislado de otro, debe estar separado por lo menos 200 metros.

Es frecuente que la floración masculina antecede en varios días a la femenina, situación que se denomina protandria, lo cual es un factor importante en la polinización cruzada. Es menos frecuente la protoginia.

El polen es funcional dentro de las 24 horas que sigue a la salida de las anteras. Cuando cae sobre los estilos o los pelos estigmáticos, el tubo polínico puede penetrar por el cuerpo del estilo por uno de los pelos estigmáticos, y una vez dentro del estilo, pasa por el tejido vascular hasta el ovario. El tiempo entre la polinización y fertilización es variado, bajo buenas condiciones de temperatura y humedad, el tubo polínico, puede entrar al pelo estigmático dos horas después de la polinización y la fertilización ocurre 24 horas después.



FIGURA 4. Espiga de maíz y longitud de pistilos



FIGURA 5. Polen despedido de las anteras

Cuando los estigmas de los vástagos de mazorca se polinizan, los granos de polen germinan y emiten tubos polínicos hacia el interior y la base de los estigmas individuales. Por lo general, solo el tubo de un grano de polen llega al micrópilo, donde crece entre las células del núcleo hasta que entra en el saco embrionario, donde se rompe y libera los dos núcleos espermáticos. Uno de los dos núcleos que es haploide ($1n$) de 10 cromosomas se combina con el óvulo para formar el cigoto y se restablece el número diploide ($2n$) de 20 cromosomas en el núcleo celular. El otro núcleo se fusiona con uno de los dos núcleos polares y éste a su vez se fusiona con el otro núcleo polar para formar el núcleo del endospermo primario; este núcleo tiene 30 cromosomas, 10 derivados de cada óvulo núcleo polar y 10 del núcleo espermático. El proceso en el cual hay una fusión para iniciar el embrión y otra para iniciar el endospermo se llama doble fertilización. Después de la fertilización el saco embrionario tiene tres tipos de células en cuanto al número de cromosomas: (1) las antipodales son haploides, con $1n$ (10) cromosomas; (2) el embrión es diploide $2n$ (20) cromosomas; y el endospermo, con $3n$ (30) cromosomas (Figura 6)

1.2 Los caracteres de grano

Pericarpio. Es formado totalmente por tejido procedente de la madre, su función es impedir la entrada de microorganismos que podrían invadir y dañar el grano.

Aleurona. Esta constituido por tres alelos, hereda dos tercios de la planta madre y un tercio del padre.

Endospermo. Hereda dos tercios de la planta madre y un tercio del padre, su función es proporcionar alimento a la plántula hasta que sus raíces y hojas puedan elaborar sustancias energéticas por si solas.

Embrión. Recibe una constitución igual de ambos padres; da origen a una nueva planta. El embrión del grano está formado por dos partes principales: el eje embrionario o planta nueva, y el escutelo, que constituye una gran reserva de alimentos para la plántula en crecimiento. En el grano maduro, el eje embrionario es, una plúmula (parte foliar), y una radícula o porción semejante a una raíz en miniatura (Figura 6).

En el grano está el valor de las razas de maíz amiláceo de la Sierra. A medida que se consolidan los mercados internos y externos, se hace más claro que el precio del maíz harinoso de la Sierra son mayores y en algunas razas varias veces mayor al precio del maíz amarillo duro. Lo que le da valor al maíz de la Sierra son sus características del grano, algunas muy evidentes como el color y su suavidad, característica de la textura harinosa del grano; otras menos evidentes, como el pericarpio esponjoso.

La uniformidad de los caracteres de valor es un requisito comercial imprescindible. Para uniformizar los caracteres de valor tenemos que conocer la herencia de las características que le dan valor al grano de las variedades comercializables. El mercado no puede aceptar situaciones como por ejemplo el maíz Chullpi que esté segregando granos harinosos en la misma mazorca, o un maíz choclo como el del Cuzco o el San Gerónimo con granos duros, o un Kculli que segrega mazorcas de granos rojos.

El conocimiento de la herencia de las características del grano será necesario para definir las normas comerciales de un producto que tiene muchas variaciones en el uso y en las características externas.

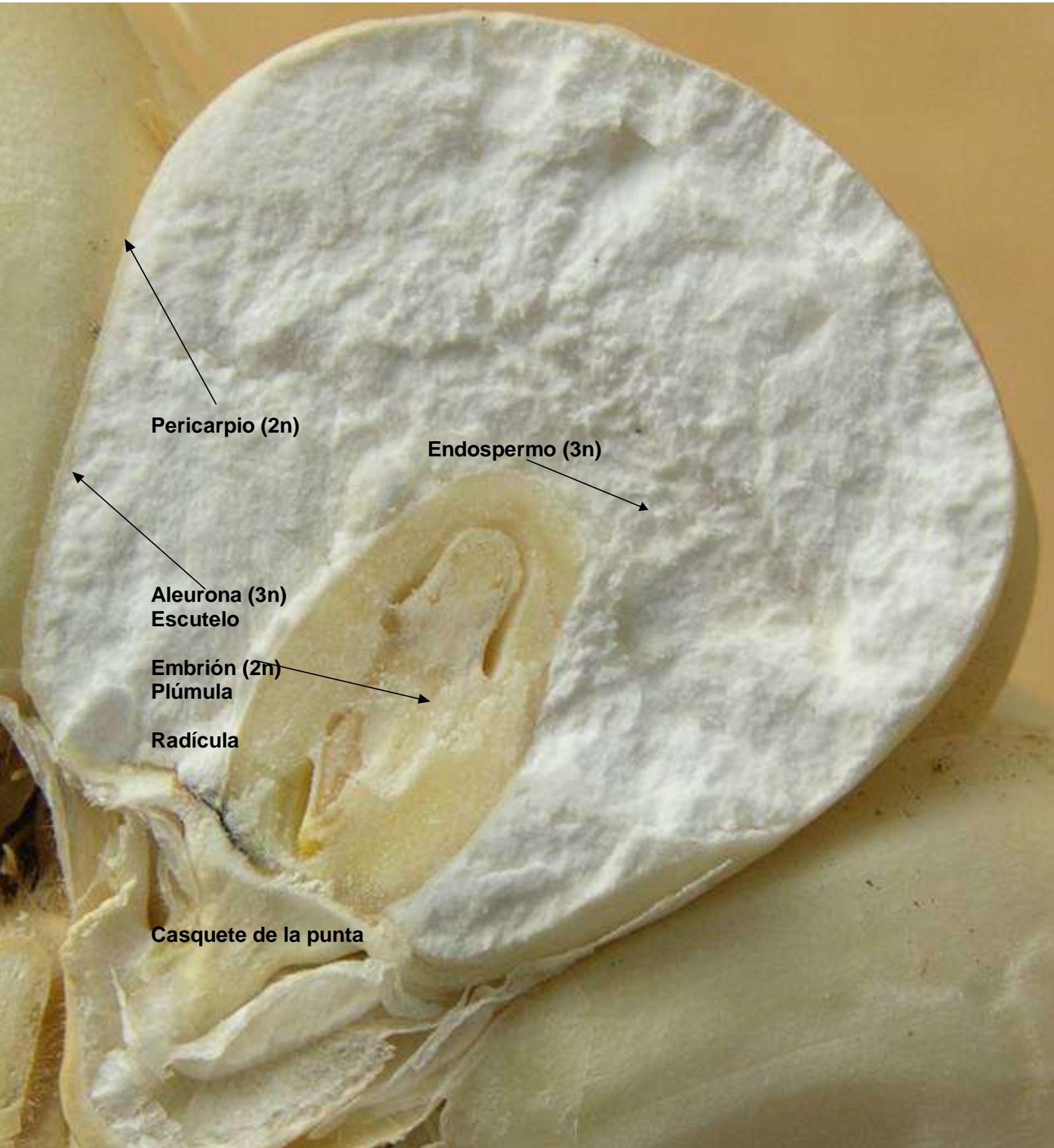


FIGURA 6- Partes del grano de maíz maduro raza Cuzco y tipos de células en cuanto al número de cromosomas.

1.3 Herencia del color de grano

1.3.1 Color de pericarpio

Si el pericarpio es incoloro, se ve el color de aleurona, y si el pericarpio y aleurona, es incoloro; entonces se ve el color del endospermo. Si el pericarpio es coloreado no se vera el color de la aleurona ni del endospermo; por lo tanto todos los granos de la mazorca serán del mismo color, porque el tejido del pericarpio se hereda en su totalidad de la madre. No hay efecto del polen que fertilizó el grano. No hay segregación del color dentro de una misma mazorca.

Si el pericarpio es incoloro, se aprecia el color de aleurona. En la figura 7 el pericarpio de la mazorca es incoloro, el color oscuro se debe al color de aleurona en algunos granos de la mazorca. Cada grano es fertilizado con polen de diferentes padres. El tejido de la aleurona está constituido por tres alelos dos de la madre y uno del padre, si el alelo del padre es dominante entonces el color de la aleurona será oscuro (xenia).

Si el pericarpio y aleurona son incoloros, se expresa el color del endospermo. Hay efecto del polen que fertilizó el grano y, por lo tanto, hay xenia. El color segrega dentro de una misma mazorca.

El color del pericarpio puede ser incoloro, rojo, café claro, amarillo, marrón, rojo capa blanca (Figura 8), marrón rojizo, rojo oscuro y negro. Además el pericarpio puede ser variegado (Figura 9) si tiene líneas longitudinales de color rojizo o marrón sobre el pericarpio incoloro o puede ser mosaico si tiene zonas o sectores del grano de color distinto.

El gene responsable del color del pericarpio es el gene P, localizado en el cromosoma 1. Este gene tiene una serie de alelos:

P^{ww} = Pericarpio incoloro - coronta blanca

P^{rr} = Pericarpio rojo – coronta roja

P^{rw} = Pericarpio rojo – coronta blanca

P^{wr} = Pericarpio incoloro – coronta roja

P^{cr} = Pericarpio rojo capa blanca – coronta roja

P^{cw} = Pericarpio rojo capa blanca – coronta blanca

P^{vv} = pericarpio variegado

P^{mo} = pericarpio mosaico

El P^{ww} es recesivo a todos los demás alelos de coloración. Para que se expresen los alelos y produzcan color rojo, debe estar presente también el alelo A del cromosoma 3; para que produzca color marrón debe estar presente el alelo A^b y para que se produzca el marrón rojizo debe estar el alelo a^p , además del alelo característico P. Por ejemplo, el color rojo variegado esta dado por AP^{vv} (Figura 9) y el marrón variegado por A^bP^{vv} y el marrón rojizo por a^pP^{vv} .

Para que el pericarpio sea negro, debe estar además de A y P-rr, el dominante PI del cromosoma 6 y el recesivo r^{ch} del cromosoma 10; o sea que el maíz negro como el Kcully es $AP-rrPIr^{ch}$ (Figura 10)

Los alelos A^b y a^p , son dominantes a A, de manera que si se cruza marrón por rojo, la descendencia es de color marrón.



FIGURA 7- Pericarpio incoloro; los granos oscuros muestran el color de la aleurona. No se ve en color del endospermo. En los granos blancos el pericarpio y la aleurona son incoloros y endospermos blanco



FIGURA 8 Pericarpio rojo capa blanca, maíz raza Cuzco



FIGURA 9- Pericarpio rojo variegado, maíz raza Paro



FIGURA 10- Pericarpio negro, maíz raza Kculli

Además, hay dos genes que producen pericarpio marrón: el gene dominante Ch en el cromosoma 2 y el gene recesivo b_p en el cromosoma 9, cuando están juntos Ch y P^{rr} , el pericarpio es rojo, pero es marrón si está junto Ch con P^{vv} y P^{mo} .

1.3.2 Color de aleurona

Se conoce más de 12 genes que afectan el color de la aleurona. Para que se desarrolle el pigmento deben estar presente los siguientes genes dominantes: A, A-2, A-3, C, C-2 y R, así como el recesivo i (el dominante I inhibe el color). Basta que una del dominante falte para que no se produzca el color.

El color específico en genotipos A, A-2, A-3, C, C-2 y R, ii es dado por los siguientes genes: Pr produce aleurona morada, domina a pr que produce aleurona roja; aleurona púrpura Bz domina a aleurona de color pardo pálido verdoso (bronce) bz. Otro gene localizado en otro cromosoma bz-2 produce el mismo efecto.

El moteado típico de algunas razas (Figura 11) es causado por los genes Dt-1 del cromosoma 9, Dt-2 del cromosoma 6 y Dt-3 del cromosoma 7. El moteado también es producido por la presencia de un alelo R y 2r, o sea, el genotipo Rrr en la aleurona.

El gene R tiene una serie de alelos. R produce aleurona morada; R^{nj} produce manchas irregulares moradas en la corona del grano incoloro; R^{mb} produce manchas claras en granos morados; R^{st} produce manchas pequeñas púrpuras en los granos incoloros.

El gene dominante Br en el cromosoma 7 produce aleurona marrón amarillento pálido.

El color de la aleurona segrega dentro de la mazorca, o sea, que dentro de una mazorca se puede encontrar granos púrpuras, rojos y moteados. Como la aleurona es 3n, hay 3 alelos para cada gene en el tejido de la aleurona. Si basta la presencia de uno de los dominantes es posible que se exprese en la mazorca el alelo aportado por el padre (xenía).

1.3.3 Color del endospermo

El color del endospermo puede ser amarillo o blanco. El endospermo amarillo es producido por un gene dominante Y en el cromosoma 6. El gene Y se expresa solo en granos duros o en los sectores de endospermo duro. Por lo tanto la expresión del gene Y en genotipos con 1, 2 y 3 alelos de Y se presenta a continuación:

En endospermo duro: yyy es blanco, Yyy es amarillo, YYy es amarillo; YYY es amarillo (Figura 12). En endospermo harinoso no se expresa el gene Y.



Figura 11. Aleurona moteada, maíz de la raza Piscorunto



Figura 12. Pericarpio y aleurona incoloro, endospermo amarillo

1.4 Herencia de la textura de grano

La textura del grano de las razas de la Sierra es un carácter económico muy importante porque como el consumo del maíz es directo en la alimentación humana, el grano debe ser harinoso muy suave. El endospermo es la parte del grano más importante. Está formado por granos de almidón; la textura del grano depende de la densidad de los granos dentro del endospermo. En los maíces duros, como el maíz amarillo que se usa en la alimentación de aves de corral, el almidón está densamente compactado. También son duros los granos de las razas Confite puntiagudo y Confite Morocho.

En los granos de la raza Morocho el almidón duro o las capas de células más compactadas está en la parte superior del grano, debajo del pericarpio. En el centro del grano el almidón está tan suelto como el de las otras razas harinosas: Cuzco, Huancavelicano, San Gerónimo, Pisccorunto.

La diferencia entre duro y harinoso se debe a la presencia del gen *fl-1*. Como el endospermo tiene tres cromosomas o sea tres alelos del gen responsable de la textura del grano, hay efecto de dosis: La raza Cuzco es *fl/fl/fl*. Si una planta de Cuzco le cae polen de un maíz duro, la planta es *Fl/fl/fl* y la textura del grano es harinosa. Si a un maíz duro le cae polen de Cuzco, la planta es *Fl/Fl/fl* y la textura del grano es duro.

La raza Chullpi tiene el endosperma arrugado (Figura 13) porque es homocigota para el gen *su* que produce germoplasma dulce (*su* es del inglés *sugary* que significa azucarado). El gen *su* no permite que el azúcar se transforme en almidón y por eso cuando se seca el grano se arruga. *Su* es un gen recesivo; si a una planta de la raza Chullpi le cae polen de una raza con granos harinosos como el San Gerónimo, cuyo genotipo es *SuSu*, el grano sería *Sususu* y es harinoso normal.



Figura 13. Mazorca de la raza Chullpi con dos granos harinosos

1.5 Herencia de los caracteres de la mazorca

Los caracteres de la mazorca que más correlacionan con el rendimiento son, el largo de la mazorca, el ancho, el número de hileras y el número de granos por hilera. Tanto el largo como el ancho de la mazorca tienen una heredabilidad relativamente baja porque son muy influenciados por el ambiente. El número de hileras tiene una alta heredabilidad, lo que significa que en cualquier condición ambiental y tecnología de cultivo, el número de hileras será el mismo.

La herencia de la longitud de la mazorca es cuantitativa; es decir las clases no son discretas, como el color, la forma o la textura. Cuando se cruza una raza que tiene mazorcas largas con otra de mazorcas cortas, el híbrido en la primera generación o F1 es intermedio, pero en las siguientes generaciones la variación es continua. Son varios pares de genes los que gobiernan la longitud de la mazorca, cada par posiblemente con dos alelos. Las razas con mazorcas largas, como Cuzco Gigante tienen los alelos positivos; si se cruza con una raza de mazorcas chicas como Granada que tiene los alelos negativos para largo, la F1 será intermedia, en la F2 segregarán plantas con mazorcas chicas y con mazorcas grandes, pero la mayoría tendrá mazorcas de tamaño mediano. El valor intermedio corresponde a un efecto génico aditivo. Como son muchos genes los que gobiernan una característica, la herencia es compleja. Los mejoradores de plantas tratan de escoger aquellas plantas que tienen la mayor cantidad de genes positivos. Si coincide que a más genes positivos es más larga la mazorca, la aditividad es completa. Si no hay coincidencia, otros efectos génicos como la dominancia o la epistasis son más importantes. Conocer el efecto de los genes es fundamental para escoger el método de mejoramiento a aplicar en cada caso.

La herencia de las características de la mazorca fue analizada en el Perú en la Raza Cuzco Gigante. Para largo de mazorca y rendimiento toda la variancia genética fue dominancia (no aditivo), mientras que el ancho y el n° de mazorcas fue completamente aditivo en N° de mazorcas (100 %) y 81.5% de la variancia genética total en ancho de la mazorca. O sea que para esa raza los métodos convencionales de mejoramiento poblacional no serían eficientes; si se quiere mejorar el rendimiento y el largo de la mazorca hay que hacer híbridos para hacer uso del efecto no aditivo de los genes responsables. Como se demostró en la práctica con la misma raza, se aumentó notablemente la prolificidad usando un método de mejoramiento que usó la variancia genética aditiva de esa característica (Sergio Quevedo, comunicación personal).

La tendencia en algunas regiones de seleccionar las mazorcas más largas trae como consecuencia mazorcas flexibles en la descendencia, porque el largo aumenta pero no el número de granos por hilera. La selección de mazorcas anchas resulta en mazorcas con un número de hileras de granos más alto que el normal. La selección de número de granos por hilera puede resultar en granos más chicos. La solución es entonces seleccionar por peso; sin embargo la selección por peso puede resultar en marlos o corontas más gruesas que le quitan calidad al maíz sobre todo si se usa como choco.

II. ADAPTACION

2.1 La base genética de la adaptación

La adaptación es un proceso genético; los cambios genéticos son de la población, no del individuo. Lo que cambia es la frecuencia de los genes en respuesta a una fuerza selectiva del ambiente, siendo esos genes responsables de transformaciones genéticas que hacen a las plantas más aptas para crecer y reproducirse en el nuevo ambiente. Esos cambios son heredables.

Se supone que en especies que han pasado por un largo proceso de adaptación, la variabilidad alélica de caracteres adaptativos es muy grande. Esa variabilidad se ha generado al azar por mutación; es decir no tienen que existir alelos responsables a la tolerancia a la sequía en zonas secas así como tampoco tienen que existir alelos tolerantes al frío en zonas frías, pero como el tiempo de evolución fue muy grande hay más alelos, la probabilidad de encontrar uno favorable es mayor, pero hay que buscarlo con métodos que separen la variancia ambiental de la variancia genética, que aumenten la heredabilidad de las características y que controlen el error experimental.

La posibilidad de usar marcadores moleculares para localizar los genes adaptativos requiere previamente la fenotipificación de las características adaptativas, o sea la definición por ejemplo de una variedad tolerante a la sequía, o la resistencia duradera a un patógeno.

2.2 La herencia de los caracteres adaptativos

La resistencia de una planta a un estrés abiótico, como por ejemplo la resistencia a la sequía, o al frío tiene dos componentes, la evasión y la tolerancia. Mecanismos de evasión son una serie de caracteres morfológicos o fisiológicos que no permiten que el estrés entre a la planta y la dañe. Hay por ejemplo caracteres de la mazorca que son mecanismos de evasión al frío; son todos aquellos que permiten espacios vacíos entre la mazorca y las brácteas o pancas de la mazorca: largo de la panca, ancho de las hojas de panca, sobre todo la más superficial, largo del pedúnculo de la mazorca, rugosidad de la panca. Además hay mecanismos de evasión en el grano que evitan el daño al germen, como la forma alargada del grano insertados en un marlo o coronta delgada. La forma globular de la mazorca es otro mecanismo de evasión, porque esa forma permite mantener el calor metabólico mejor que las formas cilíndricas. El color morado intenso de las hojas de panca y otros órganos de la planta es otro mecanismo de evasión que como los otros citados se han fijado en casi todas las razas de Sierra alta (Figura 14).

Cuando los mecanismos de evasión no son suficientes, las plantas muestran diferentes grados de tolerancia cuando el estrés afecta al nivel celular. En nuestras condiciones la tolerancia a los principales estreses se puede determinar en experimentos probando diferentes genotipos en condiciones de estrés y en condiciones normales y seleccionar los que se comportan mejor en ambas condiciones. En el mejoramiento conservativo se hace uso de muchos caracteres adaptativos.



Figura 14. Color de la panca de la raza San Gerónimo

2.3 Interacción genotipo medioambiente

Si una planta recibe toda el agua que necesita, es bien fertilizada y cuidada de enfermedades o plagas, su productividad será superior por que el ambiente ha sido ideal, sin limitaciones. Si seleccionamos plantas bajo estas condiciones, las progenies no necesariamente aseguran alta productividad; porque el efecto es ambiental no se hereda; no hay un cambio en la secuencia del ADN; sin embargo no descartamos el efecto de la epigenética.

Por lo que la productividad del maíz depende de la interacción entre el genotipo y el ambiente. El genotipo se refiere a la constitución genética de una población. El ambiente es el entorno en el cual interacciona el genotipo. El ambiente esta constituido por factores bióticos y abióticos. Los bióticos interaccionan entre el genotipo con fitopestes, malezas, y el agricultor. Los abióticos con el suelo, agua y clima. Un genotipo, da buena productividad cuando interacciona bien con el ambiente; el genotipo desarrolla su mayor potencialidad. Igualmente, un buen ambiente produce alta productividad cuando hace que el genotipo interacciona bien con el ambiente. Los genes de un genotipo, responsables de la interacción con el ambiente; como los caracteres adaptativos, entre ellos la tolerancia a las condiciones ambientales adversas, resistencias a enfermedades y plagas, están generalmente en baja frecuencia en una población; eso se debe porque que esos caracteres son muy complejos. La selección natural no favorece siempre a los individuos que muestran un determinado carácter adaptativo, porque el ambiente es muy variable, cambia de año a año y por lo tanto, todos los años son favorecidos diferentes genotipos. Por lo que es necesario recurrir a métodos de selección que favorecen reunir a individuos que muestran caracteres adaptativos.

Los factores ambientales pueden ser predecibles o impredecibles; los predecibles pueden ser controlados y sus efectos corregidos; las limitaciones de suelo, como la baja fertilidad, la compactación, pueden corregirse con relativa facilidad. Los factores bióticos son también corregibles. Los impredecibles, principalmente los factores de clima, son difíciles de corregir; la tecnología agronómica está orientada a corregir y remediar los factores ambientales predecibles y en acondicionar el cultivo para resistir los efectos adversos del suelo y clima.

La superioridad de las familias (progenie de una planta) depende por lo tanto del ambiente en que se desarrollan. Por ejemplo, la familia A es mejor que la familia B en Jauja, pero en Huancayo, la familia B es mejor que la familia A.

A eso denominamos interacción variedad por ambiente y para controlarla hay que hacer la prueba de las familias en diferentes localidades y seleccionar las mejores en promedio de localidades. También se puede controlar la interacción variedad por localidad seleccionando las mejores familias en Jauja y recomendar la variedad mejorada sólo en Jauja y las mejores familias en Huancayo y recomendar la variedad sólo para Huancayo.

Por otro lado en un experimento es bueno controlar el error experimental; denominamos error experimental a las diferencias en productividad o cualquier otra característica seleccionada de una misma familia producida en diferentes ambientes en un mismo campo. Por eso es bueno sembrar la familia en diferentes parcelas de un mismo experimento para estar seguro de su superioridad.

III. METODOS DE MEJORAMIENTO GENETICO

Los métodos de mejoramiento aplicados en las razas nativas de maíz son aquellos que garantizan una máxima recombinación de las muestras representativas de cada raza, que eliminan y cancelan la endocria; que mantengan la variancia genética principalmente la aditiva, que permitan mejorar la heredabilidad de los caracteres adaptativos y del rendimiento; y lograr generar semilla mejorada que los agricultores prueben en sus campos validando el mejoramiento de las razas.

Bajo estos conceptos, los métodos de mejoramiento genético tienen como función acumular la frecuencia de caracteres de valor en poblaciones de maíz; estos caracteres de valor están definidos por el entorno en el cual se desarrolla nuestra agricultura. En una economía de mercado como la actual, la rentabilidad de nuestros cultivos define el sentido del mejoramiento genético.

3.1 Selección

El aumento de la productividad de las variedades, de sus caracteres de valor de los caracteres adaptativos como resistencias a enfermedades, plagas y tolerancia a factores adversos de clima, como la sequía, el frío y los suelos de baja fertilidad se consigue con técnicas de la selección. Los individuos seleccionados que conforman las variedades mejoradas aseguran que cada vez que se coseche semilla de esas variedades, la semilla llevara en sus genes los caracteres seleccionados que mejor desempeño tendrán en el ambiente para el cual fue desarrollada; por lo tanto, será una buena semilla. Sólo se necesitara semilla de esa variedad para conseguir una buena producción cuando el ambiente es favorable. Por lo tanto; cuando la semilla es buena y el ambiente es bueno, habrá alta productividad. Si la semilla es buena y el ambiente malo, habrá regular productividad. Si la semilla es mala y el ambiente bueno la productividad será media; y si la semilla es mala y el ambiente malo la productividad será baja.

3.2 Mejoramiento de poblaciones

Los esquemas de selección usados para mejorar características agronómicas, hace que las poblaciones hereden caracteres cuantitativos y/o cualitativos. La selección recurrente tiene tres pasos: (a) muestreo y desarrollo de progenies; (b) evaluación y selección de progenies y (c) recombinación de progenies. La selección recurrente es repetitiva hasta lograr la variedad esperada; mejora las poblaciones en forma gradual y continua, elimina genotipos de las fracciones inferiores en cada ciclo; y selecciona plantas de la fracción superior; estas se cruzan entre ellas para producir una nueva generación. El cruzamiento regenera la variabilidad genética de progenies seleccionadas, lo cual incrementa gradualmente la frecuencia de los genes deseables y las combinaciones de genes. Esto mejora el comportamiento de la población para caracteres sobre los cuales se pone mayor presión de selección. Como el proceso de selección se repite a través de varios ciclos, es importante mantener variabilidad genética adecuada en las generaciones seleccionadas para que el proceso de mejoramiento sea efectivo. Podemos clasificar los esquemas de mejoramiento de poblaciones en dos grupos (Figura 13): Mejoramiento intrapoblacional; efectivo para poblaciones individuales en el cual el objetivo es obtener variedades de polinización libre; estas poblaciones acumulan tantos alelos favorables como sea posible. El segundo grupo es el mejoramiento interpoblacional, este esquema refiere al mejoramiento simultáneo de dos poblaciones formando un par heterocigótico donde ambas poblaciones son mejoradas simultáneamente buscando su comportamiento para la

compatibilidad en los cruzamientos. Este procedimiento es efectivo cuando el objetivo es desarrollar híbridos.

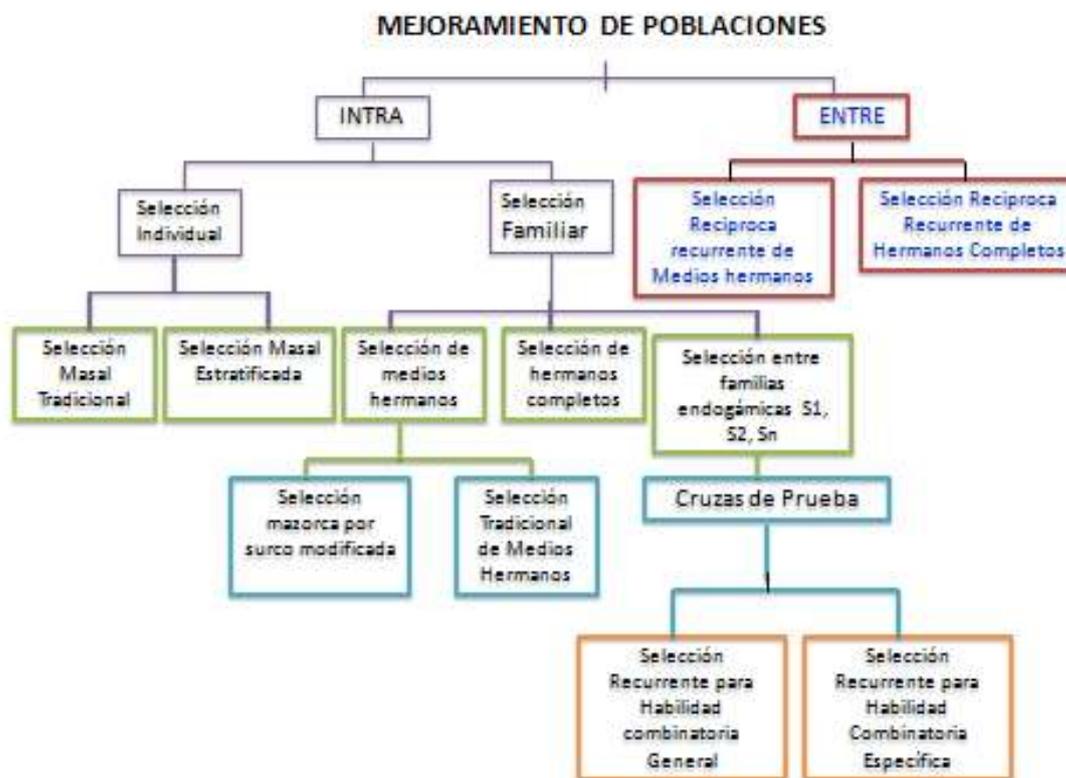


Figura 13. Esquemas de mejoramiento de poblaciones (Granados, 201 CIMMYT)

3.2.1 Mejoramiento Intrapoblacional

3.2.1.1 Selección masal

Se llama selección masal cuando la semilla de todos los progenitores o plantas escogidas para producir semilla en la siguiente campaña se junta y se mezclan. La selección masal se basa en la selección fenotípica entre plantas y mazorcas individuales en un campo de maíz; generalmente es efectiva para mejorar caracteres altamente heredables y características individuales. En la selección masal es difícil saber si la planta seleccionada es buena o no; es difícil saber si el genotipo seleccionado es bueno porque tiene buenos genes o porque desarrolló en un buen ambiente. Para discriminar estos efectos es recomendable observar las diferencias en la productividad de las plantas. Esta diferencia está definida por la competencia; si la planta crece sola sin otras que le hagan competencia su productividad será alta; pero si hay competencia y la producción es alta entonces estaremos frente a una planta que tiene genes de alta productividad. La estratificación de un lote en varios ambientes, el control del polen, aislamiento correcto y las buenas técnicas de manejo de las parcelas garantizan mayores ganancias. La selección masal es efectiva para caracteres como precocidad, adaptación, prolificidad, contenido de aceite, proteínas y rendimiento. Se obtienen buenos resultados cuando la selección se lleva en varios ambientes. Por eso se sugiere que la selección masal sea repetida en ambientes para evitar la interacción genotipo por ambiente. Cuando se selecciona poblaciones de maíz de amplia base, la selección masal será más efectiva en los primeros

ciclos, a fin de incrementar el valor de adaptación de la población y mejorar las características agronómicas tales como altura de la planta, resistencia al tumbado y resistencia a los insectos y enfermedades. La selección masal es efectiva para mejorar la adaptación de poblaciones exóticas a un nuevo ambiente.

3.2.1.1.1 Selección masal tradicional

Método de selección mas antiguo y sencillo, efectivo para seleccionar caracteres con alta heredabilidad condicionados por genes mayores como madurez, color de grano etc. Se puede completar un ciclo de selección en un semestre. La metodología es sembrar entre 3 a 5 mil plantas en un lote aislado. Seleccionar 500 plantas aproximadamente, cosechar las plantas seleccionadas y escoger 300 mazorcas (Figura 14). Mezclar igual número de semillas de cada mazorca en el compuesto balanceado. Sembrar el compuesto en un lote aislado para el siguiente ciclo de selección.

3.2.1.1.2 Selección masal estratificada

En 1961 Gardner sugirió dividir el lote de selección masal en sub lotes con la finalidad de reducir el error. Los sub lotes constituyen la unidad de selección. La metodología es sembrar entre 3 a 5 mil plantas en un lote aislado; dividir el lote entre 30 a 50 sub lotes con aproximadamente 100 plantas cada uno. Allí seleccionar aproximadamente 20 plantas en cada sub lote; a la cosecha seleccionar aproximadamente 10 mazorcas en cada sub lote. Mezclar un número igual de semillas de cada mazorca seleccionada y sembrar la mezcla en un lote aislado para el siguiente ciclo.

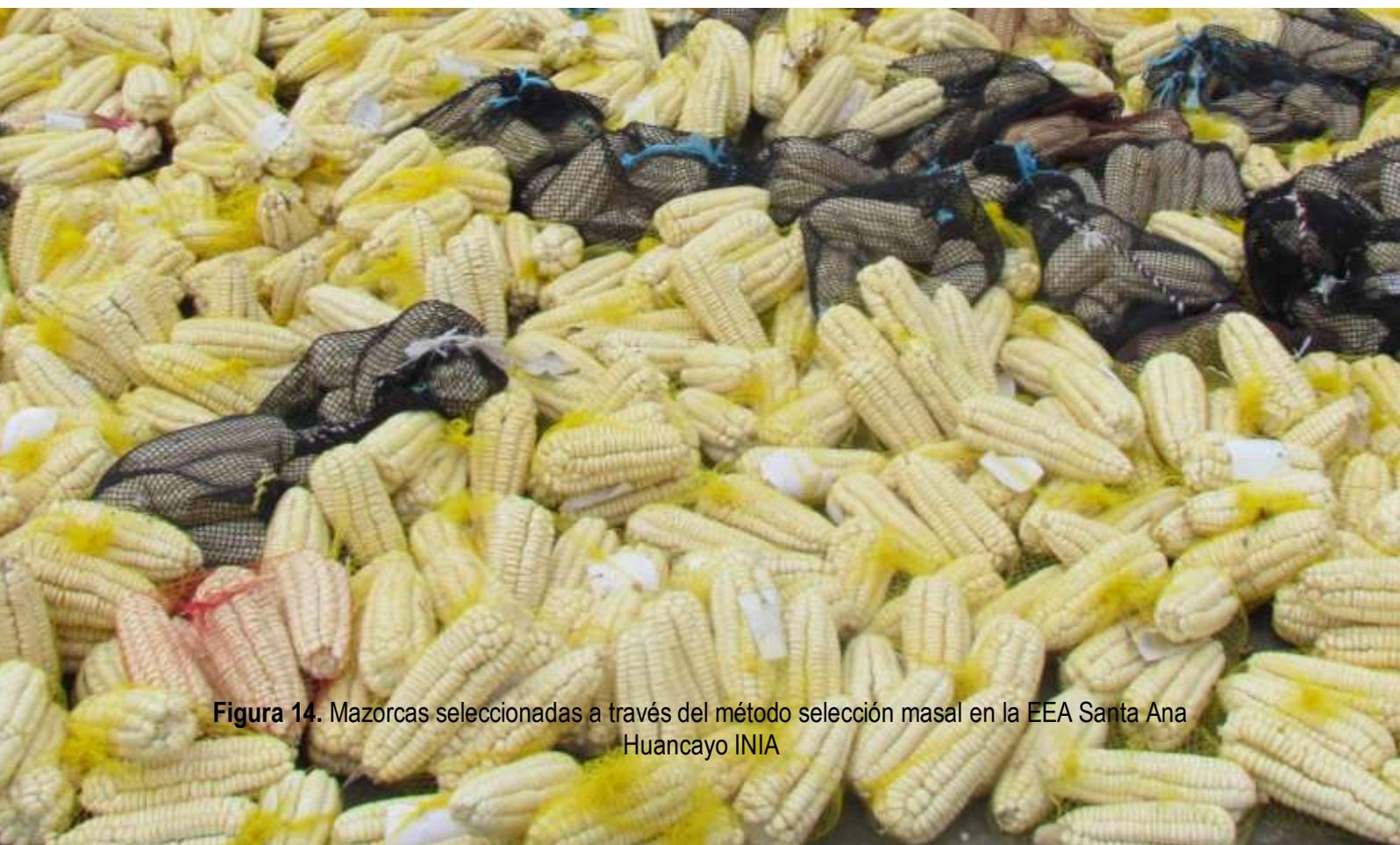


Figura 14. Mazorcas seleccionadas a través del método selección masal en la EEA Santa Ana Huancayo INIA

3.2.1.2 Selección familiar

Una forma de estar seguro que las plantas seleccionadas tienen genes de buena productividad; es evaluando la progenie. Generalmente los buenos padres producen buenos hijos. Los hijos pueden ser medios hermanos si tienen sólo la madre común o hermanos completos si tienen en común el padre y la madre. En el caso del maíz, la progenie de una mazorca es una familia de medios hermanos porque todas las plantas de esa progenie tienen una madre en común y diferentes padres. La selección de familias de medios hermanos implica, que la semilla de cada mazorca seleccionada es sembrada en una parcela individual dentro de un surco. La principal ventaja de este sistema es que la selección se basa en el comportamiento de las familias en los surcos y de los medios hermanos dentro del surco (planta individual). En el maíz, cada mazorca es una familia de medios hermanos, donde se conoce solamente la identidad del progenitor femenino. Este sistema de selección permite eliminar surcos con familias indeseables en las etapas tempranas antes de la emergencia de la flor masculina; a la cosecha la selección se realiza solamente en las mejores mazorcas de los surcos seleccionados. Las familias se cruzan y recombinan (Figura 15). Las mazorcas son seleccionadas en el bloque de recombinación a partir de plantas superiores de familias seleccionadas basada en su comportamiento en ensayos de rendimiento en localidades.



Figura 15. Lote de recombinación y selección de familias de medios Hermanos del Compuesto San Gerónimo en la EEA Santa Ana Huancayo

3.2.1.2.1 Selección familiar de medios hermanos tradicional

Los medios hermanos son individuos que tienen un progenitor en común; se siembra entre 3 a 5 mil plantas en un lote aislado. Seleccionar 300 plantas, desgranar las mazorcas de estas plantas individualmente; cada mazorca es una familia de medios hermanos. Evaluar las familias de medios hermanos en ensayos de rendimiento con repeticiones y localidades. Seleccionar las mejores 20 a 30 familias con base a datos de rendimiento y caracteres de valor. Recombinar las familias seleccionadas; para esto, usar la mezcla balanceada de semilla remanente de las familias seleccionadas para sembrar en un lote de recombinación.

3.2.1.2.2 Selección familiar de medios hermanos mazorca por surco modificado

La metodología es sembrar en un lote aislado y seleccionar las mejores plantas con buenas mazorcas. Sembrar las mazorcas seleccionadas en ensayos de rendimiento en 3 a 4 localidades. Sembrar un mes más tarde un lote de recombinación las mazorcas como hembras. Los surcos polinizadores serán el compuesto balanceado de todas las hembras (Figura 16). A la cosecha seleccionar el 2% de las familias basadas en datos de ensayos de rendimiento. De las familias seleccionadas; elegir las mejores cinco mazorcas, únicamente de estas familias. Las mazorcas seleccionadas constituyen el siguiente ciclo de selección. Se puede completar un ciclo de selección por año.



Figura 16. Selección de familiar de medios hermanos mazorca por surco modificado en la EEA Santa Ana Huancayo INIA

3.2.1.2.3 Selección familiar de hermanos completos

En la sierra central del Perú se requiere dos años para completar un ciclo de selección de hermanos completos. La metodología es sembrar de 3 a 5 mil plantas en un campo aislado. Hacer cruza planta a planta más o menos 500 cruzas; seleccionar las mejores 200 a 250 cruzas de hermanos completos. Evaluar los hermanos completos en ensayo de rendimiento con repeticiones en varias localidades en diseño latice de 14 x 14 ó 16 x 16 según el numero de familias seleccionadas. Con base a datos de ensayos de rendimiento seleccionar las mejores 20 a 30 familias de hermanos completos. Hacer cruzas de planta a planta entre las 20 a 30 familias seleccionadas para generar el siguiente ciclo de selección de hermanos completos.

3.2.1.2.4 Selección de familias endogamicas

La selección recurrente de familias endogamicas ayuda a identificar caracteres de resistencia a insectos y enfermedades. Los efectos de la autofecundación son muy evidentes durante el proceso de endocria; tales como la reducción del vigor, productividad, disminución de altura de planta, susceptibilidad a pestes, mayor demora o rapidez a la floración dependiendo de la población de la cual se extraen las progenies. Si las poblaciones son de periodo largo como el Cuzco, a medida que avanza la endocria el periodo fenológico se hace mas largo; pero si se desarrolla progenies en poblaciones de periodo corto como el San Gerónimo a medida que avanza la endocria el periodo es mas corto. Las progenies S_1 presentan tolerancia a endocria; sin embargo algunas no soportan la endocria reportándose en algunos casos 0% emergencia en campo; otros presentan entre 30 a 50%. Algunas familias presentan más de 40% de plantas cloróticas que posteriormente perecen; hay progenies que tienen buen vigor; otras fuerte infección a enfermedades foliares.



Figura 17. Progenie de maíz amiláceo endocriada durante seis generaciones, presenta uniformidad en todos los caracteres (EEA Santa Ana, 2006)

Según experiencias para seleccionar las progenies y recombinar en los próximos ciclos es importante tener en cuenta el comportamiento de las progenies desde en momento de la germinación hasta la cosecha. Los rasgos distintivos durante la fase fenológica son dinámicos, varían durante el proceso. Hay líneas que presentan tallos torcidos, proliferación de mazorca hasta cuatro mazorcas por planta; tienden a caerse y hay fuerte ataque de enfermedades foliares estas progenies son descartadas. Algunas tienen flor femenina atrofiada, solo posee flor masculina. Sin embargo hay progenies con buena tolerancia a endocria, buen vigor, resistencia a frío y enfermedades foliares. A medida que el proceso de endocria aumenta se uniformiza todos los caracteres (Altura de planta y mazorca, color de hoja, tallo, floración masculina y femenina, color y textura de grano (Figura 17).

La selección de progenies auto fecundadas es efectiva para seleccionar enfermedades de hoja; podemos ver claramente en campo si la progenie es resistente o no a enfermedades foliare. Cuando se tiene generaciones avanzadas de endocria las progenies se hacen más homocigotas; por lo tanto su comportamiento en campo de todos los individuos de la familia son idénticos para todos los caracteres; en campo es posible relacionar el genotipo a través de su fenotipo. Si observamos familias resistente a las enfermedades foliares, lo mas probable es que esta familia es resistente; descartamos el efecto ambiental. Pero si el individuo es heterocigota (Mezcla de líneas y cruzamiento AA, Aa y aa), en campo es difícil relacionar el genotipo a través de su fenotipo. En la figura 18, el fenotipo de la progenie homocigota del lado izquierdo es susceptible a enfermedades foliares; la del lado derecho es resistente.



Figura 18. Progenies de maíz amiláceo endocriada durante seis generaciones, se observa familias resistentes y susceptible a enfermedades foliares

21/03/2006

La selección de familias endogámicas requiere cinco semestres para completar un ciclo de selección. Este método es bueno para seleccionar caracteres de baja heredabilidad; consiste en sembrar 3 a 5 mil plantas en un lote aislado. Autofecundar más o menos 600 plantas; seleccionar las mejores 200 a 250 autofecundaciones S_1 . Evaluar las autofecundaciones en varias localidades en ensayos con dos repeticiones en diseño latice de 14 x 14 ó 16 x 16. Seleccionar las mejores 20 a 30 familias autofecundadas, basado en datos de los ensayos de rendimiento. Autofecundar de 6 a 10 plantas en cada S_1 y generar 200 a 250 S_2 . Evaluar las S_2 en varias localidades con dos repeticiones en diseño latice de 14 x 14 ó 16 x 16. Seleccionar las mejores 20 a 30 familias S_2 , basados en datos de ensayos de rendimiento; recombinar las S_2 seleccionadas.

3.2.1.2.5 Selección de cruzas de prueba

La selección a través de cruzas de prueba se usa para mejorar el rendimiento de la población *per se* y su habilidad combinatoria general o específica dependiendo del tipo de probador usado. La evaluación de la línea S_1 cruzada con un probador es usada para estimar la habilidad combinatoria general y específica. Estos esquemas esencialmente comprenden: (a) autofecundación y cruzamiento simultáneo de cada planta con un probador; (b) evaluación de los cruzamientos en ensayos de rendimiento en ambientes, y (c) recombinación de las semillas autofecundadas correspondientes a los mejores *top crosses* seleccionados según datos de prueba de rendimiento. La elección de probadores depende de los objetivos de la selección, probadores disponibles y la importancia relativa de los efectos genéticos aditivos o no aditivos considerados importantes en los cruzamientos



Figura 19. Generación F_1 de una cruz de prueba de maíz amiláceo

El esquema de Jenkins (1940) para la habilidad combinatoria general se basó en la asunción de que los efectos genéticos aditivos eran de mayor importancia y, por lo tanto, un probador de base genética amplia sería el más efectivo. Los esquemas propuestos por Hull (1945) para mejorar la habilidad combinatoria específica se basaron en la suposición de que los efectos sobredominantes eran más importantes y, por lo tanto, un probador auto fecundado o cruza simple debería ser usado para seleccionar alelos complementarios al probador (Figura 19).

3.2.1.2.6 Selección recurrente para habilidad combinatoria general

Se requiere tres semestres para completar un ciclo. El probador debe tener amplia base genética como una variedad de polinización libre o sintético. La metodología consiste en autofecundar 200 a 250 familias S_1 y también cruzarla con el probador; a esta cruza se llama cruza de prueba. La cruza de prueba que en total hay 190 se comparan con seis testigos en ensayos de rendimiento en 3 a 6 localidades con dos repeticiones en diseño latice de 14 x 14. En base a datos de ensayos de rendimiento y sus habilidades combinatorias generales seleccionar las mejores 10 S_1 ; y finalmente recombinar las mejores 10 S_1 usando semilla remanente.

3.2.1.2.7 Selección recurrente para habilidad combinatoria específica

Se requiere tres años para completar un ciclo. El probador debe tener estrecha base genética como una línea, o cruza simple. La metodología consiste en autofecundar 200 a 250 familias S_1 y también cruzarla con el probador. Las 190 cruzas comparar con seis testigos en ensayos de rendimiento en 3 a 6 localidades con dos repeticiones en diseño latice de 14 x 14. En base a datos de ensayos de rendimiento y sus habilidades combinatorias específicas seleccionar las mejores 10 S_1 ; y finalmente recombinar las mejores 10 S_1 usando semilla remanente.

3.2.2 Mejoramiento interpoblacional

El mejoramiento interpoblacional esta diseñada para mejorar simultáneamente dos poblaciones con la intención de explotar los tipos de acción genética responsables por la heterosis; poner énfasis primeramente en el mejoramiento del comportamiento de las cruzas de poblaciones *per se*. Dos poblaciones contrastantes formando un par heterocigótico participan en un esquema de mejoramiento entre poblaciones con la idea de producir un híbrido a partir de las progenies de las poblaciones. El sistema permite lograr ventaja de todos los tipos de variabilidad genética en las dos poblaciones contrastantes. En el mejoramiento interpoblacional básicamente hay dos métodos: Selección recurrente recíproca de familias de medios hermanos y de hermanos completos. Se requieren dos poblaciones heteróticas, el rendimiento *per se* de cada población no mejora; lo que mejora es el rendimiento de las cruzas entre dos poblaciones. Este método es apropiado para caracteres condicionados por muchos genes (ejemplo rendimiento) y es muy útil para el desarrollo de híbridos.

3.2.2.1 Selección recurrente recíproca de familias de medios hermanos

Se requiere dos poblaciones heteróticas A y B; se cruza la población A con la población B como probador y la población B con la población A como probador. De cada población sembrar entre 3 a 5 mil plantas; autofecundar alrededor de 600 plantas S_1 . Seleccionar entre 150 a 250 mazorcas S_1 . Establecer dos lotes de cruzamiento. En el primer lote sembrar la población A los 150 a 250 S_1 como hembra y la población B como macho (Cruza de prueba).

En el segundo lote sembrar de la población B los 150 a 250 S_1 como hembra y la población A como macho. Cosechar cada cruz de prueba por separado. Evaluar las cruza de prueba de cada población en ensayos de rendimiento con repeticiones y en varias localidades. Seleccionar las mejores 20 a 30 cruza de prueba de cada población. Recombinar las S_1 correspondiente a las cruza de prueba seleccionados recurriendo a la semilla remanente e iniciar el siguiente ciclo de selección.

3.2.2.2 Selección recurrente recíproca de familias de hermanos completos

Se requieren dos poblaciones heteróticas A y B; sembrar mil plantas de cada población a baja densidad con el objetivo de tener dos mazorcas por planta. Hacer cruz planta a planta entre las poblaciones A y B generando los hermanos completos. Autofecundar la segunda mazorca. Con esto generamos de 150 a 250 hermanos completos de la población A x B y B x A; y también de 150 a 250 S_1 de la población A y de 150 a 250 S_1 de la población B. Evaluar los hermanos completos de cuatro a seis localidades con dos repeticiones por localidad; seleccionar las mejores 20 a 30 hermanos completos y luego recombinar las S_1 usando semilla remanente de cada población involucrada en los mejores 20 a 30 hermanos completos e iniciar el siguiente ciclo

IV. MEJORAMIENTO CONSERVATIVO

El mejoramiento conservativo consiste en coleccionar, clasificar, recombinar y seleccionar las muestras de semilla de la diversidad genética de las razas de maíz, guiada a través de la diversidad conocimiento, creencias y costumbres; lo cual se plasma en un germoplasma que favorece al consumidor, al medio ambiente, a la conservación y utilización sustentable de los recursos. (Figura 21).

Sabemos que el uso del más riguroso método científico, la mejor semilla, las mejores técnicas para controlar el efecto ambiental, el error experimental, la atención y cuidado en la aplicación de las técnicas de selección, asegura poco la adopción de las variedades desarrolladas a través del mejoramiento genético. Hay muchos factores que definen la adopción, el más importante es la aceptación del producto por el mercado; si el mercado lo demanda la adopción está asegurada. El mercado muchas veces creamos a través de la difusión de la información; formamos nuevos paradigmas al consumidor.

Por lo que, el mejoramiento conservativo es mucho más que la participación del agricultor en la selección de las mejores mazorcas; de hecho eso es lo más difícil de lograr porque hay una considerable variación en los criterios que utilizan los agricultores para seleccionar su semilla. Los criterios de selección que siempre han perdurado son los morfológicos, ecológicos y antropológicos. Estos tres criterios han definido el concepto de las razas del maíz.

El mejoramiento conservativo es más efectivo cuando logramos definir previamente el tipo de variedad que queremos, cuando aportamos nuestras experiencias, conocimientos de la diversidad del cultivo, de las variaciones ambientales, con nuestras semillas de las variedades locales y cuando ayudamos a generar hipótesis con dudas y falacias y a diseñar experimentos para probar esas hipótesis.



Figura 21. *Mejoramiento Conservativo en la comunidad de Tapan Huancavelica Perú, 2010.*
INIA INCAAGRO

4.1 Clasificación de la diversidad

Después de coleccionar la diversidad se clasifica con la ayuda de las técnicas de agrupamiento. Todas las muestras coleccionadas similares se juntan en un mismo grupo. Una colección puede pertenecer sólo a un grupo. En el maíz hay mucho cruzamiento natural en el campo que dificulta la clasificación por la gran cantidad de mazorcas que se encuentra que son mezclas o híbridos entre dos o más razas. Por eso la clasificación se hace por aproximaciones sucesivas. Primero se hace una separación entre los tipos más distintos; luego se diferencian las muestras híbridas (semillas de diferente textura y color en una misma mazorca) de las mezclas (mazorcas diferentes en una misma colección). Esas muestras se incorporan a los grupos más diferenciados dependiendo del parecido. Si son muy distintas de los grupos formado simplemente se descartan. Cada grupo debe tener un nombre que puede ser el nombre local o una característica que los distinga; por ejemplo, la raza Chullpi tiene los granos arrugados, dulces; la raza Cuzco, los granos blancos, grande y las mazorcas anchas con 8 hileras regulares. La caracterización de la diversidad y las fotografías de las colecciones individuales ayudan a la agrupación de la diversidad y a la asignación de las colecciones individuales en los grupos.

La diversidad de caracteres de valor de las razas nativas del maíz de la sierra central del país son muy reconocidos por su calidad se que reflejan en los precios de cualquier raza peruana de maíz amiláceo de la sierra. El grano de maíz amiláceo de la sierra tiene caracteres organolépticos y nutricionales muy excepcionales.

En la Sierra Central del Perú, en los departamentos de Junín, Huancavelica y Ayacucho durante el 2003 al 2007 se realizaron 359 colectas de germoplasma de maíz con el objetivo de conocer, conservar y aprovechar la diversidad del maíz de nuestras regiones; reconocer a nuestros agricultores conservacionistas, fortalecer la conservación in-situ y asegurar la base genética que

sustenta la seguridad alimentaria en armonía con los cambios climáticos, económicos, tecnológicos y políticos.

El dendograma agrupó a las 359 colecciones en 13 grupos raciales y sus respectivos sub grupos a una distancia taxonómica de 3,5 (Figura 22). Las mazorcas típicas de los grupos raciales se muestran en la Figura 23.

Grupo A – Formado por 18 colecciones correspondientes a la raza San Gerónimo; cuatro parecen a las razas San Gerónimo Huanvavelicano, Granada, Paro y Pisccorunto. Las características son: 70 gramos de rendimiento de grano por planta, 36% de plantas emergidas en campo, 106 días a floración femenina, 509 unidades térmica acumuladas de calor (UTs) a días a floración femenina, 0.27 de índice de nevadura, 61 cm de altura a inserción de mazorca, 10 granos por hilera; 43 mm de diámetro de la base de la mazorca y 37 mm en la punta; 63 mm de longitud de mazorca, 47 gramos de peso de mazorca; 4.6 gramos de peso coronta, 90% de grano; 6.9 mm de grosor de grano, 22.1 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano harinoso y disposición de las hileras sobre la coronta en espiral (Tabla 1).

El Grupo B- Forma solo una colecta; localizado en el anexo de Tapana, distrito de Huando, Provincia de Huancavelica a una altitud de 3 482m; latitud sur 12° 31' y longitud oeste 74° 58'. Las características son: 90 gramos de rendimiento de grano por planta; 7.6% de plantas emergidas en campo, 143 días a floración femenina, 718 UTs, 0.25 de índice de nevadura, 65 cm de altura de mazorca, 17 granos por hilera, 32.3 mm de diámetro de la base de la mazorca, 27 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 97.8 mm de longitud de mazorca, 30.8 gramos de peso de mazorca, 7.8 gramos peso de coronta, 75% de grano, 5.3 mm de grosor de grano, 21.3 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano harinoso y recta disposición de hileras sobre la coronta.

El Grupo C- Esta formado por 14 colectas; 10 son Confite Morocho y 4 Confite Puntiajudo. El primer sub grupo esta formado por la raza Confite Morocho y el segundo sub grupo por confite puntiajudo. Todas las colecciones se ubican en el departamento de Ayacucho excepto dos que pertenecen a Junín. Las características de este grupos son: 70 gramos de rendimiento de grano por planta, 53.1% de plantas emergidas, 119 días a floración femenina, 622 UTs de acumulación de calor a días a flor femenina, 0.26 de índice de nevadura, 55 cm de altura de mazorca, 17 granos por hilera, 29.4 mm de diámetro de la base de la mazorca, 23.9 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 88.7 mm de longitud de mazorca, 48.1 gramos de peso de mazorca, 4.6 gramos peso de coronta, 90% de grano, 4.9 mm de grosor de grano, 16.5 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano semi-harinoso, reventón y recta disposición de granos sobre la coronta.

El Grupo D- Esta formado por una sola colección, que pertenece a la raza Morocho de la localidad de Matapa, en la provincia de Concepción en Junín. Las características son: 10 gramos de rendimiento de grano por plantas, 48% de plantas emergidas, 117 días a floración femenina, 830 UTs., 0.25 de índice de nevadura, 125 cm de altura de mazorca, 27 granos por hilera, 57.4 mm de diámetro de la base de la mazorca, 38.8 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 162 mm de longitud de mazorca, 188.4 gramos de peso de mazorca, 23.2 gramos peso de coronta, 88% de grano, 6.2 mm de grosor de grano, 28 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano semiharinoso y recta disposición de las hileras sobre la coronta.

El Grupo E- Esta formado por 32 colectas, de las cuales 19 pertenece a la raza Cuzco, 4 Morocho, 4 Kculli, 4 Paro y 1 San Gerónimo Huanvavelicano. Este forma dos sub grupos. El

primero agrupa las razas Kculli y Morocho; el segundo sub grupo, la raza Cuzco. Las características del grupo son: 12 gramos de rendimiento de grano por planta, 38.6% de plantas emergidas en campo, 138 días a floración femenina, 697 UTs , 0.23 de índice de nervadura, 102 cm de altura de mazorca, 22 granos por hilera, 47.5 mm de diámetro de la base de la mazorca, 37.7 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 133 mm de longitud de mazorca, 142.1 gramos de peso de mazorca, 15 gramos peso de coronta, 89% de grano, 5.9 mm de grosor de grano, 24 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano semi-harinoso y harinoso; y disposición de las hileras sobre la coronta en forma recta.

El Grupo F- Conformado por 10 colectas pertenecientes a la raza Chimlos, realizadas en Santo Domingo de Acobamba, Pariahuanca y Andamarca en el departamento de Junín a una altitud de 2 200 a 2 900 msnm. Las características son: 8 gramos de rendimiento de grano por planta, 28.4% de plantas emergidas, 160 días a floración femenina, 791 UTs, 0.22 de índice de nervadura, 140 cm de altura de mazorca, 25 granos por hilera, 56.5 mm de diámetro de la base de la mazorca, 42.4 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 149.6 mm de longitud de mazorca, 180.1 gramos de peso de mazorca, 21.4 gramos peso de coronta, 88% de grano, 5.9 mm de grosor de grano, 28.3 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano harinoso y disposición de las hileras sobre la coronta recta.

El Grupo G- Esta formado 3 colectas, que agrupa a las colecciones de la raza Chullpi cruzado con Chimlos de colores naranja, amarillo y guindo. Se ubica en Junín, Santo Domingo de Acobamba y Pariahuanca en Panti. Las características son: 11 gramo de rendimiento de grano por planta, 26% de plantas emergidas, 151 días a floración femenina, 753 unidades térmicas de acumulación de calor (UTs), 0.27 de índice de nervadura, 131 cm de altura de mazorca, 22 granos por hilera, 51 mm de diámetro de la base de la mazorca, 41 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 107 mm de longitud de mazorca, 104 gramos de peso de mazorca, 14.26 gramos peso de coronta, 86% de grano, 5.19 mm de grosor de grano, 25.6 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano dulce y disposición de las hileras sobre la coronta recta.

El Grupo H- Esta formado por 18 colectas, que agrupa a las colecciones de la raza Chullpi. Se ubica en Junín, Huancavelica y Ayacucho. Las características son: 13 gramos de rendimiento de grano por planta, 45.5% de plantas emergidas, 141 días a floración femenina, 702 unidades térmicas de acumulación de calor (UTs), 0.26 de índice de nervadura, 99 cm de altura de mazorca, 19.2 granos por hilera, 45.4 mm de diámetro de la base de la mazorca, 37.3 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 95.27mm de longitud de mazorca, 97.9 gramos de peso de mazorca, 9.39 gramos peso de coronta, 89% de grano, 4.87 mm de grosor de grano, 23.4 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano dulce y disposición de las hileras sobre la coronta recta.

El Grupo I - Está formado por 63 colectas, de las cuales 34 pertenecen a la raza Paro, 24 Morocho, 4 Huancavelicano y 1 Chullpi. Forma dos sub grupos, conformados por la raza Paro y Morocho. El 68% de las colecciones son de Ayacucho, 19% de Junín y 13% de Huancavelica. Las características son: 0.12 kg de rendimiento de grano por planta, 62.9% de plantas emergidas, 124 días a floración femenina, 642 UTs, 0.24 de índice de nervadura, 80 cm de altura de mazorca, 17 granos por hilera, 43.9 mm de diámetro de la base de la mazorca, 35.4 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 102.9 mm de longitud de mazorca, 102.3 gramos de peso de mazorca, 9.4 gramos peso de coronta, 6.0 mm de grosor de grano, 23.1 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano harinoso y disposición de las hileras sobre la coronta recta.

Figura 22. Dendrograma de 359 colecciones de maíz de sierra central del Perú definiendo 13 grupos a una distancia de 3.3

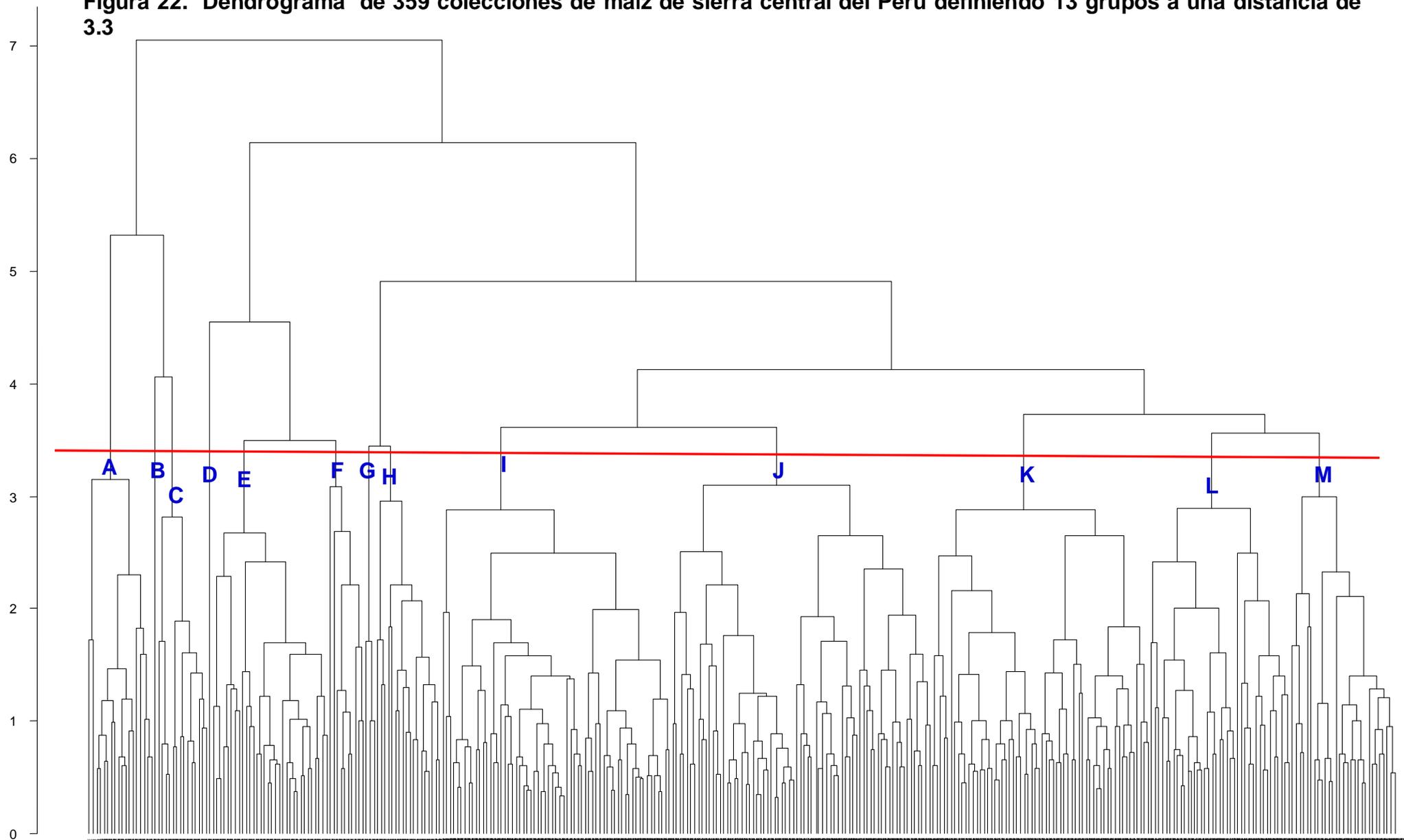


Figura 23 – Mazorcas representativas de grupos racial

(A) Amiláceo razas San Gerónimo, Granada y San Geronimo Huancavelicano; (B) Kculli; (C) Confite Morocho, Confite puntiagudo; (D) Morocho; (E) Cuzco, Morocho, Kculli, Paro y San Geronimo Huancavelicano; (F) Chimlos, (G) Chullpi cruzado con Chimlos.



A



B



C



D



E



F



G

Figura 23 – Mazorcas representativas de grupos racial

(G) Chullpi; (H) Paro, Morocho, Huancavelicano y Chullpi.; (I) Paro, Cuzco, San Geronimo y Piscorunto; (J) San Geronimo, Piscorunto, Paro, San Geronimo Huancavelicano y Chullpi; (K) Cuzco, San Geronimo, San Geronimo Huancavelicano, Piscorunto y Kculli; (L) Paro, Morocho, San Geronimo, Huancavelicano, Morocho, Granada y Kculli, (M) Paro, Morocho, San Gerónimo, Huancavelicano, Cuzco, Granada y Kculli).



H



I



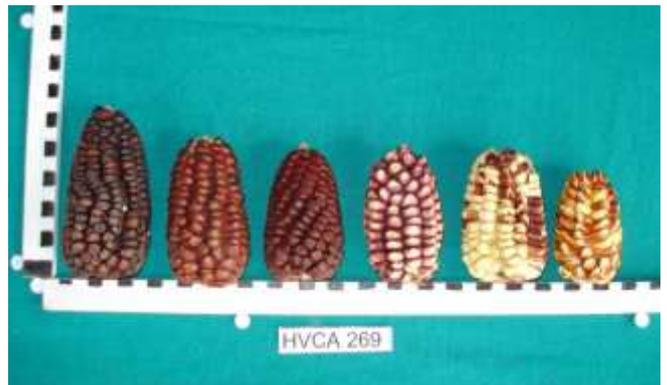
J



K



L



M

El Grupo J- Lo conforman 71 colectas, de las cuales 30% pertenece a la raza Paro, 25% a Cuzco, 14% a San Gerónimo, 14% a Pisccorunto, 10% San Gerónimo Huancavelicano y 7% Huancavelicano. Forman dos sub grupos, las colecciones Paro y Cuzco forman el primer sub grupo; y las razas San Gerónimo, Pisccorunto, San Gerónimo Huancavelicano y Huancavelicano forma el segundo sub grupo. Las características son: 0.11 kg de rendimiento de grano por planta, 46.1% de plantas emergidas, 120 días a floración femenina, 600 UTs de acumulación de calor, 0.24 de índice de nevadura, 80 cm de altura de mazorca, 18 granos por hilera, 50.6 mm de diámetro de la base de la mazorca, 40.6 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 107.5 mm de longitud de mazorca, 126.3 gramos de peso de mazorca, 11.5 gramos peso de coronta, 6.0 mm de grosor de grano, 24.5 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano harinoso y disposición de las hileras sobre la coronta recta.

El Grupo K- Formado por 60 colectas, de las cuales el 65% pertenece a la raza San Gerónimo, 13% Pisccorunto, 10% Paro, 9% San Gerónimo Huancavelicano, 3% a Granada. Las características son: 0.07 kg de rendimiento de grano por planta, 47.1% de plantas emergidas, 106 días a floración femenina, 510 UTs de acumulación de calor, 0.26 de índice de nevadura, 65 cm de altura de mazorca, 13 granos por hilera, 46.1 mm de diámetro de la base de la mazorca, 38.3 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 80.8 mm de longitud de mazorca, 76.7 gramos de peso de mazorca, 75 gramos peso de coronta, 6.6 mm de grosor de grano, 23.8 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano harinoso y disposición de las hileras sobre la coronta recta.

El Grupo L- Formado por 39 colectas, de las cuales 23 pertenecen a la raza Cuzco, 7 a San Gerónimo, 5 a San Gerónimo Huancavelicano, 3 a Pisccorunto y 1 a Kculli. Las características son: 0.11 kg de rendimiento de grano por planta, 33.4% de plantas emergidas, 118 días a floración femenina, 592 UTs de acumulación de calor de, 0.24 de índice de nevadura, 71 cm de altura de mazorca, 16 granos por hilera, 45.6 mm de diámetro de la base de la mazorca, 37.6 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 94.6 mm de longitud de mazorca, 83.9 gramos de peso de mazorca, 8.3 gramos peso de coronta, 6.0 mm de grosor de grano, 22.2 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano harinoso y disposición de las hileras sobre la coronta recta

El Grupo M- Está formado por 29 colectas, de las cuales 15 pertenecen a la raza Paro, 6 Morocho, 3 San Gerónimo, 2 Huancavelicano, 1 Cuzco, 1 Granada y 1 Kculli. Las características son: 0.10 kg de rendimiento de grano por planta, 53.5% de plantas emergidas, 119 días a floración femenina, 611 UTs de acumulación de calor, 0.24 de índice de nevadura, 75 cm de altura de mazorca, 15 granos por hilera, 41.9 mm de diámetro de la base de la mazorca, 35 mm de diámetro de la punta de la mazorca, 86.4 mm de longitud de mazorca, 71 gramos de peso de mazorca, 6.4 gramos peso de coronta, 6.0 mm de grosor de grano, 21.2 mm de diámetro de la coronta, tipo de grano harinoso y disposición de las hileras sobre la coronta recta.

Los resultados evidencian la vigencia de la clasificación racial realizada por Grobman et al, en el año 1961. Todas las 359 muestras pertenecen a alguna de las razas colectadas en la década de 1950-1960. Evidencian también que ninguna raza se ha perdido; se mantienen in situ en sus lugares de origen. Sin embargo, los grupos formados poco coinciden con la clasificación original. Hay varias razones para esa situación, la más importante es que la primera clasificación se basó en la observación fenotípica de las mazorcas tomando en cuenta muchas características a la vez, situación que poco captan los métodos de taxonomía numérica. Otra razón es que las razas se clasifican con criterios morfológicos y además se consideran criterios ecológicos y culturales (Sevilla y Holle, 2004).

La asignación de Paro en diferentes grupos es consecuencia de que la denominación de Paro se atribuye a una gama muy amplia de formas distintas del maíz amiláceo; lo mismo sucede con la raza Morocho. Estas dos razas sin embargo están muy bien definidas y no requieren una reclasificación. El

Piscorunto, que en este estudio se ha clasificado casi sin excepción en los grupos definidos como San Gerónimo, coincide con la clasificación que hicieron Blas et al, (2002) usando marcadores moleculares. El San Gerónimo Huancavelicano también se ha incluido sin excepciones en los grupos designados como San Gerónimo, y el Huancavelicano en el grupo Cuzco. Es recomendable clasificar nuevamente la diversidad del maíz de Huancavelica para definir el agrupamiento de variedades comerciales como Carhuay o Montaña y Astilla.

Clasificar la diversidad en razas es recomendable para planear la conservación, formar compuestos para facilitar el mejoramiento participativo, producir semilla y uniformizar los productos de valor para acceder con mayor facilidad al mercado.

En la tabla 1 se presentan los caracteres morfológicos de planta y mazorca de los 13 grupos raciales de maíz de la Sierra Central del Perú. El peso por planta varía desde 10 gramos en el grupo racial D hasta 130 gramos en el grupo racial F.

La relación peso de la coronta o marlo y el peso de la mazorca es característica en todas las razas excepto en D, a las razas peruanas de altura caracterizadas por una coronta delgada y una mazorca gruesa, donde aproximadamente el 90 % de la mazorca se debe al peso del grano. La relación diámetro de la coronta/diámetro de la mazorca es un carácter muy importante en las razas peruanas que tienen una relación muy baja, relacionada al tamaño, sobre todo al largo del grano (mayor largo del grano en corontas más delgadas).

Tabla 1- Datos morfológicos de planta y mazorca de 13 razas de maíz de la sierra central del Perú (Junín, Huancavelica y Ayacucho)

| GRUPO RACIAL | PMZCAP | PLEM | DFF | UCF | INER | AMZCA | GH | DMB | DMP | LM | CM | PM | PC | GG | DMC | TG | | DHM | |
|--------------|--------|------|-----|-----|------|-------|----|------|------|-------|------|-------|------|-----|------|------|------------|------|------------|
| | kg | % | nº | UT | | cm | nº | mm | mm | mm | mm | g | g | mm | mm | Moda | Ocurrencia | Moda | Ocurrencia |
| A | 0,07 | 36,2 | 106 | 509 | 0,27 | 61 | 10 | 42,5 | 37,0 | 63,4 | 13,0 | 47,0 | 4,6 | 6,9 | 22,1 | 1 | 1,0 | 2 | 0,6 |
| B | 0,09 | 7,6 | 143 | 718 | 0,25 | 65 | 17 | 32,3 | 27,0 | 97,8 | 7,2 | 30,8 | 7,8 | 5,3 | 21,3 | 1 | 1,0 | 1 | 1,0 |
| C | 0,07 | 53,1 | 119 | 622 | 0,26 | 55 | 17 | 29,4 | 23,9 | 88,7 | 9,4 | 48,1 | 4,6 | 4,9 | 16,5 | 7 | 1,0 | 1 | 0,5 |
| D | 0,01 | 48,0 | 177 | 830 | 0,25 | 125 | 27 | 51,4 | 38,8 | 162,0 | 11,6 | 188,4 | 23,2 | 6,2 | 28,0 | 2 | 1,0 | 1 | 0,6 |
| E | 0,12 | 38,6 | 138 | 697 | 0,23 | 102 | 22 | 47,5 | 37,7 | 133,0 | 11,1 | 142,1 | 15,0 | 5,9 | 24,0 | 1 | 0,9 | 1 | 0,8 |
| F | 0,08 | 28,4 | 160 | 791 | 0,22 | 140 | 25 | 56,5 | 42,4 | 149,6 | 12,9 | 180,2 | 21,4 | 5,9 | 28,3 | 1 | 1,0 | 1 | 0,7 |
| G | 0,11 | 25,9 | 151 | 754 | 0,27 | 131 | 22 | 51,5 | 40,9 | 107,1 | 14,9 | 103,9 | 14,3 | 5,2 | 25,6 | 8 | 1,0 | 2 | 0,7 |
| H | 0,13 | 45,5 | 141 | 703 | 0,26 | 99 | 19 | 45,5 | 37,3 | 95,3 | 12,6 | 97,9 | 9,4 | 4,9 | 23,5 | 7 | 1,0 | 1 | 0,8 |
| I | 0,12 | 62,9 | 124 | 642 | 0,24 | 80 | 17 | 43,9 | 35,4 | 102,9 | 12,2 | 102,3 | 9,4 | 6,0 | 23,1 | 1 | 0,6 | 1 | 0,6 |
| J | 0,11 | 46,1 | 120 | 600 | 0,24 | 80 | 18 | 50,6 | 40,6 | 107,5 | 14,3 | 126,3 | 11,5 | 6,0 | 24,5 | 1 | 1,0 | 1 | 0,6 |
| K | 0,07 | 47,1 | 106 | 510 | 0,26 | 65 | 13 | 46,1 | 38,3 | 80,8 | 14,7 | 76,7 | 7,5 | 6,6 | 23,8 | 1 | 1,0 | 1 | 0,5 |
| L | 0,11 | 33,4 | 118 | 592 | 0,24 | 71 | 16 | 45,6 | 37,6 | 94,6 | 12,7 | 83,9 | 8,3 | 6,0 | 22,2 | 1 | 1,0 | 1 | 0,8 |
| M | 0,10 | 53,5 | 119 | 611 | 0,24 | 75 | 15 | 41,9 | 35,0 | 86,4 | 11,6 | 71,0 | 6,4 | 6,0 | 21,2 | 1 | 0,7 | 1 | 0,7 |

Rendimiento por planta (PMZCAP), plantas emergidas (PLEM), días a floración femenina (DFF), acumulación de unidades calor a floración femenina (UCF), índice de nervadura (INER), altura de mazorca (AMZCA), granos por hilera (GH), diámetro de la base de mazorca (DMB), diámetro de la punta de mazorca (DMP), longitud de mazorca (LM), conicidad de mazorca (CM), peso de mazorca (PM), peso de coronta (PC), grosor de grano (GG), diámetro de coronta (DMC)

Tipo de grano: Harinoso (1), semiharinoso (2), dentado (3), semidentado (4), semicristalino (5), cristalino (6), reventador (7), dulce (8), opaco-2 (9), tunicado (10) y ceroso (12)

Disposición de hileras sobre la coronta (DHM): Recta (1), espiral (2) e irregular (3).

4.2 Formación de la población base

Luego de elaborado el registro de colección, se agruparon por razas; finalizado esta actividad se prepara el experimento con semilla de las colecciones pertenecientes a una raza específica. En el primer año se recombinan todas las colectas de una raza (se cruzan entre todos). Para recombinar las colecciones la semilla de la colecta se divide en cuatro partes. Las tres primeras de 52 granos cada una para sembrar en el lote de recombinación los surcos hembras con sus tres repeticiones; la cuarta de 208 granos para formar el compuesto balanceado y sembrar los surcos machos (mezcla de las

coleccionas para formar el macho polinizador). El experimento se instala en campos comunales en diseño de latice simple. Este experimento se siembra intercaladamente cuatro surcos hembras y un surco macho; cada colecta se siembra en dos surco individual de cinco metros de largo. Los agricultores cultivan y manejan el experimento. A inicio de floración se realizara el despanojado a todos los surcos hembras eliminando la inflorescencia masculina con la finalidad de cruzar con polen de los surcos machos (Figura 24). En esa forma se lograra una máxima recombinación de todos los componentes de una raza.



Figura 24. Despanojamiento en lote de recombinación del compuesto racial San Gerónimo en la comunidad de La Unión en Jauja Junín

Para seleccionar se comparara las colectas y/o familias de medios hermanos en los siguientes ciclos, donde cada familia es la progenie de una mazorca seleccionada el año anterior. La selección por rendimiento y sanidad es el 25% superior de las familias. Como se completa el mismo día de la cosecha, se cotejan las repeticiones de las mejores familias, descartando aquellas donde las diferencias entre las repeticiones son muy grandes; las repeticiones tienen que haber logrado alta

producción de mazorcas sanas (Figura 25). Luego se mezclarán las mazorcas de las tres parcelas y se seleccionarán las mejores cinco. La mezcla de las mazorcas de las familias seleccionadas constituirá el primer ciclo de selección. Un número igual de semillas de cada mazorca se mezclará para la semilla del macho del próximo ciclo; así, el macho es la población seleccionada y su semilla, es semilla básica. La progenie de las mazorcas seleccionadas forman las nuevas familias que se recombinarán en el siguiente ciclo.



Figura 25. Selección participativa de familias de medios hermanos del compuesto Cuzco en la localidad de Tapaná en Huancavelica

3.3 Resultados del primer ciclo de selección

Se recombinan 11 razas: Cuzco, San Gerónimo, Huancavelicano, Paro, Chullpi, Pisccorunto, Confite morocho, Morocho, Confite Puntiajudo, Granada y Kculli. Las razas son comparadas con variedades mejoradas. En la Tabla 2 se observa las características de 11 razas de maíz evaluado en ambientes de sierra central del Perú; las razas son: Huancavelicano, Paro, Morocho, Chullpi, Confite Puntiajudo, Cuzco, Confite Morocho, Granada, San Gerónimo, Pisccorunto y Kculli, estas razas se comparan cuatro testigos. Los testigos Son: INIA 606 “Choclero Prolífico, Sintetico 200, Pob 201 y Sintetico 100.

El testigo más rendidor fue el INIA 606, su rendimiento promedio fue 2.18 t/ha. Por lo tanto, comparamos el rendimiento de las razas en base a este testigo. El rendimiento de las razas Huancavelicano, Paro, Morocho, Chullpi, Confite Punttiagudo, Granada, San Gerónimo, Piscorunto y Kulli, es 2.11; 1.89; 1.71; 1.69; 1.34; 1.07; 0.96; 0.93; 0.74; 0.68 y 0.60 t/ha respectivamente. El porcentaje rendimiento de las razas sobre el mejor testigo son: 97, 87, 79, 78, 61, 49, 44, 43, 34, 31, y 28%; ninguna de ellas supera en rendimiento al INIA 606. Si observamos el promedio de rendimiento de las razas es 1.25 t/ha y el promedio de los testigos es 1.80 t/ha. Por lo tanto, las razas del maíz que cultivan los productores tienen menor rendimiento comparado con las variedades mejoradas. El experimento se instala a razón de 50 mil plantas por hectárea; como resultado el porcentaje de mortandad en campo es muy variado: La mortandad de la raza Morocho es 0%, seguido de Huancavelicano 9%, Confite Punttiagudo 20%, Paro 25%, Granada 32%, Confite Morocho 37%, Piscorunto 41%, San Gerónimo y Kulli 47%, Chullpi 60% y Cuzco 65%. Los testigos muestran la siguiente porcentaje de mortandad: 29 % INIA 606; 37%, Sintético 200; 56% Pob 201 y 30%, Sintético 100. La media de las razas y testigos es 35 y 38% de mortandad respectivamente.

Uno de los caracteres de importancia es la acumulación de unidades calor; sabemos que en sierra al realizar siembras a diferentes altitudes sobre nivel del mar variara el periodo vegetativo de maíz; al sembrar a mayor altitud se hará más larga su periodo; porque la acumulación de calor es más lenta y si sembramos la misma variedad a menor altitud se hará más rápida; por lo que indicar el periodo vegetativo a días a flor es relativo. El tiempo térmico es una medida de la temperatura acumulada por encima de un mínimo y por debajo de un máximo adecuado para el desarrollo. Las unidades de tiempo térmico son los grados-días. La floración es generalmente usada como el evento del desarrollo que caracteriza los cultivares como tempranos o tardíos. Uno de los datos que estima mejor este carácter son las unidades térmicas (GDU). Por ejemplo el Sintético 100 necesita en promedio menos GDU para florecer; se estima 488 GDU a flor masculina y 504 a flor femenina. San Gerónimo, Granada, Piscorunto, Confite Punttiagudo, Confite Morocho, Huancavelicano, Paro, Morocho, Cuzco, Chullpi y Kulli a flor masculina requieren 499; 521; 528; 591; 594; 603; 614; 633; 647; 703 y 705 respectivamente y a flor femenina 497, 520, 527, 616, 628, 639, 641, 666, 668, 715 y 730 GDU respectivamente. La media de las razas a flor masculina es 603 y a flor femenina 622 GDU. La media de testigos a flor masculina es 565 y a flor femenina es 583 GDU, Concluyendo de las variedades mejoradas son más precoces que las razas. El material más precoz es el Sintético 100 con 97 días ó 488 GDU a flor masculina y 101 días ó 497 GDU a flor femenina. El más tardío son las razas Kulli y Chullpi con 139 días a flor masculina ó 705 GDU y 146 días ó 730 GDU a flor femenina.

En estudios realizados el loci QTL confiere la expresión del ASI (anthesis silking interval) para mejorar el rendimiento del grano de maíz en condiciones de sequía. Según los autores San Vicente, Surinder Kumar, Scott Douglas, Sai Kumar Ramanujam y Barandiaran en 1998. Señala que el análisis de correlación lineal simple indica que un incremento en rendimiento en sequía está asociado con una reducción en ASI y un incremento en el número de plantas por mazorca. Las diferentes razas reportan los siguiente ASI: San Gerónimo, 0; Piscorunto y Granada, 1; Chullpi, 5; Paro, Confite Punttiagudo, Cuzco y Kulli, 6; Morocho y Confite Morocho, 7; Huancavelicano, 8. La media de las razas y variedades mejoradas es 5. Los datos de ASI demuestran que las razas más adaptadas tienen un ASI muy bajo; típicamente, la raza San Gerónimo del Valle del Mantaro mostró un ASI de 0. Granada y Piscorunto, también adaptadas a Sierra alta mostraron un ASI de 1.

En relación al ángulo de inserción de la hoja de maíz, se reporta que hay una amplia y altamente heredable variación genética para este carácter. Los efectos simulados indican que las hojas superiores erectas combinadas con las hojas horizontales inferiores dan lugar a un uso más eficiente de la radiación por parte de la capa total de hojas. La orientación de las hojas de las razas maíz de

sierra central todas son erectas, a excepción de Huancavelicano, Morocho, Confite Puntigudo y Confite Morocho.

Referente a enfermedades foliares, las razas muestran escala de infección, 2 y 3. El testigo INIA 606 muestra escala 1 el resto de los testigos escala 2. Concluyendo que razas son más susceptibles a enfermedad foliar que las variedades mejoradas. Referido a aspecto de plantas los testigos tienen mejor aspecto que las razas; escala 2 y 3 respectivamente.

La selección para reducir el tamaño de la panoja en el maíz tropical ha estado asociada con un aumento en el número de granos por planta y con el rendimiento (Fischer, Edmeades y Johnson, 1987). Esto apoya, sin embargo, la hipótesis de que la panoja y la mazorca compiten por la materia asimilada en un momento crítico de la formación del rendimiento. El testigo Sintético 200 tiene la panoja mas larga en promedio 41 cm. y la mas corta, el testigo Sintético 100, que tiene 30 cm. La media de la longitud de panoja de las razas y testigos es 35 y 36 cm. respectivamente. Las plantas mas alta es la raza Cuzco en promedio 190 cm y la más baja el testigo Sintético 100, que mide 130 cm. La relación mazorca planta en la raza Chullpi es 0.60, es decir que la mazorca esta insertada mas arriba de la mitad de la planta; la inserción mas baja corresponde a al Sintético 100 la relación planta/mazorca es 0.36.

Tabla 2. Características de 11 razas de maíz evaluadas en sierra central del Perú

| Genealogía | Rendimiento sobre el mejor testigo | | Plantas | | | Flor | | UDU a flor | | Acumulación de calor sobre el material precoz | Hojas | | | | | Altura | | M/P | | | | | |
|--------------------|------------------------------------|------|----------|----|------|------|-----|------------|-----|---|-------|----------|-------|------------------|------------------|-------------|----------|-----|--------------|----------------|-----------------|------------|-------------|
| | % | t/ha | VE | V6 | V6 | R1 | R1 | R1 | R1 | | ASI | Cantidad | Ancho | Venas/centrohoja | Indice/hervadura | Orientación | Longitud | | Enfermedades | Aspecto/planta | Longitud/panoja | Planta (P) | Mazorca (M) |
| | | | miles/ha | % | Dias | UT | % | n° | mm | n° | (1-2) | mm | (1-5) | (1-5) | cm | R5 | R5 | R6 | | | | | |
| Huancavelicano | 97 | 2,11 | 50 | 46 | 9 | 115 | 123 | 603 | 639 | 124 | 8 | 12 | 100 | 22 | 0,22 | 2 | 741 | 2 | 3 | 37 | 173 | 81 | 0,47 |
| Paro | 87 | 1,89 | 50 | 37 | 25 | 119 | 125 | 614 | 641 | 126 | 6 | 12 | 84 | 20 | 0,25 | 1 | 688 | 2 | 3 | 36 | 174 | 84 | 0,48 |
| Morocho | 79 | 1,71 | 50 | 50 | 0 | 122 | 129 | 633 | 666 | 130 | 7 | 13 | 95 | 21 | 0,22 | 2 | 696 | 2 | 3 | 38 | 170 | 82 | 0,48 |
| Chullpi | 78 | 1,69 | 50 | 20 | 60 | 139 | 145 | 703 | 715 | 144 | 5 | 14 | 78 | 20 | 0,26 | 1 | 700 | 2 | 3 | 35 | 183 | 110 | 0,60 |
| Confite puntigudo | 61 | 1,34 | 50 | 40 | 20 | 112 | 118 | 591 | 616 | 121 | 6 | 12 | 79 | 21 | 0,26 | 2 | 662 | 2 | 3 | 36 | 137 | 54 | 0,40 |
| Cuzco | 49 | 1,07 | 50 | 18 | 65 | 126 | 132 | 647 | 668 | 133 | 6 | 14 | 103 | 22 | 0,22 | 1 | 758 | 2 | 3 | 37 | 190 | 96 | 0,51 |
| Confite morocho | 44 | 0,96 | 50 | 31 | 38 | 113 | 120 | 594 | 628 | 122 | 7 | 11 | 78 | 19 | 0,25 | 2 | 610 | 2 | 3 | 33 | 134 | 58 | 0,44 |
| Granada | 43 | 0,93 | 50 | 34 | 32 | 111 | 112 | 521 | 520 | 107 | 1 | 11 | 69 | 19 | 0,28 | 1 | 649 | 3 | 3 | 32 | 142 | 63 | 0,44 |
| San Geronimo | 34 | 0,74 | 50 | 26 | 47 | 107 | 107 | 499 | 497 | 102 | 0 | 19 | 82 | 19 | 0,26 | 1 | 648 | 3 | 3 | 32 | 137 | 62 | 0,45 |
| Pisccorunto | 31 | 0,68 | 50 | 30 | 41 | 112 | 113 | 528 | 527 | 108 | 1 | 11 | 74 | 20 | 0,28 | 1 | 668 | 3 | 3 | 35 | 147 | 69 | 0,47 |
| Kculli | 28 | 0,60 | 50 | 27 | 47 | 139 | 146 | 705 | 730 | 145 | 6 | 12 | 76 | 19 | 0,26 | 1 | 678 | 3 | 3 | 37 | 151 | 78 | 0,52 |
| INIA 606 | 100 | 2,18 | 50 | 36 | 29 | 110 | 115 | 564 | 587 | 116 | 5 | 12 | 85 | 21 | 0,25 | 1 | 683 | 1 | 2 | 37 | 153 | 66 | 0,43 |
| Sintético 200 | 88 | 1,92 | 50 | 31 | 37 | 119 | 122 | 601 | 609 | 123 | 3 | 13 | 94 | 21 | 0,22 | 1 | 725 | 2 | 2 | 41 | 167 | 73 | 0,44 |
| Pob 201 | 86 | 1,87 | 50 | 22 | 56 | 120 | 127 | 610 | 631 | 125 | 7 | 14 | 92 | 21 | 0,24 | 1 | 740 | 2 | 3 | 35 | 175 | 82 | 0,47 |
| Sintético 100 | 56 | 1,21 | 50 | 35 | 30 | 97 | 101 | 488 | 504 | 100 | 4 | 10 | 67 | 17 | 0,26 | 1 | 599 | 2 | 3 | 30 | 130 | 47 | 0,36 |
| Media de las razas | 57 | 1,25 | 50 | 33 | 35 | 120 | 124 | 603 | 622 | 124 | 5 | 13 | 83 | 20 | 0,25 | 1 | 682 | 2 | 3 | 35 | 158 | 76 | 0,48 |
| Media de testigos | 82 | 1,80 | 50 | 31 | 38 | 112 | 116 | 565 | 583 | 116 | 5 | 12 | 85 | 20 | 0,24 | 1 | 687 | 2 | 2 | 36 | 156 | 67 | 0,42 |
| Maximo | 100 | 2,18 | 50 | 50 | 65 | 139 | 146 | 705 | 730 | 145 | 8 | 19 | 103 | 22 | 0,28 | 2 | 758 | 3 | 3 | 41 | 190 | 110 | 0,60 |
| Minimo | 28 | 0,60 | 50 | 18 | 0 | 97 | 101 | 488 | 497 | 100 | 0 | 10 | 67 | 17 | 0,22 | 1 | 599 | 1 | 2 | 30 | 130 | 47 | 0,36 |

Fase vegetativa (VE, V6), Fase reproductiva (R1, R2, R3, R4, R5 y R6) Unidades termicas acumuladas (UT), Orientación: Erectas (1), colgantes (2); Bueno (1), malo (5)

3.4 Resultados del segundo ciclo de selección

Se recombinan: 64 entradas de la raza Cuzco. San Gerónimo se divide en dos compuestos; 169 familias de punta roja y 72 de punta blanca. Huancavelicano dos compuestos, 81 punta roja que

llamaremos Carhuay y 30 punta blanca llamaremos Astilla. Paro se ha dividido en tres compuestos; 110 roja, 30 anaranjado y 81 marrón; 72 morocho y 49 Chullpi.

En la Tabla 3 se observa las características en el segundo ciclo de selección de seis razas de maíz y ocho testigos. El mejor testigo en rendimiento es la Población 200. Las raza Cuzco, San Gerónimo Punta Roja (SGPR), San Gerónimo Punta Blanca (SGPB), Huancavelicano Punta Blanca (HPB), Huancavelicano Punta Roja (HPR), Paro Rojo (PR), Paro Anaranjado (PA), Paro Marrón (PM), Morocho y Chullpi; muestran rendimientos promedios de 5; 3.3; 4.2; 3.9; 4.5; 3.6; 3.0 y 2.7 t/ha respectivamente.

El mayor porcentaje de emergencia de plantas en campo es la raza PA, muestra 68%; el testigo Pob 200 muestra 59%, en más bajo la raza SGPR muestra, con 45%.

El valor máximo a días a floración masculina y femenina muestra el testigo LH026286-1-1-#-2-1 X LH026016-1-1-1-1-1, con 118 y 122 días respectivamente. El mas precoz es el testigo Población 100 muestra 81 y 85 días a flor masculina y femenina respectivamente.

EL ASI de mayor valor es 10 se observa en la población 200, y el menor en las raza SGPR y el testigo LH024035-1-1-1-#-1 X LH024028-1-1 muestra valor 3; Con referencia a las unidades térmicas acumuladas GDU, el mayor valor es 625 y 646 a flor masculina y femenina, y el menor 447 y 465 GDU. Todas las entradas muestran tolerancia a enfermedades foliares (escala 1); excepto las razas HPB y HPR y Chullpi, que presentan cierta susceptibilidad (escala 2). Todas las entradas tienen buen aspecto (escala 1); excepto la raza Cuzco, Chullpi, y Pob 200 (escala 2); Las plantas mas altas miden 219 cm con una inserción de mazorca a 115 cm es la entrada INIA 606-15-1 X LH026208-1-1-1-2-2 ; la mas baja mide 152 cm con posición de mazorca a 59 cm es la raza SGPR.

Tabla 3- Características del segundo ciclo de selección de seis razas de maíz y ocho testigos, evaluados en sierra central del Perú (Oscanoa, 2009)

| Genealogía | Rendimiento | Días a flor | | UDU a flor | | Hojas | | Altura | | Acame | | Mazorcas | | | | | | | | |
|---|-------------|----------------|----------------|------------|-----------|------------|------------|--------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|--------------------|------------|----------------|-----------|------------|------------|
| | | Emergencia | Masculino | Femenino | ASI | Masculino | Femenino | Enfermedades | Aspecto planta | Planta | Mazorca | Tallo | Raíz | Peso mazorcas | Plantas cosechadas | Cosechadas | Podrido | Podrido | Dañopajaro | Dañopajaro |
| | | P C | V 4 | R 1 | R 1 | R 1 | R 1 | R 1 | R 3 | R 4 | R 5 | R 5 | R 6 | R 6 | R 6 | R 6 | R 6 | R 6 | R 6 | R 6 |
| t/ha | % | n ^a | n ^a | UT | UT | (1-5) | (1-5) | cm | cm | n ^a | n ^a | kg | n ^a | n ^a | n ^a | % | n ^a | % | | |
| Cuzco | 5.0 | 55 | 98 | 104 | 6 | 533 | 558 | 1 | 2 | 198 | 97 | 6 | 1 | 5 | 22 | 26 | 1 | 3 | 2 | 7 |
| San Gerónimo Punta Roja | 3.3 | 45 | 82 | 85 | 3 | 451 | 467 | 1 | 1 | 152 | 59 | 6 | 1 | 3 | 17 | 21 | 2 | 7 | 2 | 8 |
| San Gerónimo Punta Blanca | 4.2 | 56 | 82 | 85 | 4 | 451 | 470 | 1 | 1 | 167 | 67 | 6 | 2 | 4 | 21 | 27 | 2 | 7 | 2 | 8 |
| Huancavelicano Punta Blanca | 3.9 | 60 | 92 | 96 | 5 | 502 | 526 | 2 | 1 | 184 | 89 | 5 | 1 | 4 | 24 | 27 | 1 | 4 | 2 | 8 |
| Huancavelicano Punta Roja Carhuay | 3.0 | 49 | 93 | 98 | 6 | 507 | 532 | 2 | 1 | 179 | 85 | 4 | 1 | 3 | 19 | 22 | 1 | 4 | 1 | 4 |
| Paro Rojo | 3.9 | 59 | 90 | 95 | 5 | 492 | 518 | 1 | 1 | 190 | 87 | 8 | 1 | 4 | 22 | 26 | 1 | 4 | 2 | 6 |
| Paro Anaranjado | 4.5 | 68 | 87 | 92 | 5 | 478 | 504 | 1 | 1 | 195 | 89 | 9 | 2 | 5 | 26 | 31 | 2 | 5 | 2 | 7 |
| Paro Marrón | 3.6 | 54 | 96 | 102 | 5 | 527 | 549 | 1 | 1 | 189 | 87 | 7 | 1 | 4 | 22 | 24 | 1 | 5 | 1 | 4 |
| Morocho | 3.0 | 58 | 94 | 99 | 5 | 514 | 538 | 1 | 1 | 180 | 83 | 8 | 1 | 3 | 24 | 25 | 1 | 3 | 1 | 5 |
| Chullpi | 2.7 | 47 | 109 | 115 | 6 | 576 | 599 | 2 | 2 | 189 | 103 | 5 | 1 | 3 | 19 | 20 | 1 | 3 | 1 | 4 |
| Testigos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pob 200 | 6.2 | 59 | 99 | 109 | 10 | 541 | 581 | 1 | 2 | 206 | 95 | 6 | 1 | 7 | 22 | 34 | 1 | 3 | 4 | 10 |
| Pobl.100 | 3.7 | 65 | 81 | 85 | 4 | 447 | 465 | 1 | 1 | 168 | 74 | 11 | 2 | 4 | 20 | 27 | 4 | 13 | 1 | 5 |
| INIA 606 | 4.1 | 53 | 86 | 90 | 4 | 473 | 502 | 1 | 1 | 193 | 89 | 5 | 1 | 4 | 20 | 24 | 1 | 4 | 2 | 11 |
| LH 026286-1-1-#-2-1 X LH 026016-1-1-1-1-1 | 6.0 | 55 | 118 | 122 | 5 | 625 | 646 | 1 | 1 | 218 | 115 | 2 | 1 | 6 | 23 | 35 | 1 | 3 | 4 | 11 |
| LH 024035-1-1-1-#-1 X LH 024028-1-1 | 3.9 | 59 | 83 | 85 | 3 | 456 | 470 | 1 | 1 | 173 | 71 | 10 | 3 | 4 | 21 | 29 | 2 | 8 | 2 | 6 |
| INIA 606-15-1 X LH 026208-1-1-1-2-2 | 5.2 | 46 | 115 | 120 | 6 | 612 | 639 | 1 | 1 | 219 | 114 | 3 | 1 | 5 | 18 | 28 | 1 | 4 | 4 | 12 |
| LH 026001-1-1-1-6-#-4 X LH 026258-1-1-1-1-#-1 | 5.6 | 56 | 113 | 120 | 6 | 605 | 636 | 1 | 1 | 205 | 114 | 3 | 2 | 6 | 23 | 36 | 1 | 1 | 10 | 31 |
| LH 026001_1_1_1_6_#-4 x LH 026255-1-1-1-#-1 | 5.8 | 47 | 114 | 119 | 5 | 607 | 630 | 1 | 1 | 195 | 93 | 2 | 0 | 6 | 18 | 30 | 1 | 3 | 6 | 18 |
| Máximo | 6.2 | 68 | 118 | 122 | 10 | 625 | 646 | 2 | 2 | 219 | 115 | 11 | 3 | 7 | 26 | 36 | 4 | 13 | 10 | 31 |
| Mínimo | 2.7 | 45 | 81 | 85 | 3 | 447 | 465 | 1 | 1 | 152 | 59 | 2 | 0 | 3 | 17 | 20 | 1 | 1 | 1 | 4 |

3.5 Evaluación de la efectividad de la selección

La ganancia de selección del primer ciclo (C1), expresada en porcentaje del ciclo original (C0), es mucho mayor a la de las experiencias nacionales y las reportadas en la literatura: San Gerónimo: 216 %; Huancavelicano: 50%; Paro anaranjado: 58%; Pisccorunto: 219%; Morocho: 32%; Cuzco: 55%. En una investigación anterior en la que se evaluó los compuestos raciales, comparando el compuesto recombinado versus las muestras de la raza colectadas, concluyó que en general los compuestos rendían más que el promedio de las colecciones que los formaron; en algunos como en el CR Cuzco Gigante, el rendimiento del compuesto fue 12 % mayor al promedio de sus componentes; el CR San Gerónimo fue 26.6 mayor y el CR San Gerónimo Huancavelicano fue 22.2 %.

Todas las razas que se evaluaron en la presente investigación son cultivadas por pequeños agricultores de la sierra donde no hay ningún sistema de producción y distribución de semilla estable. En esas condiciones, la endocría en las poblaciones de maíz que cultivan los agricultores es muy grande y consecuentemente cuando esas sub-poblaciones se integran en un compuesto la endocría se cancela y por un proceso similar a la heterosis, el compuesto rinde más que sus componentes y esa superioridad se supone que debe estar en razón directa a la deriva génica causada por la endocría de sus progenitores. La ventaja que tiene la heterosis de un compuesto racial comparada con la heterosis de un híbrido formado por dos líneas de diferente origen es que en el compuesto no hay segregación de genes responsables de una combinación específica y por lo tanto la heterosis de un compuesto racial se mantiene a través de las generaciones.

El compuesto racial no solo se recombina previamente a la selección; durante el proceso de selección se sigue recombinando porque el método de mejoramiento empleado permite la máxima recombinación. Supuestamente el equilibrio de ligamiento logra en generaciones tempranas de selección, potencializando las poblaciones para responder a la presión de selección.

3.6 Generación de variedades

El solo hecho de formar el compuesto con lleva al mejoramiento de la diversidad de la especie en una región, porque el cruzamiento entre muestras de la misma raza cancela el endocría que en el maíz amiláceo es muy común porque los agricultores de sus pequeños predios obtienen semillas de pocas mazorcas. Para asegurar la superioridad del compuesto sobre cualquier variedad local de la misma raza, se sugiere por lo menos dos ciclos de selección (C.2). Si el compuesto es de la raza Paro, la nueva variedad se llamaría experimentalmente CR Paro C.2 que significa el segundo ciclo de selección del Compuesto Racial (CR) Paro.

Comparado los promedios entre el ciclo cero (C.0) y uno (C.1) (Tabla 4) en rendimiento de grano por planta, porcentaje de emergencia de plantas en campo, floración femenina y masculina, ASI, acumulación de unidades calor (GDU) a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca; y porcentaje de mazorcas dañadas de la raza San Gerónimo; son diferentes desde la perspectiva estadística. El rendimiento de grano por planta a variado de 64g en el ciclo cero, a 203g en el ciclo uno. El porcentaje de emergencia en campo varía de 41.6% a 45.2% y 55.8% en el ciclo uno de los compuestos San Gerónimo Punta roja y blanca respectivamente. El compuesto se hizo más precoz; tanto a floración femenina y masculina; en el ciclo cero florecía a 105 días y el primer ciclo a 81 y 85 días a floración masculina y femenina respectivamente. El ASI ha aumentado de 0.7 a 3.2 días; un ASI menor se relaciona con resistencia a sequía. Cuando la variedad es más precoz el compuesto necesita menos unidades calor para florecer, su requerimiento varió de 500 a 470 GDU. En relación a altura de planta y mazorca el tamaño ha aumentado de 139 y 62cm de altura de planta y mazorca a 167 y 67 cm. En el ciclo cero el porcentaje de mazorcas podridas fue menor en comparación a ciclo uno, varía de 8.7% a 15.6%. El aspecto de mazorca mejora de malo a bueno. La resistencia a enfermedades de hoja mejora de resistencia baja en el ciclo cero a muy alto en el ciclo uno; lo mismo ha ocurrido con el

aspecto de planta. Caracteres, numero de mazorcas por planta y porcentaje de plantas caídas al suelo continua lo mismo no muestra variación entre los promedios.

Tabla 4. Comparación de promedios ciclo cero (C0) y ciclo uno (C1) de razas de maíz evaluado en sierra central del Perú departamentos de Junín, Huancavelica y Ayacucho.

| Características | San Geronimo | | | | | | | | Huancavelicano | | | | | | | | Paro | | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------|-------|-------|----------|------|------|------------|---------------|----------------|-------|-------|----------|------|------|------------|---------------|-------|-------|-------|-------|----------|------|------|------------|---------------|
| | C0 | PR C1 | PB C1 | Promedio | s | % CV | DLS (0.05) | Significación | C0 | PB C1 | PR C1 | Promedio | s | % CV | DLS (0.05) | Significación | C0 | R C1 | A C1 | M C1 | Promedio | s | % CV | DLS (0.05) | Significación |
| Rendimiento de grano por planta (g) | 64.4 | 203.7 | 203.7 | 160.0 | 10.0 | 6.3 | 41.8 | ** | 114.0 | 171.5 | 172.5 | 153.3 | 5.8 | 3.8 | 24.1 | ** | 119.3 | 193.3 | 188.4 | 179.1 | 170.0 | 18.0 | 10.6 | 73.0 | * |
| Emergencia de plantas en campo (%) | 41.6 | 45.2 | 55.8 | 47.5 | 0.9 | 1.9 | 3.8 | ** | 60.2 | 59.9 | 49.4 | 56.5 | 9.2 | 16.3 | 38.6 | n.s. | 56.0 | 58.9 | 68.0 | 54.5 | 59.4 | 6.4 | 10.7 | 26.0 | n.s. |
| Floración masculino (días) | 104.5 | 81.7 | 81.7 | 89.3 | 1.0 | 1.1 | 4.2 | ** | 109.9 | 91.7 | 92.7 | 98.0 | 3.9 | 4.0 | 16.2 | * | 119.2 | 89.8 | 86.9 | 96.3 | 98.1 | 2.0 | 2.0 | 8.0 | ** |
| Floración femenino (días) | 105.1 | 84.9 | 85.5 | 91.7 | 0.8 | 0.9 | 3.4 | ** | 118.5 | 96.5 | 98.4 | 104.3 | 4.9 | 4.7 | 20.3 | * | 125.9 | 95.1 | 91.7 | 101.7 | 103.6 | 2.6 | 2.5 | 10.5 | ** |
| ASI (días) | 0.7 | 3.2 | 3.7 | 2.5 | 0.4 | 16.3 | 1.7 | ** | 8.6 | 4.8 | 5.6 | 6.3 | 1.0 | 15.8 | 4.2 | n.s. | 6.7 | 5.3 | 4.8 | 5.4 | 5.4 | 0.6 | 11.4 | 2.5 | n.s. |
| GDU a floración Masculino | 498.1 | 451.0 | 451.1 | 466.7 | 5.2 | 1.1 | 21.6 | ** | 580.2 | 502.4 | 507.2 | 529.8 | 19.9 | 3.8 | 83.2 | * | 620.4 | 492.2 | 478.0 | 527.1 | 529.4 | 10.0 | 1.9 | 40.4 | ** |
| GDU a floración femenino | 500.4 | 467.4 | 469.8 | 479.3 | 4.9 | 1.0 | 20.6 | * | 620.5 | 526.0 | 534.0 | 560.3 | 22.3 | 4.0 | 93.1 | * | 652.4 | 518.7 | 504.5 | 549.7 | 556.5 | 12.1 | 2.2 | 49.1 | ** |
| Altura de planta (cm) | 139.2 | 152.1 | 167.5 | 152.8 | 3.3 | 2.2 | 13.8 | ** | 168.4 | 184.0 | 178.8 | 177.2 | 8.2 | 4.6 | 34.3 | n.s. | 175.6 | 190.5 | 195.4 | 188.5 | 187.5 | 7.4 | 4.0 | 30.3 | n.s. |
| Altura de mazorca (cm) | 61.8 | 58.6 | 67.3 | 62.7 | 1.3 | 2.1 | 5.4 | * | 76.1 | 89.1 | 84.7 | 83.2 | 4.5 | 5.4 | 18.8 | n.s. | 86.6 | 87.1 | 89.4 | 87.2 | 87.8 | 5.3 | 6.1 | 21.6 | n.s. |
| Mazorca por planta (n°) | 1.0 | 1.2 | 1.3 | 1.2 | 0.1 | 7.0 | 0.3 | n.s. | 0.9 | 1.1 | 1.2 | 1.1 | 0.1 | 6.5 | 0.3 | n.s. | - | 1.2 | 1.2 | 1.1 | 1.2 | | | | |
| Mazorcas dañadas (%) | 8.7 | 15.6 | 15.5 | 13.3 | 0.9 | 6.9 | 3.8 | ** | 6.9 | 12.0 | 7.8 | 8.9 | 2.1 | 23.5 | 8.7 | n.s. | - | 10.6 | 11.7 | 7.9 | 11.1 | | | | |
| Acame (%) | 30.8 | 39.3 | 37.4 | 35.9 | 3.9 | 10.9 | 16.3 | n.s. | 9.3 | 26.5 | 26.6 | 20.8 | 2.4 | 11.6 | 10.1 | ** | 13.6 | 46.3 | 45.9 | 42.3 | 37.0 | 5.0 | 13.6 | 20.5 | ** |
| Aspecto de mazorca (1-5) | 4.0 | 2.0 | 2.0 | 2 | | | | | 3 | 2 | 2 | 2 | | | | | - | 2.0 | 2.0 | 2.0 | 2.0 | | | | |
| Enfermedades foliares (1-5) | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | | | 2.0 | 2.0 | 1.5 | 2.0 | | | | | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 1.5 | 1.0 | | | | |
| Aspecto de planta (1-5) | 3.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | | | 2.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | | | 2.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | | | |

Ciclo de selección cero (C0), ciclo uno (C1), punta roja (PR), punta blanca (PB), rojo (R), amaranjado (A), marrón (M), anthesis silking interval (ASI), growing degree units (GDU), resistencia a enfermedades de hoja: Muy alto (1), alto (2), media (3), baja (4) y muy baja (5). Aspecto de planta y mazorca: Muy bueno (1), bueno (2), media (3), malo (4) y muy malo (5).

Los promedios de rendimiento de grano por planta, floración femenina y masculina, acumulación de unidades calor (GDU) a floración masculina y femenina y porcentaje de mazorcas dañadas de la raza Huancavelicano; son estadísticamente diferentes (Tabla 4). El rendimiento de grano por planta varia de 114g en el ciclo cero, a 173g en el ciclo uno. El compuesto se hizo más precoz; desde 118 a 98 días tanto a floración masculina y femenina. Cuando la variedad es más precoz el compuesto necesita menos unidades calor para florecer, su requerimiento varia 620 a 534 GDU a floración femenino. En el ciclo cero el porcentaje plantas caídas es menor varia de 9.3% a 26% en el ciclo uno. El aspecto de mazorca varia de regular a bueno. La resistencia a enfermedades de hoja mejora de resistencia media en el ciclo cero a alta; lo mismo ha ocurre con el aspecto de planta (Figura 26). Caracteres, emergencia de planta en campo, ASI, altura de planta y mazorca y porcentaje de mazorcas dañadas muestra igualdad entre los promedios.

El promedio de rendimiento de grano por planta, floración masculina y femenina, acumulación de unidades calor (GDU) a floración masculina y femenina y porcentaje de acame de la raza Paro; son diferentes estadísticamente en el ciclo cero y uno. El rendimiento de grano por planta aumenta de 119g en el ciclo cero, hasta 193g en el ciclo uno. El compuesto se hace más precoz; tanto a floración femenina y masculina; en el ciclo cero florea a 125 días y en el primer ciclo a 91.7 días. Lo mismo ocurre con la acumulación de unidades calor; cambia de 652 a 504 GDU; necesita menos calor para florear. El Porcentaje de plantas tumbada ha variado de 13.6 hasta 46.3%; los genotipos, al recombinarse provoca una población susceptible a tumbado. La resistencia a enfermedades de hoja mejora de resistencia alta a muy alta en el ciclo cero y uno respectivamente; lo mismo ocurre con aspecto de planta. Caracteres, emergencia de plantas en campo, ASI, altura de planta y mazorca, muestran igualdad entre sus promedios.



Figura 26. Número de mazorcas del ciclo cero (arriba) y uno en una unidad experimental de cuatro metros cuadrados de la raza Huancavelicano

El promedio de rendimiento de grano por planta y floración masculina de la raza Pisccorunto (Tabla 5); son diferentes estadísticamente en los dos ciclos. El rendimiento de grano por planta varía de 50.7g en el ciclo cero, a 161g en el ciclo uno. El compuesto se hizo más precoz a masculina; en el ciclo cero florecen a 111 días y en el primer ciclo a 93.1 días. El aspecto de mazorca mejora de regular a bueno. La resistencia a enfermedades de hoja mejora de resistencia media a alta en el ciclo cero y uno respectivamente y el aspecto de planta mejora de regular a muy bueno. Caracteres, emergencia de plantas en campo, ASI, floración femenina, ASI, GDU a floración masculina y femenina, altura de planta y mazorca, número de mazorcas por planta y porcentaje de mazorcas dañadas, muestran igualdad entre sus promedios.

Los promedios días a floración femenina y masculina, acumulación de unidades calor (GDU) a floración masculina y femenina, porcentaje de mazorcas dañadas y plantas tumbadas de la raza Morocho; del ciclo cero y uno son diferentes estadísticamente. El compuesto se hizo más precoz; desde 124 hasta

98.9 y 93.5 días floración femenina y masculina respectivamente. Lo mismo ocurre con acumulación de unidades calor para florecer, su requerimiento varía de 644 a 538 GDU observado a floración femenina. En el ciclo cero el porcentaje de mazorcas dañadas varía de 4.7 a 7.2% hay más mazorcas dañadas al recombinar. Las plantas caídas varían de 8.7% a 36.2% en el ciclo uno. El aspecto de mazorca mejora de regular a bueno. La resistencia a enfermedades de hoja también mejora de resistencia media en el ciclo cero a alta; lo mismo ha ocurrido con el aspecto de planta. Caracteres, rendimiento de grano por planta, emergencia de planta en campo, ASI, altura de planta y mazorca, mazorcas por planta muestran igualdad en sus los promedios en el ciclo cero y uno (Tabla 5).

Los promedios de rendimiento de grano por planta, emergencia en campo, floración femenina y masculina, acumulación de unidades calor (GDU) a floración masculina y femenina y porcentaje de mazorcas dañadas de la raza Cuzco; del ciclo cero y uno son estadísticamente diferentes. El rendimiento de grano por planta aumenta de 125.6g en el ciclo cero, a 236.2g en el ciclo uno. La emergencia de plantas en campo varía de 38.5 a 55%. El compuesto se hace más precoz; desde 125.6 a 103.9 días tanto a floración observado a femenina. Cuando la variedad es más precoz el compuesto necesita menos unidades calor, su requerimiento varía de 649 a 560.7 GDU a floración femenino. En el ciclo cero el porcentaje plantas caídas es mayor varía de 5.1% a 31.6% en el ciclo uno. La resistencia a enfermedades de hoja mejora de resistencia alta en el ciclo cero a muy alta; lo mismo ha ocurrido con el aspecto de planta. Caracteres, ASI, altura de planta y mazorca muestran igualdad entre los promedios del ciclo cero y uno (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación de promedios ciclo cero (C0) y ciclo uno (C1) de razas de maíz evaluado en sierra central del Perú departamentos de Junín, Huancavelica y Ayacucho

| Características | Piscorrunto | | | | | | | Morochu | | | | | | | Cuzco | | | | | | |
|-------------------------------------|-------------|-------|----------|------|--------------|------|---------------|---------|-------|----------|------|------|--------------|---------------|-------|-------|----------|-----|------|--------------|---------------|
| | C0 | C1 | Promedio | s | D.L.S (0.05) | % CV | Significación | C0 | C1 | Promedio | s | % CV | D.L.S (0.05) | Significación | C0 | C1 | Promedio | s | % CV | D.L.S (0.05) | Significación |
| Rendimiento de grano por planta (g) | 50.7 | 161.7 | 110.0 | 7.1 | 6.4 | 3.0 | ** | 97.9 | 129.6 | 115.0 | 10.0 | 8.7 | 43.0 | n.s. | 152.6 | 236.2 | 192.5 | 5.0 | 2.6 | 21.5 | ** |
| Emergencia de plantas en campo (%) | 47.9 | 55.7 | 51.8 | 6.7 | 12.9 | 28.7 | n.s. | 58.2 | 58.2 | 58.2 | 2.4 | 4.1 | 10.2 | n.s. | 38.5 | 55.1 | 46.8 | 1.2 | 2.6 | 5.2 | ** |
| Floración masculino (días) | 111.1 | 93.1 | 102.3 | 3.6 | 3.6 | 15.7 | * | 116.6 | 93.5 | 105.0 | 0.7 | 0.7 | 3.0 | ** | 120.0 | 97.8 | 108.8 | 0.5 | 0.5 | 2.2 | ** |
| Floración femenino (días) | 112.0 | 97.8 | 104.8 | 3.5 | 3.3 | 15.1 | n.s. | 124.3 | 98.9 | 111.8 | 1.1 | 1.0 | 4.8 | ** | 125.6 | 103.9 | 115.0 | 1.0 | 0.9 | 4.3 | ** |
| ASI (días) | 0.9 | 4.7 | 3.0 | 1.0 | 33.3 | 4.3 | n.s. | 7.6 | 5.4 | 6.5 | 0.7 | 10.9 | 3.0 | n.s. | 5.6 | 6.1 | 6.3 | 0.5 | 8.0 | 2.2 | n.s. |
| GDU a floración Masculino | 524.9 | 498.2 | 511.5 | 15.9 | 3.1 | 68.4 | n.s. | 607.4 | 513.6 | 560.5 | 6.4 | 1.1 | 27.4 | ** | 624.9 | 533.3 | 579.3 | 1.5 | 0.3 | 6.5 | ** |
| GDU a floración femenino | 529.3 | 519.8 | 524.5 | 15.0 | 2.9 | 64.7 | n.s. | 644.1 | 538.4 | 591.3 | 3.6 | 0.6 | 15.7 | ** | 649.0 | 560.7 | 604.8 | 4.5 | 0.7 | 19.4 | ** |
| Altura de planta (cm) | 149.3 | 138.8 | 144.3 | 8.0 | 5.6 | 34.5 | n.s. | 166.8 | 180.4 | 173.5 | 3.8 | 2.2 | 16.4 | n.s. | 184.5 | 198.5 | 191.8 | 5.6 | 2.9 | 24.1 | n.s. |
| Altura de mazorca (cm) | 72.7 | 58.6 | 65.8 | 4.0 | 6.1 | 17.3 | n.s. | 77.8 | 82.6 | 80.3 | 2.7 | 3.4 | 11.6 | n.s. | 86.0 | 97.2 | 91.8 | 3.2 | 3.5 | 13.8 | n.s. |
| Mazorca por planta (n°) | 0.9 | 1.0 | 1.0 | 0.0 | 5.1 | 0.2 | n.s. | 0.9 | 1.1 | 1.0 | 0.0 | 5.1 | 0.2 | n.s. | | 1.2 | | | | | |
| Mazorcas dañadas (%) | 7.6 | 2.7 | 5.1 | 1.3 | 26.3 | 5.8 | n.s. | 4.7 | 7.2 | 6.0 | 0.4 | 6.7 | 1.7 | * | | 10.2 | | | | | |
| Acame (%) | | 41.8 | | | | | | 8.7 | 36.2 | 22.4 | 4.2 | 18.7 | 18.1 | * | 5.1 | 31.6 | 18.3 | 3.6 | 19.5 | 15.3 | * |
| Aspecto de mazorca (1-5) | 3.0 | 2.0 | 3.0 | | | | | 3.0 | 2.0 | 3.0 | | | | | 2.0 | | | | | | |
| Enfermedades foliares (1-5) | 2.5 | 2.0 | 2.0 | | | | | 2.5 | 1.0 | 1.0 | | | | | 2.0 | 1.0 | 1.0 | | | | |
| Aspecto de planta (1-5) | 3.0 | 1.0 | 3.0 | | | | | 3.0 | 1.0 | 3.0 | | | | | 3.0 | 2.0 | 2.0 | | | | |

Ciclo de selección cero (C0), ciclo uno (C1), punta roja (PR), punta blanca (PB), rojo (R), amaranjado (A), marrón (M), anthesis silking interval (ASI), growing degree units (GDU), resistencia a enfermedades de hoja: Muy alto (1), alto (2), media (3), baja (4) y muy baja (5). Aspecto de planta y mazorca: Muy bueno (1), bueno (2), media (3), malo (4) y muy malo (5).

3.6 Crédito y protección varietal

Todos los participantes deberían recibir crédito por la investigación y deberían ser propietarios corporativos de la variedad.

BIBLIOGRAFIA

Blas R., J. Ribaut, M. Warburton, J. Chura y R. Sevilla. 2002. Análisis molecular de razas de maíz peruano con marcadores AFLP y microsatélites. En: Simposio: El Mejoramiento Genético de Plantas en el Perú. Genética Perú 3. SPG. Julio 2001. UNA La Molina. Lima, Perú

Borbor M. Evaluación de componentes de rendimiento y características morfológicas de compuestos raciales de maíz (*Zea mays* L.) en la Sierra del Perú. Tesis Magister Scientiae. UNA La Molina. Lima, Perú

Clifford H.T y Stephenson W. 1975. An introduction to numerical classification .Academic Press. New York, USA.

Goodman M.M. Y E. Paterniani. 1969 The races of maize. III. Choices of appropriate characters for racial classification. Econ. Botany 23: 265-273.

Grobman A., W. Salhuana y R. Sevilla. 1961. Races of Maize in Peru. Nat. Ac. of Science. Nat. Reseach Council. Pub 915. Was. USA

Goodman M.M. Y R. M. Bird . 1977. The races of maize. IV. Tentative grouping of 219 Latin American races. Econ. Botany 31: 204-221.

IPGRI. 2001. Descriptores para Maíz. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos, Roma, Italia, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT).

Kiesselbach T., y Compton W. 1964. Estructura y Reproducción del Maíz. Universidad de Nebraska. USA.

Morrison D.F. 1976. Multivariate Statistical Methods. International Student Edition. Ed. McGraw-Hill Book Co. New York, USA.

Oscanoa C., J. Vilchez T. Narro y R. Sevilla 2004. Participatory Breeding and Decentralized Seed Production of Maize in the Central Highlands of Peru. Global Maize Genetic Resource Conservation. CIMMYT. El Batán México.

Paliwal R., Granados G. y Lafitte R. 2001. El Maíz en los Tropicos: Mejoramiento y Produccion. CIMMYT. El Batán México.

Salhuana W., S. Quevedo y R. Sevilla. 1975. Estimación de variancias genéticas en la variedad de maíz Banco Urubamba. Inf del Maíz. N° Ext. de Investigación. Vol I: 29-31.

Sevilla R., A. Crrate, L. Carrión, L. Narro, A. Valdez, J. Arizola, V de la Colina. 1976. Factores de Producción y nivel tecnológico del cultivo de Maíz en la Sierra del Perú. Inf del Maíz N° Ext de Investigación. Vol II: 70-83.

Sevilla P. R. y M. Holle. 2004. Recursos Genéticos Vegetales. Primera edición. Luís León Asociados S.R.L. Lima-Perú

Tollenaar M., L.M. Dwyer, D.W. Stewart y B. L. Ma. 2000. Physiological parameters associated with differences in kernel set among maize hybrids. En: Physiology and Modeling kernel set in Maize. CSSA Special Publication Number 29. Maryland, USA.

Wagner R., B. Judd, B. Sanders y R. Richardson. 1980. Introduction to Modern Genetics. J. Wiley & Sons.



**INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA
PROGRAMA NACIONAL DE INNOVACION EN MAIZ
FUNDO SANTA ANA S/N HUALAHOYO Km 8 EL TAMBO HUANCAYO
www.inia.gob.pe**

