



**PERÚ**

Ministerio  
del Ambiente

Viceministerio de Desarrollo  
Estratégico de los Recursos  
Naturales

Dirección General de Diversidad  
Biológica

## **INFORME FINAL**

# **SISTEMATIZACIÓN Y EDICIÓN TEMÁTICA DE LA PUBLICACIÓN SOBRE LA LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ PERUANO CON FINES DE SEGURIDAD**

**Julio, 2017**

"SERVICIO DE SISTEMATIZACIÓN Y EDICIÓN TEMÁTICA DE LA  
PUBLICACIÓN SOBRE LA LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA  
DEL MAÍZ PERUANO CON FINES DE SEGURIDAD"

INDICE

|   |           |
|---|-----------|
| INTRODUCCIÓN  | 4         |
| <b>CAPÍTULO 1 La Ley de Moratoria y el Marco Normativo Asociados a los Recursos Genéticos</b>         | <b>5</b>  |
| 1.1 Convenios y Tratados Internacionales relacionados a Recursos Genéticos                            | 5         |
| 1.2 Normatividad Peruana sobre Recursos Genéticos   | 6         |
| 1.3 La Ley de Moratoria y su Reglamento   | 7         |
| <b>CAPÍTULO 2 Diversidad Genética del Maíz</b>  | <b>10</b> |
| 2.1 Origen y Diversificación  | 10        |
| 2.2 Taxonomía   | 12        |
| 2.3 Diversidad Genética y Razas   | 12        |
| 2.3.1 Razas de Maíz   | 12        |
| 2.4 Maíz: Biología Reproductiva   | 13        |
| 2.4.1 Cruzabilidad  | 15        |
| 2.4.2 Distinción entre cruzas y mezclas   | 17        |
| 2.4.3 Dispersión de Semillas  | 22        |
| 2.4.4 Flujo de genes  | 23        |
| 2.5 Organismos y microorganismos asociados al maíz  | 26        |
| 2.6 Los Riesgos dependen de la Región   | 27        |
| <b>CAPÍTULO 3 Aspectos Socioeconómico en la Producción de Maíz y la Conservación de su Diversidad</b> | <b>32</b> |
| 3.1 Importancia de la conservación in situ de maíces nativos  | 32        |
| 3.2 Estadísticas y/o información básica para el análisis de riesgos                                   | 34        |
| 3.3 Datos socioeconómicos del productor maicero obtenido de las Prospecciones                         | 38        |
| 3.4 Análisis de Riesgos   | 40        |
| 3.5 Propuestas y Recomendaciones  | 42        |
| <b>CAPÍTULO 4 Agrobiodiversidad y Ecosistemas</b>   | <b>45</b> |
| 4.1 Propuestas de Zonificación de Agroecosistemas   | 45        |
| 4.2 Interacción genotipo - ambiente   | 47        |
| 4.3 Distribución de Razas de Maíz en el Perú  | 52        |
| 4.4 Riesgos de Conservación de agroecosistemas y razas de maíz  | 54        |
| 4.4.1 Cambio Climático  | 54        |
| 4.5 Propuestas ante riesgos identificados   | 55        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>CAPÍTULO 5 La Línea de Base de la Diversidad de Maíz Nativo</b>      | <b>58</b> |
| 5.1 La diversidad de maíz se clasifica en razas                         | 59        |
| 5.2 La primera clasificación de la Clasificación Racial                 | 60        |
| 5.3 Hacia la Segunda Aproximación                                       | 62        |
| 5.4 Las Nuevas Razas  | 64        |
| 5.5 Reclasificación de Razas  | 67        |
| 5.5.1 Razas que entran y otras que salen                                | 68        |
| 5.5.2 Variedades que no tienen la categoría de raza                     | 70        |
| 5.6 Socialización de la metodología para la línea de base del maíz      | 71        |
| 5.7 Conservación ex situ de la diversidad de maíz en el Perú            | 73        |
| 5.8 Tareas Pendientes   | 74        |
| 5.8.1 Caracterización para completar la clasificación                   | 74        |
| 5.8.2 Completar la Clasificación Racial del Maíz en el Perú             | 74        |
| 5.8.3 Actualizar el Mapa de Distribución de las Razas de Maíz del Perú  | 75        |
| 5.8.4 Colección de Semilla de las Razas Costeñas                        | 75        |
| 5.8.5 Publicación de la Segunda Aproximación de la Clasificación Racial | 75        |
| 5.8.6 Edición del Archivo de la Diversidad de Maíz en el Perú           | 75        |
| 5.8.7 Uso de los Marcadores Moleculares en la diferenciación de razas   | 75        |
| <b>CAPÍTULO 6 Propuestas para la Gestión de la Diversidad de Maíz</b>   | <b>82</b> |
| 6.1 Conceptos Previos   | 83        |
| 6.1.1 La estructura genética de las variedades nativas de maíz          | 83        |
| 6.1.2 Los Compuestos Raciales   | 84        |
| 6.1.3 El Mejoramiento Participativo                                     | 87        |
| 6.1.4 Los caracteres de valor   | 87        |
| 6.1.5 Los caracteres adaptativos  | 88        |
| 6.1.6 La producción descentralizada de semilla                          | 89        |
| 6.1.7 Los derechos del agricultor                                       | 89        |
| 6.2 Propuestas para la Gestión de la Diversidad de Maíz                 | 92        |
| 6.2.1 Gestión en la Costa y Selva                                       | 92        |
| 6.2.2 Gestión de la Diversidad del Maíz en Sierra                       | 92        |
| 6.3 Instituciones Involucradas y Alianzas                               | 96        |

## ANEXOS

Acta Reunión del 13 de julio 2017

Opiniones de Evaluadores del Informe

Mapas

## INTRODUCCIÓN

Desde la introducción de los organismos vivos modificados (OVM) al final del siglo pasado, se ha creado la necesidad de reducir el riesgo de la agrobiodiversidad del país. Hay muchas estrategias que se pueden usar para ello, algunas de las más apropiadas se discuten a continuación.

El hecho que una parte muy importante de la diversidad de los cultivos, especialmente el maíz, sea mantenida por pequeños agricultores, y que el sistema de producción que ellos practican está desapareciendo o disminuyendo obliga a diseñar estrategias más allá del simple cuidado de contaminación con un OVM.

Para salvar a la diversidad de la extinción, el cultivo de las variedades nativas debería ser más rentable que el de otras variedades mejoradas. En el caso del maíz hay experiencias propias y foráneas que la adopción del criterio racial, o sea clasificando toda la diversidad en razas, formando compuestos raciales (CR) y mejorando esos compuestos raciales es la mejor estrategia. Está demostrado que el CR puede conservar en una sola población, si es de tamaño considerable, toda la diversidad de la raza y en buen nivel o sea con alelos favorables toda la variabilidad de caracteres de valor y caracteres adaptativos.

Pero esa estrategia tiene que empezar asegurando que los CR no serán contaminados por OVM. Hay que conocer o experimentar en cada caso las distancias físicas o temporales para aislar las variedades nativas. Será imposible asegurar eso en todas las variedades nativas si después de la moratoria se decide sembrar OVM en el país; pero si es posible asegurar el aislamiento de algunos campos con los CR de cada región.

La adaptación de las razas de maíz es muy específica y como el maíz es muy sensible a los cambios ambientales se espera que será afectado por el cambio climático. Es necesario por lo tanto revisar la clasificación de ecosistemas y aprovechar esa sensibilidad del maíz a los cambios para conocer los ecosistemas más afectados y los posibles cambios que pueden ocurrir en los cultivos.

Todos los riesgos se pueden afrontar mejor si el cultivo está debidamente clasificado. Una vez clasificado se requiere gestionar con muchas instituciones y personas y en muchas instancias como aprovechas mejor la diversidad de los cultivos.

Se espera que si esas condiciones se dan se puede superar la pobreza del sector más pobre del país, el pequeño agricultor de las zonas rurales. Si eso no se logra en el corto plazo, el riesgo de pérdida de la diversidad del maíz en el Perú será incontrolable.

## Capítulo 1

### 1. LA LEY DE MORATORIA Y EL MARCO NORMATIVO ASOCIADO A LOS RECURSOS GENÉTICOS

#### 1.1. Convenios y Tratados Internacionales relacionados a Recursos Genéticos

A partir de la década de 1960 se aprecia una mayor conciencia en el mundo sobre la pérdida de la diversidad biológica, no solamente a nivel general sino en los cultivos, situación que incrementa la vulnerabilidad de estos ante plagas, enfermedades y fluctuaciones climáticas. Esta situación significó también una preocupación mundial por la conservación de la biodiversidad. En 1992, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo de la cumbre de Río, adoptó el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB, el cual fue ratificado por el Perú mediante Resolución Legislativa N° 28170 en abril de 1993). Este Convenio vincula jurídicamente a las partes a la consecución de sus tres objetivos: 1. Conservación de la diversidad biológica; 2. La utilización sostenible de su componente; y 3. Participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos. Posteriormente en el país, se han formulado estrategias regionales y nacionales para conservar la biodiversidad, en cumplimiento de este convenio.

En calidad de acuerdo suplementario del Convenio sobre Diversidad Biológica, y lo dispuesto en su artículo 16, se acordó en enero de 2000, el “Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica”<sup>2</sup>, el cual fue aprobado por el Congreso de la República, mediante Resolución Legislativa N°28170 del 13 de febrero del 2004. El objetivo del citado Protocolo es garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos. En la Resolución citada, se registra, como funciones del MINAM en materia de bioseguridad, de ser el Punto Focal Nacional del Protocolo de Cartagena, así como Punto Focal Nacional del Centro de Intercambio de Información en Seguridad de la Biotecnología.

Luego de aprobarse el Protocolo de Cartagena, en la primera reunión de la Conferencia de las Partes, del 23 al 27 de febrero de 2004, se estableció un Grupo de Trabajo especial para analizar las cuestiones, elaborar opciones y proponer normas y procedimientos sobre el tema de bioseguridad. Después de varios años de negociaciones se completó un acuerdo internacional: el

---

<sup>1</sup> Abierto para la firma de la comunidad internacional en la Cumbre de Río el 5 de junio de 1992.

<sup>2</sup> Este Acuerdo se enfoca específicamente en el movimiento transfronterizo de OVMs (Organismos Vivos Modificados), promoviendo la seguridad de la biotecnología al establecer normas y procedimientos que permitan la transferencia segura, manipulación y el uso de OVM.

Protocolo de Nagoya – Kuala Lumpur sobre Responsabilidad y Compensación Suplementario al Protocolo de Cartagena, sobre Seguridad de la Biotecnología, y fue adoptado en Nagoya el 15 de octubre de 2010, en la Quinta Reunión de las Partes, que actúa como reunión de las Partes en el Protocolo.

El objetivo del Protocolo de Nagoya – Kuala Lumpur es contribuir a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, proporcionando normas y procedimientos internacionales en la esfera de la responsabilidad y compensación en relación con los organismos vivos modificados.

Otro acuerdo importante ligado a la gestión y ordenación internacional de la diversidad biológica es el Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, aprobado el 3 de noviembre de 2001, en el 31<sup>o</sup> período de sesiones de la Conferencia de la FAO, que entró en vigencia el 29 de junio de 2004. Este Tratado, en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, tiene por objetivo la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura, como base de una agricultura sostenible y de la seguridad alimentaria.

Las estrategias regionales y nacionales formuladas sobre la base de estos acuerdos internacionales consideran, entre otras actividades, la de mejorar el conocimiento de la diversidad biológica, y el compromiso de países de conservar la diversidad biológica in situ, y ex situ. En este último caso principalmente mediante bancos de germoplasma.

#### Normatividad Peruana sobre Recursos Genéticos

Los dispositivos legales e instrumentos en los que está enmarcado este estudio son:

Resolución Legislativa N° 261181, mediante el cual el Perú suscribe el Convenio sobre la Diversidad Biológica.

Ley N° 27104, Ley de Prevención de Riesgos derivados del uso de la tecnología.

Decreto Supremo N° 108-2001-PCM, Reglamento de la Ley 27104.

Resolución Legislativa N° 28170, mediante la cual el Perú ha suscrito el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica.

Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.

Ley N° 27811, que establece el régimen de Protección de los Conocimientos Colectivos de los Pueblos Indígenas vinculados a los Recursos Biológicos.

DS N° 102-2001-PCM, que aprueba la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica.

Ley N° 28245, Ley Marco Nacional de Gestión Ambiental.

DS N° 012-2009-MINAM Política Nacional del Ambiente.

Ley N° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento sostenible de la Diversidad Biológica.

DL N° 1013 Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del MINAM.

Ley N° 29811, que establece la moratoria de ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 10 años.

DS N° 008-2012-MINAM, que aprueba el reglamento de la ley que establece la moratoria al ingreso y producción de OVM al territorio nacional por un período de 10 años.

## 1.2. La Ley de Moratoria y su Reglamento

En la década de 1990 empezaron a salir los OVM al mercado, producidos por empresas de países desarrollados. El año 1996 fue el primer año de comercialización de estos cultivos también llamados biotecnológicos”. Desde esa fecha se incrementó la preocupación de centros de investigación sobre los posibles impactos que tiene la aplicación de esta tecnología, en la salud humana y la biodiversidad. En todo este período se han realizado diversidad de estudios y análisis sobre el tema. Por la complejidad de estos estudios, es importante que se basen en principios y pruebas científicas e información objetiva, que sustente debidamente las políticas y acciones que se ejecuten, en especial en la agricultura de nuestros países.

La International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA) creada en 1996 con sedes en Manila (Filipinas), Cornell University (EEUU), y Nairobi, es una institución que proporciona información y conocimiento a la comunidad científica sobre los OVM con la finalidad de facilitar una discusión más informada y transparente sobre su potencial en contribuir a mejorar la alimentación de la población, y a una agricultura más sustentable. La citada institución recomienda no perder de vista los beneficios de los OVM y cita también algunos hechos sobre cómo se ha incrementado la aplicación de esta tecnología en el mundo: en el 2016 se registra 185.1 millones de ha sembradas con OVM, en 26 países, por 18 millones de agricultores, es la tecnología de cultivo más rápidamente adoptada en los últimos tiempos, de las 185.1 millones de hectáreas, el 54% corresponde a los países en desarrollo y 46% a los países desarrollados, que corresponde a 19 países en desarrollo y

7 países desarrollados. El hectareaje (OVM) se ha incrementado 110 veces desde 1996 al 2016, siendo soya el 50% de los cultivos OVM, maíz el 33%, Algodón el 12%, Canola 5%, y otros 1%.

Asimismo la ISAAA informa<sup>3</sup> que desde 1994 al 2016, se han aprobado 3,768 permisos para cultivo de OVM en 40 países. Como beneficios del uso de OVM menciona: a) el incremento de productividad de los cultivos de 167.8 billones de dólares del ingreso agrícola global de 1996 al 2015. b) Conservar la biodiversidad, por preservar del cultivo (ploughing and cultivation) a 174 millones de hectáreas, c) Proporcionar un mejor ambiente al reducir el uso de pesticidas a un 19%, reducir las emisiones de CO2 en 26.7 billones de kilogramos el 2015 (equivalente a sacar de la circulación a 12 millones de autos por un año).

Las normas que el país emite y emitirá en el futuro con respecto a los OVM considerarán tanto los potenciales beneficios, como los riesgos que pueden identificarse. Y existe el principio precautorio en este caso. Ya en 1996, el Perú ya había suscrito el CDB, y la preocupación fue la de prevenir sobre los riesgos que se identificaban podían afectar la diversidad biológica, en este caso contaminar las razas nativas de maíz.

A fines de esa década, en mayo de 1999, se emitió la Ley N° 27104, Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología. El Reglamento de esta Ley se emitió en octubre de 2002, en el cual se establece que antes de tomar una decisión respecto al uso de un determinado transgénico, éste debe pasar por una evaluación de riesgos, caso por caso. Dos años después el Perú ratificó el Protocolo de Cartagena sobre Bioseguridad.

Posteriormente, la discusión en los grupos de trabajo, tanto del Ministerio de Agricultura como de la Presidencia de Consejo de Ministros, señaló la falta de procedimientos para la evaluación de riesgos, para lo cual debería contarse con una línea de base de la biodiversidad potencialmente afectada por los transgénicos, especialmente de aquellas especies que el Perú es centro de origen (papa, algodón, tomate, etc.) y de diversificación, como el maíz.

En los años subsiguientes va tomando fuerza la necesidad de un plazo para contar con esta línea de base de la biodiversidad, que se concretó con la emisión de la Ley N° 29811, que establece la moratoria de ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 10 años. Como finalidad de la Ley se considera: a) fortalecer las capacidades nacionales, b) desarrollar la infraestructura y c) generar las líneas de base respecto de la biodiversidad nativa, que permita una adecuada evaluación de las actividades de liberación al ambiente de OVM.

Esta finalidad se define en el Artículo 2° del Reglamento de la citada Ley, que indica que su finalidad es la de impedir el ingreso, producción y liberación de los OVM contemplados en la Ley, así como fortalecer las capacidades

---

<sup>3</sup> Ver página web de la institución en: <http://www.isaaa.org/>

nacionales, desarrollar la infraestructura y generar las líneas de base, que permitan una adecuada evaluación, prevención y gestión de los impactos potenciales sobre la biodiversidad nativa de la liberación al ambiente de OVM.

Se espera que el presente estudio se constituya en un documento técnico científico de la línea de base de la diversidad genética del maíz peruano, que responda a los lineamientos de contenido de la Ley de Moratoria y a su potencial utilización en los análisis de riesgo ante las futuras solicitudes de liberación al ambiente de cultivares o híbridos comerciales de maíz con fines de cultivo.

Cabe destacar que las normas ambientales son transversales y de obligatorio cumplimiento por todos los sectores y niveles de gobierno: nacional, regional y local, lo que sustenta y/o facilita la ejecución de programas de alcance nacional con responsabilidades claras en todas las instituciones del país, respecto a la necesidad de conservar la diversidad del maíz nativo.

## Referencias

Los dispositivos legales mencionados. En: <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/>

ISAAA 2016 *Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops; 2016 Executive Summary*; 2016, /ISAAA Brief N° 52. ISAAA Ithaca, NY, -, The International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA), 2016

## Capítulo 2

### 2. DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ

#### 2.1. Origen y Diversificación

Evidencias arqueológicas de la diversificación del maíz en el Perú, confirman que hace aproximadamente 7,000 años, ya se cultivaban varias razas de maíz en el Perú en el Valle de Chicama (Grobman et al 2012), confirmando los descubrimientos de Los Gavilanes, en la provincia de Huarvey en la costa norte del Perú, que le permitió al autor principal del descubrimiento de Chicama, describir la diversidad del maíz representada por tres razas: Proto Confite Morocho, Confite Chavinenese y Kculli aproximadamente hace 4,000 años (Grobman 1982; Bonavia, 2008). Después la diversificación se aceleró por la diversidad ecológica del territorio peruano y por la forma de consumo. A diferencia de países vecinos donde se consume maíz como harinas para hacer tortillas o arepas, en la región andina el maíz se consume directamente sin mayor transformación.

Posiblemente el maíz se originó en el Suroeste de México aproximadamente hace 8,000 a 9,000 años, pero llegó al Perú muy temprano. El análisis de polen y fitolitos indican la presencia de maíz en México, en la región central de la cuenca del río Balsas, hace 8,700 años (Pipermo et al, 2009), citado por Ortega et al, 2011. Según Bonavia (2008), en el Perú se encuentran restos arqueológicos que en antigüedad pueden compararse al maíz arqueológico de México. Sin embargo, su importancia en la alimentación no parece haber sido considerable porque recién a partir del inicio de la era cristiana aparece abundantemente en casi todos los sitios arqueológicos. Bird and Bird en 1980 objetaron la presencia en el Perú de maíz pre-cerámico, situación que fue discutida por Bonavia y Grobman en 1989 con muchas pruebas arqueológicas. La poca frecuencia de maíz encontrada antes del periodo formativo se debe posiblemente a que en el Perú la dieta era más variada. El tema del origen del maíz siempre fue muy discutible. Hace casi 50 años que el Dr Walton Galinat, en un brillante artículo, concluyó que no era posible tomar partido por ninguna hipótesis (Galinat, 1971). La antigüedad arqueológica no puede ser una prueba decisiva porque en el desierto se conservan mejor los restos antiguos, por lo tanto las evidencias de la costa peruana son muy importantes para probar la evolución del maíz en Sudamérica y su categoría de pre-cerámica, no para definir el origen. En todo caso, la mayor diversidad no siempre la tiene la especie en su sitio de origen, porque hay otros factores que son típicos de la región andina, como su diversidad ecológica, la existencia de culturas muy antiguas, la forma de seleccionar y usar los alimentos.

La región andina es posiblemente la región con la mayor diversidad de razas en el mundo. Según Goodman y Brown (1988), en América hay 260 razas, el 90 % de todas las razas de maíz cultivadas en el mundo; 131 razas son de la Región Andina (Sánchez et al, 2006). Sin embargo, la mayor diversidad racial no expresa mayor diversidad genética. La mayor variación morfológica en la

mazorca y grano en la región Andina se ha generado principalmente por selección humana y variación ecológica. Estudios de iso-enzimas (Dobley et al, 1985; Sánchez et al, 2006) y marcadores moleculares, indican mayor variación en Mesoamérica que en los Andes. Las evidencias mostradas en las citas anteriores son una evidencia de una mayor diversidad genética en Mesoamérica que en el área andina, de la que Goodman y Stuber (1983) concluyen que en general las razas son más bien relacionadas entre ellas a pesar de su evidente diferenciación morfológica. Hay evidencias moleculares pero todavía no se citan porque en opinión del autor de este informe se requiere más datos comparativos de muestras representativas.

La notable diversificación en términos fenotípicos de mazorca y grano fue paralela a la diversificación en caracteres adaptativos. La evolución es un proceso genético. Los individuos cuyos cambios evolutivos son más favorables producen más descendencia y así van modificando la frecuencia de genes de las poblaciones hasta distinguirse de otras poblaciones de la misma especie. En ese mismo proceso esas poblaciones ya distinguibles entre ellas se cruzan, generando progenies que aprovechan la combinación de genes de distintos progenitores para formar poblaciones nuevas. Eso crea mucha variabilidad de los caracteres útiles que los humanos utilizan para generar otras poblaciones. Una vez que esas poblaciones adquieren caracteres que las diferencian de otras y que agricultores y consumidores las reconocen como distintas, adquieren categoría de razas.

Las razas nativas dependen de su adaptación a las condiciones donde desarrollaron sus caracteres distintivos para producir bien. La adaptación específica es el último eslabón de la evolución en las razas nativas. Muy importante en el Perú, donde la agricultura se desarrolla en los ecosistemas más limitantes y difíciles para la agricultura: desiertos, altas montañas y selvas tropicales. Las dificultades en adaptarse de algunas razas, indican que todavía continúa el proceso de evolución. Los caracteres adaptativos como resistencia a enfermedades, plagas y tolerancia a factores abióticos, como sequía y adaptación a baja fertilidad de los suelos, no se encuentran con facilidad en el área andina. Posiblemente los genes responsables estén en baja frecuencia. Más efectivo ha sido buscar esos caracteres en razas de maíces foráneos. Hay casos concretos en el país del uso de razas mexicanas para inducir resistencia a virus (Catacora, 1987), y enfermedades de hoja (Villega y Sevilla, 1977) y de países de zonas templadas del hemisferio norte para inducir tolerancia al frío en los primeros estados de desarrollo de la planta de maíz (Sevilla, 1995).

En el Perú, la adaptación al medio es fundamental. En otros países, los híbridos transgénicos han sido fácilmente adoptados porque resolvían un problema principal como el control de insectos o el de malezas en áreas muy grandes, casos de los países del Sur de Sudamérica, incluyendo a Bolivia, mientras los híbridos se adaptaban con facilidad porque desarrollaban en condiciones sin mayores limitaciones ambientales y tecnológicas. Cuando termine la moratoria será imprescindible la adopción de un protocolo exigente para probar la adaptación en Costa y Selva.

## 2.2. Taxonomía

El maíz pertenece a la familia de las Poaceas, orden de las Graminales, clase Monocotiledoneas. Los géneros *Tripsacum* y *Zea* forman la subtribu Andropogoneae. *Tripsacum* tiene 14 especies perennes; en el Perú hay dos especies de *Tripsacum*: *Tripsacum australe* y *Tripsacum peruvianum*.

El teosinte se divide en dos secciones: La sección Luxuriantes que son *Diploperennis*, *Perennis* y *Luxurians*; y la sección *Zea* que son *Mays ssp. Mexicana* y *Mays ssp parviglumis* (Duebley, 1983).

El maíz pertenece también a la sección *Zea*: *Zea mays L. ssp. Mays*.

## 2.3. Diversidad Genética y Razas

### 2.3.1. Razas de Maíz

La diversidad genética del maíz se divide en razas. Todas las variedades nativas que existen en un país o región se agrupan en razas. La ventaja de la clasificación racial es que la clasificación es cerrada, es decir primero se conoce toda la diversidad y después toda la diversidad se divide en razas. Puede haber miles de variedades nativas; muchas variedades pueden pertenecer a una sola raza. Pequeñas variaciones distinguen a las variedades, a veces la diferencia en un solo alelo de un gen distingue a las variedades de una sola raza. Muchos caracteres diferencian a las razas. Teóricamente todas las variedades nativas pertenecen a alguna de las razas descritas.

En el Perú no existen especies silvestres relacionadas que puedan intercambiar sus genes con las razas nativas. En Meso América, se encuentran los teosintle que ahora Doebley los ha clasificado como subespecies del Maíz que es *Zea mays ssp mays*. Las sub especies relacionadas del maíz de la sección *Zea* son, *Zea mays ssp parviglumis* y *Zea mays ssp mexicana*, ambos son teosinte. Además la otra sección incluye a *Zea diploperennis*, *Zea perennis* y *Zea luxurians*. Todas esas especies se cruzan entre sí sin más limitaciones que su nivel de ploidía. En el Perú hay también dos especies de *Tripsacum*. Sin embargo el *Tripsacum* es del pool genético secundario del maíz porque no se cruza con facilidad, solo en condiciones controladas de laboratorio (Mangelsdorf, 1974). Como no hay en el Perú especies relacionadas que se puedan cruzar libremente con el maíz, se considera que toda la diversidad del maíz se clasifica en razas.

Son parte también de la diversidad las variedades mejoradas e híbridos nacionales y foráneos. Las regiones donde se introdujeron híbridos y variedades mejoradas diferentes de las razas nativas son, la costa y la selva. Variedades introducidas se adaptaron en diferentes regiones de costa y selva y se cultivan regularmente hasta ser consideradas razas peruanas (Grobman et al, 1961). Es el caso por ejemplo de la raza Arizona proveniente de México

o el sur de los Estados Unidos, de la raza Chuncho, relacionada al Tuxpeño mexicano y ahora adaptada como una raza peruana en las selvas de Cusco y Apurímac. Otra raza peruana derivada del Tuxpeño es Alemán que posiblemente vino con los inmigrantes a finales del siglo XIX o comienzos del XX.

Introducciones más recientes que se están difundiendo como nuevas razas son el Opaco Huascarán y Marginal 28 Tropical, ambas variedades mejoradas seleccionadas por adaptación en el Perú formadas con germoplasma proveniente del CIMMYT.

En el capítulo 5 se presenta la segunda aproximación de la clasificación racial en el Perú. La primera se presentó en la publicación de Grobman et al en 1961.

#### 2.4. Maíz: biología reproductiva

Biología reproductiva.- El maíz es una típica planta monoica porque las flores femeninas están separadas de las flores masculinas. La inflorescencia masculina es una panoja o estructura compuestas de varias espigas. Las flores femeninas se desarrollan en una estructura especial denominada mazorca. Las flores masculinas del maíz, así como las femeninas se encuentran unidas en espiguillas que es la unidad de estructura. En la panoja, un miembro del par es pedicelada y la otra no. Cada espiguilla contiene dos flores y las dos son funcionales. Los lodículos que se hinchan en la época de floración, empujan la lemma, una de las envolturas de la flor y permiten la salida de los estambres. La espiguilla pistilada tiene los mismos elementos que la estaminada pero la lemma y palea son muy rudimentarias; también la gluma, pero por lo menos ésta se nota; constituye la parte superficial de la coronta o marlo. Si se eliminan las glumas, el marlo se convierte en el raquis (Kiesselback, 1949).

La espiguilla pistilada está formada por dos flores de las cuales solo la superior es funcional. Los pares de espiguillas se ordenen en pares en el raquis de la mazorca. Cada espiguilla está unida al raquis por un pedicelo muy corto denominado raquilla. Como cada espiguilla da lugar a un grano y las espiguillas se originan por pares, el número de granos de la mazorca siempre es par. La gluma envuelve la base del grano; cuando una mazorca se desgrana queda pegado al raquis un tejido fino como de papelillo que son las glumas que le dan el color característico a los marlos o corontas.

Los gametos se forman en el esporofito o planta adulta en dos partes diferentes. La gametogénesis masculina o microsporogénesis se desarrolla en los estambres, generándose primeros cuatro microsporas haploides o sea con el número reducido de cromosomas. Cada microspora encierra las dos células espermáticas del grano de polen. La gametogénesis femenina o macrosporogénesis da lugar a cuatro magasporas, solo una de ellas da lugar al saco embrionario donde está el embrión junto a siete otros núcleos. Dos de

esos núcleos se unen en el núcleo de fusión, con el doble del número cromosómico. Este hecho es muy importante porque a través de la doble fertilización, uno de los núcleos espermáticos del grano de polen se une con el óvulo para formar el embrión con  $2n$  cromosomas y el otro núcleo espermático se une con el núcleo de fusión para formar el endospermo con  $3n$  cromosomas.

Para entender los efectos de la contaminación con polen extraño se muestra en la figura 1 el ciclo de vida de una planta de maíz. En un tejido de la planta o esporofito se forman los microsporocitos diploides ( $2n$ ) que a través de un proceso meiótico produce cuatro microsporas haploides ( $n$ ). Una de ellas forma el grano de polen que tiene tres núcleos, uno de ellos que no tiene una función sexual va con el tubo polínico que penetra en el estilo y entra en el óvulo del ovario. En el maíz el tubo polínico puede penetrar a lo largo del estilo (las barbas del maíz) por lo que es un verdadero estigma. Los dos otros núcleos del grano de polen son los verdaderos gametos. Uno de ellos se une a la célula huevo en el óvulo para formar el embrión. El otro núcleo sexual se une a los dos núcleos que se han unido en el saco embrionario para formar el endospermo que es triploide ( $3n$ ).

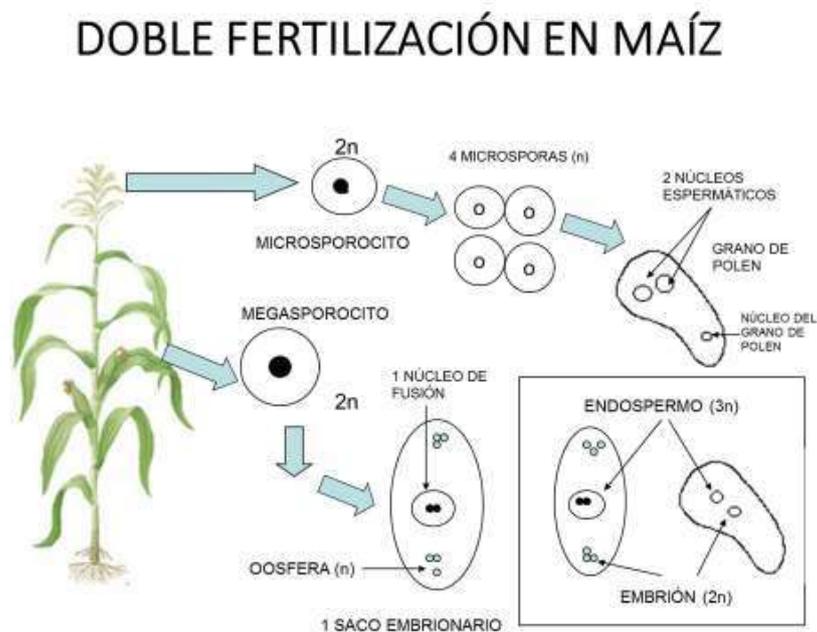
La parte económicamente más importante de una planta de maíz es el grano; es lo que se consume. El grano es apreciado por el endospermo que contiene los carbohidratos y algo de proteína. El endospermo es un tejido  $3n$  porque se deriva de la fertilización de un núcleo espermático con el núcleo de fusión. En general todos los caracteres de una planta, excepto el endospermo y la aleurona que es la capa externa del endospermo tienen  $2n$  cromosomas, o sea dos alelos de un gen que gobierna a un carácter. Un heterocigoto que tiene un alelo dominante y un alelo recesivo expresa la característica del dominante.

En el endospermo a veces el polen que aporta nada más que un alelo, es el que se expresa, fenómeno que recibe el nombre de Xenia. Es tan simple la herencia que se usa para detectar contaminantes. Así por ejemplo, si una planta de una raza de maíz de granos blancos, recibe polen de un híbrido de grano amarillo, la cosecha de la mazorca de esa planta tendrá algunos granos amarillos. Fácilmente entonces se puede detectar una contaminación de un maíz híbrido en una raza de granos blancos. Aun cuando la xenia no exista, la progenie de una planta que ha sido contaminada por una planta de otra raza o variedad, segrega los alelos de la planta contaminante. Ese fenómeno será descrito en detalle en el siguiente acápite no solo para entender la cruzabilidad; también por su implicancia en la herencia de caracteres tan importantes como color, y muchos otros de naturaleza bioquímica.

También para entender mejor el riesgo de la cruzabilidad citaremos a Bassetti y Westgate (1993), quienes estudiaron la senescencia y receptividad de los pistilos o pelos del maíz. Ellos polinizaron a mano plantas de maíz en un invernadero apenas emergieron los estigmas en la punta de las brácteas de la mazorca y los días siguientes hasta el día 14 después de la emergencia. Después del séptimo día, en las primeras 24 a 36 horas de senescencia, el polen germinó y el tubo polínico creció normalmente, pero cuando empezaron

a colapsar los estigmas basales el crecimiento del tubo se restringió y falló la fertilización. O sea la senescencia de los pistilos es la causa de la falla en la polinización. Hay relativamente pocos días en que la inflorescencia femenina está disponible. Sin embargo la experiencia propia indica que eso no disminuye el riesgo, quizás en híbridos, pero no en variedades heterogéneas como las razas y variedades nativas que aproximadamente durante un mes van a tener plantas floreado en el momento oportuno para que polen propio o extraño fertilice pistilos senescentes de la variedad receptora.

**Figura 1.1 Ciclo de vida de una planta de maíz.**



La planta que es el esporofito produce macrosporocitos ( $2n$ ), macrosporas en la meiosis y de una de ellas, el saco embrionario con la oosfera ( $n$ ) y el núcleo de fusión ( $2n$ ). En la panoja se produce el microsporocito ( $2n$ ), la microspora ( $n$ ) y de una de ellas, el grano de polen con dos núcleos espermáticos ( $n$ ). Uno fertiliza el óvulo u oosfera y el otro fertiliza el núcleo de fusión.

#### 2.4.1. Cruzabilidad

Por la importancia económica que tiene el grano, se presentan a continuación varios ejemplos de la herencia de caracteres de textura y color de grano (Neuffer et al, 1968; Sevilla, 1991) que se han usado para demostrar la cruzabilidad en maíz o sea la proporción de granos que se originan de polinización cruzada.

En un organismo diploide como el maíz, la herencia de la textura del grano depende de dos alelos *Fl* y *fl*; *Fl* (Flint o duro) domina a *fl* (floury o harinoso). En este caso no hay xenia, es decir que el endospermo que tiene tres alelos, será flint o duro solo si es *Fl / Fl / fl*; si es *Fl / fl / fl* es harinoso. Se dice en esos casos que hay un efecto de dosis: será duro o harinoso si tiene dos (*Fl/ fl /fl*) o tres (*fl/ fl/ fl*) de los alelos responsables. Si el polen de un maíz amarillo duro MAD cae en una variedad nativa que tiene granos harinosos, el grano en la planta receptora no cambia su textura. Cuando hay xenia la situación es diferente como veremos a continuación.

La presencia en el grano de endospermo dulce, como en el caso del Chullpi se debe a la presencia del gen *su* en tres dosis (*su/su/su*). Si una planta de la raza Chulpi recibe polen de MAD o cualquier variedad no dulce, el grano que se forma con ese polen será *Su/su/su* y el fenotipo será no dulce o normal. Si un campo de la raza Chullpi recibe polen de una variedad de una raza diferente, las contaminaciones son fáciles de detectar y hasta se pueden contar y expresar el porcentaje de granos contaminados.

El método convencional de detectar granos contaminados empieza definiendo bien la fuente de polen y la variedad receptora, siendo la fuente un MAD y el receptor una variedad de granos blancos. El gen *Y* dominante es responsable del color amarillo del endospermo; el color blanco es el alelo *y*. Una variedad de maíz tiene granos blancos de genotipo *yyy* y de fenotipo blanco. Si esa variedad recibe polen de una variedad de granos amarillos, el grano en la variedad receptora se convierte a amarillo porque su genotipo es *Yyy*, o sea un solo alelo muestra su dominancia sobre los otros dos recesivos, es un típico caso de xenia. Ese es el método tradicional de detectar granos generados de polinización cruzada con otra variedad. Por extensión se usa el método para detectar en campo contaminación con un OVM de maíz, porque hasta ahora todos los híbridos OVM son amarillos.

Si una variedad de grano blanco está rodeado por híbridos de grano amarillo duro que también son OVM, los granos amarillos en las mazorcas de la variedad blanca son síntomas de la contaminación. Sin embargo no todos los granos amarillos son OVM, porque el transgén es generalmente heterocigota o sea solo la mitad de los núcleos espermáticos son OVM y por lo tanto solo la mitad de los granos son contaminados por el OVM.

En los maíces amiláceos no se expresa bien el color amarillo del endospermo. Si por ejemplo un OVM contamina una variedad nativa, la contaminación se apreciará porque el grano cambia el color de endospermo, de blanco que es el color típico del endospermo de maíz amiláceo, a amarillo, pero con baja expresividad. La textura del endospermo en la variedad nativa no cambia, sigue siendo harinoso y en endospermo harinoso no se expresa bien el color amarillo.

La aleurona es la capa superficial del endospermo, por lo tanto sus células son también  $3n$ . En un MAD por ejemplo, o en una raza de maíz usada para choclo donde todos los granos son blancos, el color de la aleurona no se nota porque

es transparente. A veces aparecen unos pocos granos en algunas mazorcas, de color morado. Esos granos excepcionales son generados por contaminación de polen extraño, siendo la fuente una variedad de granos morados por color de aleurona, no por color de pericarpio (que es más bien negro) y marlo que es característico de la raza Kculli del Perú. La herencia del color de la aleurona del grano es muy compleja porque varios genes en diferente cromosoma se complementan para producir el color.

Supongamos que el color morado de la aleurona se debe a la presencia del alelo *C* y su alelo recesivo *c* es responsable de aleurona incolora. Un grano morado puede ser *CCC*, *CCc* o *Ccc*. Note que un solo alelo hace a la aleurona morada, o sea es un caso de xenia. Ese sistema se usó en México para estimar el flujo de genes en maíz (Luna et al 2001, citado por Halsey et al, 2005). En la herencia del color morado en la aleurona sí hay xenia; no hay xenia en la herencia de la textura dura/harinosa. Es posible, como se hizo en Francia (Klein, et al 2003) usar una variedad de maíz morado como fuente de polen y cruzar a un híbrido amarillo duro. Los granos del híbrido serán morados y de textura dura.

#### 2.4.2 Distinción entre cruzas y mezclas

Es conveniente distinguir entre cruzas y mezclas. En un sistema de producción tan complejo como el de las regiones más tradicionales y diversas del Perú, es imposible eliminar la cruzabilidad que el mismo agricultor promueve. La única posibilidad es aislar las poblaciones de maíz y capacitar a los productores para adoptar prácticas que eviten las contaminaciones. Eso es imposible generalizarlo. Lo que sí se puede hacer es conservar completamente aislada a una población que contenga la mayor diversidad del maíz en una región. Mientras tanto podemos distinguir cruzas de mezclas, tomando en cuenta que:

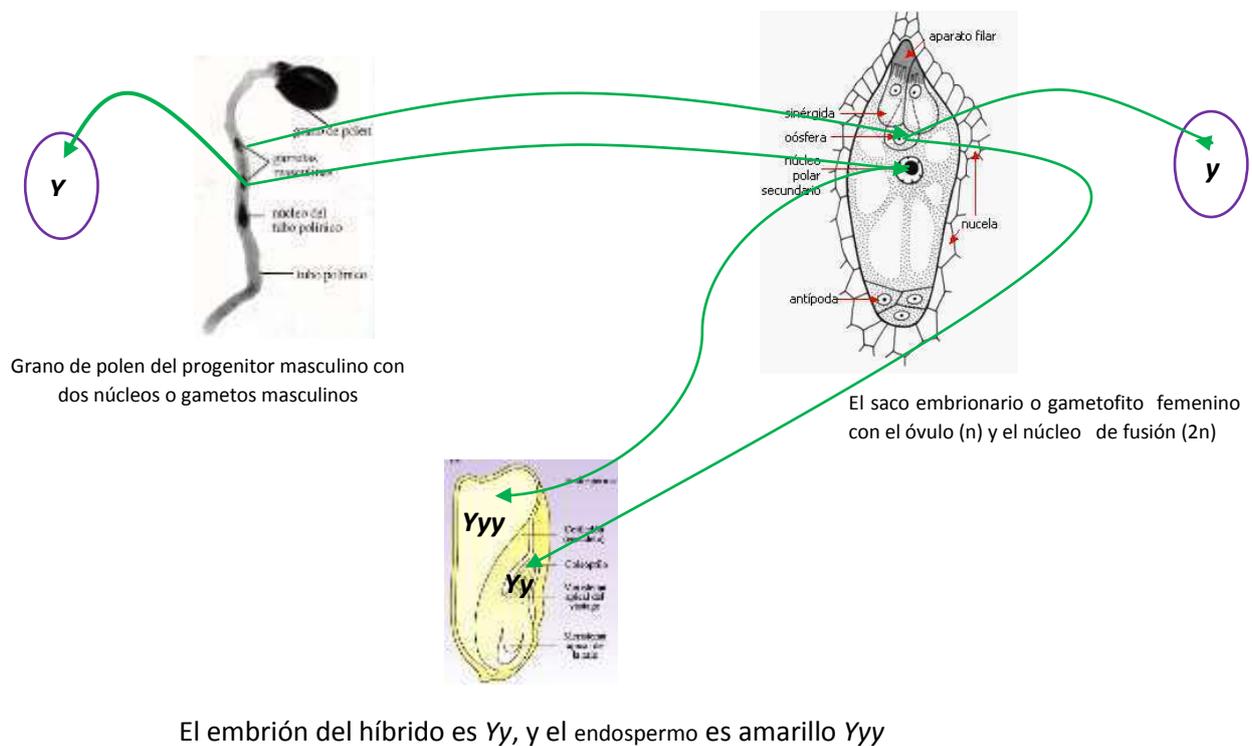
1 El color del pericarpio no segrega en la mazorca. El color de la aleurona y del endospermo sí segregan en la mazorca. Si una mazorca tiene todos los granos del mismo color, lo más probable es que el color sea del pericarpio. También puede ser de la aleurona o del endospermo si los granos de una misma mazorca son homocigotas para el color de esos dos tejidos. Por ejemplo los maíces híbridos son todos homocigotas para endospermo de color amarillo, o sea de genotipo *YYY*. El maíz amarillo duro tiene pericarpio y aleurona incolora, lo que se ve entonces es el color del endospermo. El color negro del grano de la raza Kculli es color de pericarpio y no segrega en la mazorca. No hay mazorcas de maíz Morado con granos de diferente color; toda la mazorca tiene o todos granos negros, o todos los granos rojos de la mismo matiz. Los genes responsables del color de grano son responsables también del color del marlo o coronta.

En el gráfico 1 se presenta dos casos de doble fertilización: 1a) Xenia: planta con granos de endospermo de color amarillo polinizando planta con granos blancos. 1b) Xenia: planta con granos de aleurona de color morado polinizando planta con granos blancos.

### Diagrama 1a

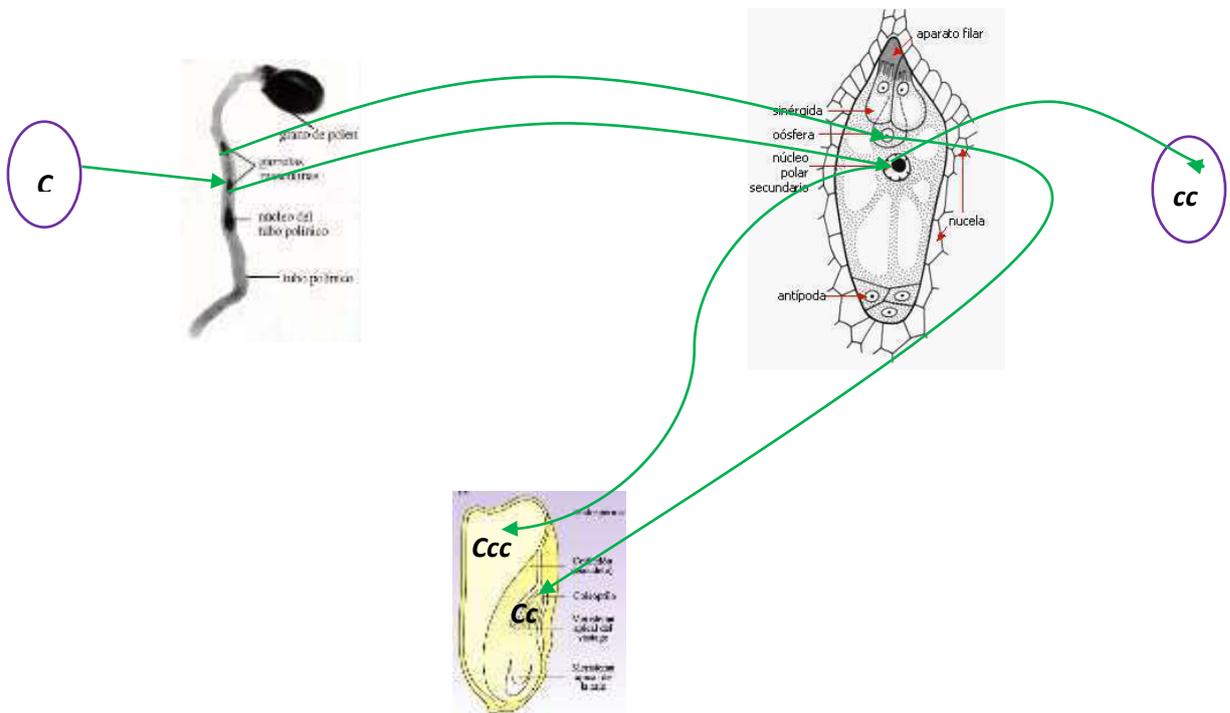
DOBLE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ: Polen de una planta de grano amarillo YY cuyo endospermo es amarillo YYY produce polen con dos núcleos o gametos. Uno fertiliza el ovulo para producir un híbrido Yy ; y el otro fertiliza el núcleo de fusión del saco embrionario que tiene 2n cromosomas para producir el endospermo amarillo porque el alelo Y del gameto masculino ejerce la dominancia a dos de los alelos y que es el recesivo. Cuando un alelo del progenitor masculino domina a dos alelos del progenitor femenino se produce la xenia.

Gráfico 1 Casos de doble fertilización y xenia en maíz



### Diagrama 1b

DOBLE FERTILIZACIÓN EN MAÍZ: Polen de una planta de grano morado CC cuya aleurona es morada CCC produce polen con dos núcleos o gametos. Uno fertiliza el ovulo para producir un híbrido Cc ; y el otro fertiliza el núcleo de fusión del saco embrionario que tiene 2n cromosomas para producir la aleurona morada porque el alelo C del gameto masculino ejerce la dominancia a dos de los alelos c que es el recesivo.



El embrión del híbrido es Cc y la aleurona es morada Ccc

2 Todos los caracteres de la aleurona o del endospermo segregan en la mazorca. Se puede encontrar mazorcas con granos morados o rojos en una mazorca que tiene granos amarillos por ejemplo. Eso es color de aleurona: el alelo *Pr* es aleurona morada dominante al alelo *pr*, aleurona roja, *Pr* es dominante y xenia (porque aleurona es tejido  $3n$ ) sobre *pr*. También la textura puede segregarse en una mazorca. Por ejemplo el alelo *O2* responsable del grano normal es dominante y xenia del alelo *o2* responsable de grano opaco que tiene alta calidad proteica. La xenia expresada en los alelos de ese gen es responsable del fracaso de esa tecnología que se esperaba en una época iba a solucionar el problema de la desnutrición en las poblaciones rurales del mundo entero.

El polen normal cuando fertiliza las flores de las plantas de las variedades homocigotas *o2/o2* genera granos con endospermo *O2/o2/o2* que son normales. Lo mismo ocurre cuando plantas de granos normales (*Su/Su*) polinizan a plantas de la raza Chullpi (*su/su/su*). Los granos contaminados son *Su/su/su* que son normales. La consecuencia económica de esa pérdida es evidente.

3 Cuando se nota en una muestra de mazorcas de una variedad del agricultor que segregan mazorcas de diferente color, por ejemplo, mazorcas amarillas (todos los granos de la mazorca son amarillos) y mazorcas rojas, puede ser que esa muestra sea progenie de una cruce entre una variedad de granos amarillos, como el Amarillo de Áncash, por una variedad de granos rojos, como Rojo Huarotambo, ambas variedades de la raza Ancashino. Si la cruce es de diferentes razas, en la segregación se verá muchos caracteres segregando, por ejemplo, el color del pericarpio, del endospermo, la forma de la mazorca, la longitud de la mazorca, el número de hileras. Si se conocen las razas, las cruces entre razas, o dentro de razas, se aprecian claramente.

4 Las mezclas, también son muy frecuentes, sobre todo en la sierra del país. Son fáciles de reconocer, conociendo o no las razas. Simplemente se ve en una muestra de mazorcas, que son diferentes en varios caracteres.

5 Mezclas y cruces son parte de la diversidad pero no son cuantificables; es la diversidad en arreglos diferentes.

Recientemente Dávalos (2017) mostró (ver Cuadro 1) la siguiente composición racial de la cosecha de 332 accesiones del banco de germoplasma de maíz que se sembraron juntas en la Selva para clasificarlas

**Cuadro 1.1- Razas de la selva peruana, mezclas de razas (M), cruza entre razas (X) y razas similares (S) o parecidas a las razas existentes, identificadas observando la mazorca en un campo de Satipo cosechado en 2014.**

| Raza, M, X ó S                | Nº         | %          |
|-------------------------------|------------|------------|
| Cubano Amarillo               | 155        | 46.69      |
| Piricinco                     | 67         | 20.18      |
| Piricinco (X)                 | 31         | 9.3        |
| Cubano Amarillo (X)           | 25         | 7.53       |
| Piricinco X Cubano Amarillo   | 10         | 3.01       |
| Perilla (X)                   | 8          | 2.41       |
| Shajatu (X)                   | 5          | 1.51       |
| Chuncho (S)                   | 4          | 1.20       |
| Tusón (S)                     | 4          | 1.20       |
| Cubano Amarillo (M)           | 3          | 0.90       |
| Cubano Amarillo (S)           | 3          | 0.90       |
| Morocho (S)                   | 3          | 0.90       |
| Cubano Amarillo (M) Piricinco | 2          | 0.60       |
| Sabanero (S)                  | 2          | 0.60       |
| Perilla (S)                   | 2          | 0.60       |
| Alemán (X)                    | 2          | 0.60       |
| Cubano Amarillo X Alemán      | 1          | 0.30       |
| Perilla X Piricinco           | 1          | 0.30       |
| Chuncho                       | 1          | 0.30       |
| Alemán (S)                    | 1          | 0.30       |
| Morocho (S)                   | 1          | 0.30       |
| Tuxpeño (S)                   | 1          | 0.30       |
| <b>TOTAL</b>                  | <b>332</b> | <b>100</b> |

Fuente: elaboración propia

Cubano Amarillo y Piricinco son dos razas simpátricas (se cultivan juntas en el mismo ecosistema). Casi 67% de las accesiones o muestras de semilla de agricultores corresponden a razas definidas. El resto, aproximadamente la tercera parte son cruza, mezclas o muestras similares que posiblemente son segregantes de cruza que se parecen a alguno de sus progenitores, pero ya perdieron sus características raciales.

#### 2.4.2. Dispersión de semillas

El hecho de que las semillas estén juntas en la mazorca hace que las semillas se dispersen menos que en otras especies, por medios físicos. Pero el factor humano es fundamental porque intercambia frecuentemente con otros agricultores. El flujo de semillas ha sido tratado en varias ocasiones, por PRATEC (Valladolid, comunicación personal). El informe del INIA de la ejecución del proyecto Conservación in situ de los cultivos nativos y sus parientes silvestres desarrollado en el Perú (Medina et al, 2007) abunda en ejemplos de la importancia del intercambio de semillas por los agricultores. Otros proyectos alrededor del mundo (Hodgkin et al, 2011), han documentado experiencias en muchos continentes, incluyendo el Perú (Collado, 2005). En general, todos los casos en el Perú evidencian la tendencia de los agricultores de probar semilla de otras regiones sin mayores restricciones. Sin embargo en el caso de maíz esa tendencia está limitada por la adaptación específica de las razas. La experiencia fácilmente comprobada, es que las razas se comportan mejor en sus lugares de origen y adaptación, aunque a veces por razones económicas se fuerza la adaptación de razas como el Cuzco Gigante, creando situaciones que no son sostenibles a mediano plazo.

El intercambio de semilla dentro de la comunidad es una costumbre generalizada en la sierra del Perú. Aun con un alto nivel de migración, los agricultores reconocen las razas y seleccionan los tipos raciales para producir su propia semilla y especializar su consumo, o por exigencias del mercado. También en la Selva la costumbre de intercambiar semillas es generalizada. Según Riesco (2002), entre el 75 al 100 % de semilla de la comunidad del Valle de Aguaytía se intercambió dentro de la comunidad y el 13.5% se intercambió con otras comunidades. Sin embargo hay diferencias entre comunidades. Según Collado y colaboradores (2002), las comunidades Ashaninkas tienen una mayor predisposición para conservar in situ variedades locales, que los Shipivo-Conibo por ejemplo. Ese nivel de intercambio de semillas tan alto, es un mecanismo inconsciente para controlar la erosión genética que se deriva del uso del tamaño pequeño de la población y consecuentemente del tamaño efectivo de progenitores (Hodgkin et al, 2011). La erosión genética es básicamente la disminución de la frecuencia de alelos y la pérdida de alelos de la población. En otros países donde la agricultura de pequeños propietarios es parecida a la del Perú la situación es similar. Gómez (2002), describe los sistemas de intercambio de semilla en una comunidad maya de Yucatán, México. Se siembran en esa región 22 variedades de maíz; el 82% son criollos o nativos, el 15% mejorados y el 3% acriollados (cruzas de mejorado por criollo). Los agricultores conservan sus variedades criollas a través del tiempo. La semilla de sus variedades se consiguió de diferente forma, “compra, intercambio, regalo, préstamo y apropiación (robo)”. El intercambio se da principalmente como en el caso del Perú, dentro de la comunidad. En zonas de agricultores independientes como en los valles de la sierra del Perú, Sevilla et al informaron en 1976 (la situación no parece haber cambiado actualmente) que en seis departamentos de la Sierra se utilizaba semilla propia entre 74 a

90%; en Junín (74%); se intercambiaba la semilla con otros agricultores, el 2.9 % en la sierra de La Libertad, el 14.5% en Junín. Solo en Junín se compraba semilla a particulares (4.3%).

#### 2.4.4 Flujo de genes

El flujo de genes es muy intenso en una agricultura de pequeños propietarios como es el caso de la Sierra. Los agricultores propician las mezclas y hay otros factores que hacen intenso el flujo de genes. Conocer el flujo del polen es necesario para mantener a las poblaciones, en nuestro caso, las variedades nativas de maíz, libres de contaminación. No solo por razones biológicas o ecológicas, principalmente por razones económicas. Actualmente en el Perú cualquier variedad nativa libre de contaminaciones vale más que el *commodity* que es el maíz amarillo duro (MAD). Hasta ahora los únicos productos o híbridos transgénicos son MAD. Desde el punto de vista físico son iguales. Los dos tienen las mismas posibilidades de ser progenitores si se acercan dos variedades iguales en dos distintas versiones, una normal y la otra OVM.

La contaminación con polen de híbridos es muy frecuente en la costa peruana y será también en la selva, porque el maíz es una planta alógama. En las plantas alógamas los gametos transportados por el polen de una planta fertilizan a otra planta. En el maíz casi todos los granos han sido fertilizados por polen de otras plantas; se estima que el porcentaje de alogamia es aproximadamente 95 por ciento. Esa alogamia es más parecida a la forma de reproducción de las especies silvestres y de la mayoría de las especies nativas. La autogamia es relativamente nueva en la evolución.

Ese nivel de contaminación entre razas es muy común en especies alógamas; en maíz es notable y se ha podido cuantificar en varias ocasiones. En 1976, Sevilla y colaboradores publicaron los resultados de 317 encuestas hechas en seis departamentos de la sierra del país, y de las muestras colectadas junto con las encuestas. Esas muestras pertenecieron a 21 razas y casi la cuarta parte de las muestras son mezclas o cruces entre razas. El agricultor acostumbra mezclar la semilla conscientemente para tener en la cosecha maíz para todo uso. En Cusco se encontró un agricultor que mezcló nueve razas y las sembró todas juntas (Américo Valdés, comunicación personal).

¿De qué depende la contaminación con polen extraño?. De acuerdo al Estudio de Biología Floral y Establecimiento de Protocolo para determinar el Flujo de Polen en el Cruzamiento del Maíz (MINAM, 2016), la respuesta a esa pregunta tiene bases biológicas, climáticas y agro-culturales. Para analizar las bases biológicas se estudió el flujo de polen con observación directa de trampas de polen y mediante microscopía. Para analizar las bases climáticas se observaron en campo variables ambientales: Clima, Tipo de viento, Dirección del viento, así como observaciones meteorológicas durante la ejecución de los experimentos. Las bases agro-culturales son también importantes, pero difíciles de transformar en estrategias y políticas, tan difíciles, que las estrategias y

política a aplicar en las primeras dos bases tiene que hacerse en el supuesto que los agricultores no requerirán un nivel cultural superior a la educación primaria. La recomendación que se hace en el documento citado para salvar esas falencias con capacitación, es casi imposible de realizar.

Los resultados de la concentración de polen extraño son tan altos que se requiere una revisión y explicación de los autores (MINAM, 2016). El estándar de concentración de polen tiene cuatro categorías: Categoría 1: Muy alta: concentración de polen hasta los primeros 80 metros desde el emisor; Categoría 2: Alta: concentración de polen hasta los 500 m. desde el emisor; 3: Media concentración de polen hasta los 1000 m desde el emisor y 4: Baja concentración de polen sobre los 1000 m del emisor. Así también los estándares de cruzamiento son muy altos: “En todas las sedes, las categorías que predominan son altamente contaminadas y moderadamente contaminadas. Tomando en consideración los estándares mínimos de cruzamiento y de distancia, se consideran cuatro categorías en el documento de MINAM, 2016: 1) altamente contaminado: 50 a 100% de granos contaminados para distancia entre 80 y 150 m según la región: 2) Esos valores son 10 a 50% entre 200 a 380 m (moderadamente contaminado); 3) 1 a 10% hasta 400 m (ligeramente contaminado) y 4) menos a 1 % de granos contaminados para distancias superiores a 400 m según la región.

El asunto requiere revisar la literatura al respecto para comparar esos estándares con los internacionales. Las observaciones de la base climática de ese estudio nos permiten estimar que las condiciones del Perú no son extremas como para concluir que en el Perú las condiciones climáticas favorecen más que lo normal, la dispersión del polen y cruzabilidad; por ejemplo, los vientos, que fue considerado el factor climático más importante, son normales en el país. Sin embargo antes de revisar la literatura, debemos aceptar que no es posible comparar los estándares que usa la industria de semillas para aislar sus semilleros con los estándares que se requieren para liberar a las variedades normales de la contaminación con transgénicos. Si los OVM causan tanto daño a la biodiversidad (situación que es muy controversial), hay que aislar a las poblaciones normales el máximo posible y por lo tanto los estándares tienen que ser más exigentes. En los casos de producción comercial de semilla, los semilleros no pueden aislarse demasiado: Los costos excesivos para ello son tan altos que se acepta algún nivel de contaminación, que no pueden aceptarse en el caso de contaminación con OVM.

Louette D. en 1997 presentó un estudio que analizó la cruzabilidad en la costa del Pacífico en el oeste de México donde posiblemente se originó el maíz. Los agricultores siembran de 1 a 7 variedades, en promedio 2.5 variedades en la misma parcela. Usando genes de coloración de grano que produce xenia, se estimó el porcentaje de granos contaminados con polen extraño. Los resultados mostraron que la contaminación es muy alta en los surcos adyacentes a la variedad que producía el polen marcado, pero se reduce drásticamente a partir del quinto hasta el décimo surco de la variedad receptora. El nivel de flujo génico fue pequeño, 1 a 2 % en promedio entre dos parcelas. Castillo y Goodman revisaron la literatura en el mismo año 1997 y concluyeron

que en general en los surcos adyacentes el % de polinización con polen extraño varía de 10 a 60 %. A 15 metros de los surcos de bordo hay muy pocos granos contaminados, de 10 a 300 por cada 10,000. Ma y colaboradores en 2004 presentaron datos del estimado de contaminación en Ottawa, Canadá durante tres años seguidos, y de la cruzabilidad de una fuente de polen transgénico (Bt) de grano amarillo rodeado por una variedad de granos blancos. Los resultados mostraron que la proporción de polinización cruzada dependió de la distancia de la fuente, la dirección del viento y la sincronización de la polinización. En el primer surco adyacente al maíz Bt, el cruzamiento fue hasta 82%. A 28 metros (surco 37), el cruzamiento fue menor del 1% y más lejos fue menor. Según los autores, los datos sugieren que es posible producir maíz sin contaminación eliminando en el campo del receptor los 30 metros más cercanos al híbrido transgénico.

El proyecto LAC-Biosafety presentó una serie de estrategias para minimizar el flujo de genes. La literatura revisada por ellos está en general evidenciando distancias menores para aislar variedades de maíz de OVM. En una investigación de López (2012), la contaminación disminuye si las distancias son mayores a 20 m; a 50 m encontró solo 0.13%.

Halsey et al (2005), revisaron las experiencias previas sobre cruzabilidad para evitar que plantas que expresan productos de la ingeniería genética como vacunas o enzimas polinicen a plantas normales. El polen del maíz es tan pesado que la mayoría se deposita por gravedad en la vecindad de las plantas que lo originan. Generalmente se usa como fuente de polen plantas homocigotas para granos de color amarillo y como receptores una variedad de granos blancos para aprovechar el efecto de xenia de amarillo sobre blanco. Bateman, en el Reino Unido (1947) usó como fuente un maíz de grano amarillo y un maíz dulce como receptor. El flujo de polen fue aproximadamente 70% cerca de la fuente de polen y menos de 1% a 23 metros de distancia. Jones and Brooks (1950), usaron la combinación convencional de fuente/receptor (fuente amarillo/receptor blanco) en Oklahoma durante tres años, encontrando que la contaminación fue 28.63% a 0 metros, 1.19% y 0.20% a 200 y 500 m de distancia de la fuente de polen. Con la misma metodología Jones and Brooks (1952), detectaron niveles de contaminación de 25% cerca de la fuente de polen y de 3.1% a 125 m. Jemison y Vayda (2001), en Maine usaron el evento Roundup Ready de Monsanto como un marcador genético para evaluar flujo de genes durante dos años. La contaminación fue de 1.34 % a 30 m., 0.48 % a 35 m. y 0.39 a 40 m. Luna y colaboradores (2001) estudiaron flujo de genes en México usando plantas con granos amarillos o morados como fuente de polen y plantas con granos blancos como receptores. Ellos encontraron solo un grano contaminado en cada una de las parcelas a 100, 150 y 200 m de distancia y ninguno a 300 y 400 m. Klein y colaboradores (2003) usaron plantas homocigotas para color morado del grano dentro de un campo de maíz amarillo. La mayor distancia observada fue a 50 m del borde de la parcela con la fuente de polen y se encontró una contaminación muy baja. Esos valores de cruzabilidad son relativamente bajos y están de acuerdo con los estándares de la industria de semilla.

Pero cuando se usan productos transgénicos la tolerancia es mucho menor. La guía de USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos) exige una distancia de 1,600 m de separación para el maíz que produce productos farmacéuticos cuando se siembra los dos campos a la vez, y solo la mitad o se 800 m si hay una diferencia en la época de siembra de 4 semanas o más (Stevens, et al, 2004).

Los resultados de la investigación de Halsey et al (2005) mostraron que a una distancia de 750 entre la fuente y el receptor, se observó una contaminación en el receptor de 0.0002 %. Si se aumenta la separación temporal se reduce la distancia requerida para alcanzar el aislamiento genético. Cuando fuente y receptor florecieron al mismo tiempo, la contaminación fue menor de 0.01 % a 500 m. No se detectó contaminación a 750 m cuando hubo una diferencia de dos semanas de la siembra entre fuente y receptor.

Antes de proponer estándares viables para aislar la diversidad del maíz de contaminantes indeseables es conveniente entender los resultados del Estudio de Biología Floral y Establecimiento de Protocolo para determinar el Flujo de Polen en el Cruzamiento del Maíz, patrocinado por MINAM, porque hay divergencias entre algunos estándares, sobre todo los relacionados a las distancias.

## 2.5. Organismos y microorganismos asociados al maíz

En un país diverso como el Perú, donde el maíz está peleando con sus patógenos hace 7,000 años, la diversidad patogénica debe ser muy alta. Sin embargo las razas peruanas son resistentes a las variantes patogénicas prevalentes actualmente. Las otras variantes son alelos de un mismo gen de patogenicidad, pero están en frecuencias bajas.

Cuando una variedad que no está adaptada se siembra en el Perú, aparece la enfermedad, pero en frecuencia muy baja coincidente con sus alelos responsables. Pero con el tiempo o sea con el pasar de los ciclos de cultivo, el alelo puede ir ganando virulencia porque aumenta su frecuencia en desmedro de los alelos no virulentos y la variedad o híbrido se vuelve susceptible. La susceptibilidad de la variedad introducida es un daño directo al ecosistema. La planta es resistente porque el patógeno es avirulento; se vuelve susceptible por la virulencia del patógeno.

Cuando los mejoradores evalúan la resistencia, lo que evalúan es la resistencia relativa al patógeno. No es que el patógeno se va fortaleciendo o cambia un alelo de patogenicidad por otro. Lo que cambia es la frecuencia del alelo de virulencia cuando se introduce una variedad no adaptada. Es un proceso poblacional: aumenta la frecuencia de los alelos más virulentos porque se han encontrado con alelos de resistencia apropiados de la planta. El fenómeno aparentemente no es universal; es general en el Perú donde una especie como el maíz tiene 7,000 años de adaptación en esosistemas muy específicos como

los valles de un desierto tropical típico de la costa peruana, o los sistemas de producción alto.-andina y se supone que también las selvas tropicales. Por eso ese fenómeno se hace muy evidente en el Perú.

Por ejemplo, después de muchos años de probar la adaptación de algunas razas de maíz de la sierra en la costa, nos enteramos que en la costa peruana se estaba produciendo la raza Cuzco Gigante. Esa falta de adaptación se hacía más evidente por la alta susceptibilidad al *Fusarium moniliforme* que produce una pudrición característica en la mazorca. Una simple prospección nos permitió saber que solo se podía producir en dos localidades: La irrigación Santa Rosa y en Pisco en un terreno que estuvo durante muchos años sembrado de algodón. Ambos sitios seguramente estaban libres de *Fusarium moniliforme* (nunca se ha podido analizar esos suelos).

Otro caso muy dramático se observó en el germoplasma de maíz que se envió a México, cambiando por otras 25 razas mexicanas durante el Proyecto LAMP (Latin American Maize Program). Las 25 razas mexicanas se cultivaron en el Perú sin problemas. Las 25 razas peruanas sembradas en Chapingo, Estado de México a 2,300 msnm no produjeron nada; solo se cosecharon los raquis y algunas corontas, todos los granos estaban podridos. Todas las razas se pudrieron totalmente por *Fusarium*, excepto Confite puntiagudo que posiblemente ha sido una introducción tardía, evidenciada por el patrón de nudos cromosómicos diferente del andino y su morfología de la planta parecida a las razas mexicanas.

Está pendiente la prueba experimental de ese fenómeno. Mientras tanto, esas evidencias parciales se podrían cotejar con estudios hechos por el MINAM para definir un protocolo especial para evaluar la resistencia de las enfermedades en las variedades introducidas.

## 2.6. Los riesgos dependen de la región

Los niveles de cruzamiento entre razas que se muestran en el cuadro 1 indican que en la selva del país será necesario reglamentar rigurosamente las distancias apropiadas. Parece más fácil controlar la cruzabilidad en la Costa, porque tradicionalmente las razas nativas tienden a sembrarse en épocas distintas de los MAD, y además los agricultores están acostumbrados a eliminar las contaminaciones de la semilla. Por una serie de consideraciones económicas, ecológicas, culturales y otras de relativa menor importancia no se espera la siembra de maíces transgénicos en la Sierra. En esa región será necesario controlar el cruzamiento entre razas que le quitan calidad a los productos que con seguridad tendrán una demanda creciente y mercados seguros.

Después de sembrar durante casi 20 años maíz híbrido en la costa peruana, se colectó razas nativas de maíz de la Costa, encontrándose que no se había perdido ninguna raza, aunque si había disminuido su frecuencia en algunos

casos (Gilberto Chávez Santa Cruz, 1981). Sánchez, publicó resultados similares en la misma época para la Selva (1981).

## Referencias

Bassetti P. y M.E. Westgate. 1993. *Senescence and receptivity of Maize silks*. Crop Science 33: 275-278.

Bird R Mck y J. B. Bird. 1980. Gallinazo maize from the Chicama Valley. Perú. American Antiquity 45: 325-332.

Bonavia D., A. Grobman. 1989. Andean Maize. Its Origen and Domestication, En Foraging and farming: the evolution of plant exploitation. Ed: D.R. Harris G.C. Hillman pp 456-470. Unwin-Hyman London.

Bateman, A.J. 1947. *Contamination of seed crops : II. Wind pollination*. Heredity 1:235-246. (Citado por Halsey et al, 2005)

Bonavia D. 2008. *El Maíz. Su origen, su domesticación y el rol que ha cumplido en el desarrollo de la Cultura*. Universidad de San Martín de Porres. Fondo Editorial.

Castillo F. y M. Goodman. 1997. *Research on gene flow between improved Maize and landraces* En: J. Serratos, M. Willcox, y F. Castillo (eds.). Gene flow among Maize Landraces, Improved Maize Varieties and Teosinte. Implications for Transgenic Maize. Pags: 67-75. CIMMYT. México.

Catacora E. 1987. *Selección para resistencia al Puka Puncho en poblaciones heterogéneas de Maíz en la Sierra del Perú*. Tesis Magister Scientiae. UNA La Molina. Lima, Perú.

Chávez- Santa Cruz G. 1981. *Informe de la Colección de Maíz en la Costa*. Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. UNA-La Molina. Lima, Perú.

Collado-Panduro L., J.L. Chávez-Servia, A. Riesco, R. Soto. 2005. *Community Systems and seed supply and storage in the Central Amazon of Perú*. En: Seed Systems and crop generic diversity on farm Eds. D. Jarvis, R. Sevilla, J. L. Chávez-Servia and T. Hodgkin. Memorias del Taller. Septiembre 2003. Pucallpa, Perú. IPGRI. Roma, Italia.

Dávalos A. 2017. *Diversidad de Maíz (Zea mays L.) en la Selva Peruana*. Tesis Ing Agrónomo. UNA La Molina. Lima, Perú.

Doebley J.F. 1983. *The Taxonomy and evolution of Tripsacum and Teosinte, the closest relative of Maize*. Paper N° 8456. The Journal series of the North Carolina Agricultural Service. Raleigh, N.C. USA.

- Doebley J.F., M.M. Goodman, C.W. Stuber. 1985. *Isozyme variation in the Races of Maize from Mexico*. Am. Journal of Botany. 72(5): 629-639.
- Galinat W. 1971. *The Origin of Maize. Annual Review of Genetics*. Vol 5. Massachusetts Experimental Station. Un. Of Mass. USA
- Gomez-Lopez M., L. Latournerie, L. Arias-Reyes, J. Tuxill y J.L Chavez-Servia. 2002. Sistema de intercambio de semilla en los cultivos de milpa en Yaxcaba, Yucatan. En Proceeding of a Symposium: Managing crop diversity in tradicional agroecosystem Mérida, Mexico. IPGRI. Roma Italia.
- Goodman M., W.L. Brown. 1988. *Races of Corn*. In: Corn and Corn Improvement. 3<sup>rd</sup> edition. Eds. G.F. Sprague and J.W. Dudley. Pp. 33-79. Agronomy monograph 18. ASA, CSSA, Madison, Wisconsin. USA.
- Goodman M.M., C. W. Stuber. 1983. *Races of Maize: VI. Isozyme variation among Races of Maize*. Maydica XXVIII: 169-187.
- Grobman, A., W. Salhuana y R. Sevilla. *Races of Maize in Peru*. Nat. Ac of Science. Nat. Res. Council. Pub. 915. Wash. D.C. USA.
- Grobman A. 1982. Maíz (*Zea mays*). In: Preceramico Peruano. Los Gavilanes. Mar, *Desierto y Oasis en la Historia del Hombre*. Ed. D. Bonavia. Pags: 157-179. Corporación Financiera de Desarrollo.COFIDE. Instituto Arqueológico Alemán. Lima, Perú.
- Grobman A., D. Bonavia, T. Dillehay, D. Piperno, J. Iriarte, I. Holst. 2012. *Preceramic maize from Paredones and Huaca Prieta, Perú*. Proceedings of the National Academy of Science of the USA. 109-5: 1755-1759.
- Halsey M.E., K.M. Remund, C.A. Davis, M. Qualls, P.J. Eppard y S.A. Berberich. 2005. *Isolation of Maize from Pollen-mediated gene flow by time and distance*. Crop Science 45: 2172-2185.
- Hodgkin T., R. Rana, J. Tuxill, D. Balma, A. Subedi, I. Mar, D. Karamura, R. Valdivia, L. Collado, L. Latournerie, M. Sadiki, M. Sawadogo, A.H. Brown & D. Jarvis. 2011. *Sistemas de semillas y diversidad genética de los cultivos en sistemas agrícolas*. En: El Manejo de la Biodiversidad en los Sistemas agrícolas. Pags 82-121. Eds: D. Jarvis, C. Padoch y H.D. Cooper. Bioersivity International. Roma, Italia.
- Jones, M.D. and J.S. Brooks. 1950. *Effectiveness of distance and border rows in preventing outcrossing in corn*. Tech. Bull. N° T-38. Oklahoma Agric. Exp. Stn., Stillwater, OK. (Citado por Halsey et al, 2005)
- Jones, M.D. and J.S. Brooks. 1952 *Effect of tree barriers on outcrossing in corn*. Tech. Bull. N° T-45. Oklahoma Agric. Exp. Stn., Stillwater, OK. (Citado por Halsey et al, 2005)
- Jemison, J.M. and M.E. Vayda. 2001. *Cross pollination from genetically engineered corn: Wind transport and seed source*. AgBio Forum 4(2): 87-92. (Citado por Halsey et al, 2005)

Kiesselback T.A. 1949. *The structure and reproduction of Corn*. University of Nebraska. College of Agriculture, Experimental Station. Research Bull. 161.

Klein, E.K., C. Lavigne, X. Foueillassar, P.- H.Gouyon, and C. Laredo . 2003. *Corn pollen dispersal: Quasi-mechansitic models and field experiments*. Ecol. Monogr. 73(1):131-150. (Citado por Halsey et al, 2005)

López C. 2012. *Línea de base molecular de la estructura poblacional de razas locales de maíz y posible flujo génico en zonas de coexistencia de cultivares híbridos de maíz amarillo duro*. En: Maíz Genéticamente Modificado. Estrategias de manejo y guías para minimizar el flujo de genes así como para evitar un probable efecto en organismos no blancos. Proyecto Lac Biosafety. Ed: L. Aragón, J. Castillo, V. Romero, C. López, F Fernández-Nothcote. Lima, Perú.

Louette D. 1997. *Seed exchange among farmers and gene flow among maize varieties I Traditional Agricultural Systems*. En: J. Serratos, M. Willcox, y F. Castillo (eds.). Gene flow among Maize Landraces, Improved Maize Varieties and Teosinte. Implications for Transgenic Maize. Pags: 56-66. CIMMYT. México.

Luna, V. S.J. Figueroa M., B. Baltazar M., R. Gomez L., R. Townsend, and J.B. Schoper. 2001. *Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control*. Crp Sci. 41: 1551-1557. (Citado por Halsey et al, 2005)

Ma B.L., K.D. Subedi y L.M. Reid. 2004. *Extent of cross fertilization in Maize by pollen from neighboring Transgenic Hybrids*. Crop Science 44: 1273-1282.

Mangelsdorf P. 1974. *Corn. Its origen, Evolution and Improvement*. The Belknap press of Harvard of Harvard University. Cambridge, Massachusetts. USA.

Mayr E. 1974. *Populations, Species and Evolution*. The Belknap Press of Harvard Un. Press. Mass. USA.

Medina T., M. Sigueñas, S.Altamirano, F. Balabarca, R. Becerra, S. Buendía, L. Callada, L. Calua, A. Campana, T. Cárdenas, S. Dávila, P. Díaz, J. Fernández, V. Gonza, M. Huacachi, F. Huamaní, J. Llacsá, W. Mamani, A. Martínez, B. Martínez, C. Picón, P. Ramírez, W. Ríos, S. Ríos, E. Ruíz, R. Sánchez, T. Sauñí y E. Tapia. 2007. *Mecanismos tradicionales de Intercambio de Semilla*. En: "Proyecto: Conservación in situ de cultivos nativos y sus parientes silvestres. INIA. Lima, Perú.

MINAM-Ministerio del Ambiente. 2016. *Estudio de Biología Floral y Establecimiento de Protocolo para determinar el Flujo de Polen en el Cruzamiento del Maíz*. Inf. Final de Consultorías. Lima, Peru.

Neuffer M., L. Jones y M. Zuber. 1968. *The mutant of Maize*. Crop Science Soc of America. Madison, Wisconsin. USA.

Ortega A., M. Guerrero, O. Cota, R. Preciado. 2011. Situación actual de los maíces nativos y sus parientes silvestres en México. En: Amplitud, Mejoramiento, usos y riesgos de la diversidad genética del maíz de México. Pp 1541eds: R. Preciado y S. Montes. Sociedad Mexicana de Fitogenetica. Chapingo. Estado de México

Riesco A. 2002. Informe anual del Proyecto “*Strengthening the Scientific basis of in situ conservation of Agricultural Biodiversity. Componente del Peru*”. IPGRI. Roma, Italia.

Sánchez-Campos H. 1982. *Informe de la colección de maíz en la Selva*. Programa Cooperativo de Investigaciones en Maíz. UNA La Molina. Lima, Perú.

Sánchez J.J., M.M. Goodman, R. Mck Bird, C.W. Stuber. 2006. *Isozyme and Morphological Variation in Maize of Five Andean Countries*. Maydica 51: 25-42.

Sevilla R., A. Cerrate, L. Carrión, L. Narro, A. Valdez, J. Arizola, V. de la Colina. *Factores de Producción y Nivel Tecnológico del cultivo de Maíz en la Sierra del Perú*. Inf. del Maíz. N° Ext. de Investigación. Vol II: 69-83. UNA La Molina. Lima, Perú.

Sevilla R. 1995. *Germoplasma foráneo de maíz tolerante al frío en los primeros estados de desarrollo para adaptar las variedades de la Sierra del Perú a siembras tempranas*. III Reunión Latinoamericana de Maíz y XVI Reunión de la Zona Andina. Pag. 149-165. Cochabamba, Santa Cruz, Bolivia.

Sevilla R. 1991. *Genética del Maíz*. En: Mejoramiento Genético del Maíz. XIII Curso Corto. PROCIANDINO. Lima, Perú.

Stevens W.E., S.A. Berberich, P.A. Sheckell, C.C. Wiltse, M.E. Halsey, M.J. Horak y D.J. Dunn. 2004. *Optimizing pollen confinement in Maize grown for Regulated Products*. Crop Science 44: 2146-2153.

Villegas P., R. Sevilla. 1977. *Evaluación del segundo ciclo de selección recurrente para resistencia a Roya en el compuesto PMC-561*. Inf del Maíz N° 18. UNA La Molina. Lima, Perú.

## Capítulo 3

### 3. ASPECTOS SOCIO-ECONÓMICOS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ Y LA CONSERVACIÓN DE SU DIVERSIDAD

En este capítulo, se revisan los factores sociales, culturales, económicos, ambientales y agronómicos, que afectan la decisión del agricultor tradicional de mantener la diversidad genética, dando énfasis a la identificación y análisis de los riesgos que pueden afectar la continuidad de estas decisiones y por lo tanto la diversidad genética del maíz nativo en el país.

Es decir, de las condiciones que afectan la conservación del maíz nativo en el campo, donde esta conservación ocurre naturalmente, en los predios de los agricultores, en forma de conservación in situ. Se considera que en las especies cultivadas, como el maíz, el factor de mayor importancia en la pérdida de variabilidad es el reemplazo de las variedades tradicionales de los agricultores con amplia variabilidad genética, por materiales mejorados de mayor rendimiento pero con gran uniformidad genética o por otros cultivos más productivos o más rentables.

Al respecto, hay una gran preocupación por la desaparición de la diversidad genética de especies cultivadas. La mayor parte de esta diversidad está en manos de agricultores pequeños, marginados que autoconsumen casi toda su producción, o de comunidades indígenas de culturas muy antiguas y tradicionales. El cambio en los sistemas de producción y el abandono de las prácticas tradicionales puede traer como consecuencia la pérdida de la diversidad.

En la medida en que cambien las prácticas tradicionales y las formas locales de vida que crean un contexto para las decisiones de los agricultores, así se modificarán los cultivos y las prácticas de manejo de las semillas, dos aspectos que influyen en la diversidad genética de los cultivos.

Es evidente que este proceso de pérdida de diversidad genética, que se conoce como erosión genética, ha ocurrido con las especies cultivadas en todo el mundo. Varios autores mencionan al respecto que alrededor de tres cuartas partes de la diversidad genética de los cultivos usados en agricultura se perdió el siglo pasado con una erosión genética en proceso.

#### 3.1. Importancia de la conservación in situ de maíces nativos

En los esquemas de conservación de recursos fitogenéticos se han desarrollado dos opciones: la conservación ex situ e in situ. La primera se ha desarrollado a partir de instituciones públicas, privadas y gobiernos interesados en preservar y tener a la mano la mayor diversidad genética de cultivos de interés para la alimentación y la agricultura, principalmente de importancia económica en el comercio mundial.

De acuerdo al Convenio de la Diversidad Biológica, por conservación *in situ* se entiende la conservación de ecosistemas y sus hábitats naturales, así como el mantenimiento y recuperación de poblaciones de especies en sus medios naturales. En el caso de especies cultivadas o domesticadas, la conservación *in situ* se realiza en los hábitats donde esas especies cultivadas han desarrollado sus propiedades distintivas.

En la conservación *in situ* no se aísla a los recursos fitogenéticos de su entorno biofísico, socio-económico y cultural. Continúan ocurriendo los procesos evolutivos y co-evolutivos, así como los procesos de selección y diversificación en los agrosistemas.

La elaboración de la línea base de la diversidad genética del maíz peruano debe contemplar tanto el análisis de la situación de cómo se conserva esta diversidad tanto *in situ*, como en el Banco de Germoplasma (*ex situ*). La conservación *in situ* se realiza en el campo, en los predios de los agricultores, que poseen estas variedades locales nativas. Son los agricultores tradicionales, y mayormente los ubicados en zonas de pobreza quienes conservan esta diversidad.

Desde los años de la década de 1940 se desarrollaron acciones para conocer, reunir, caracterizar, conservar (en cuartos fríos o laboratorios biotecnológicos) y utilizar la variabilidad genética de las plantas de interés en diferentes programas de mejoramiento por ejemplo, el maíz, arroz, papa, trigo, plátano. En contraparte, en la conservación *in situ* se promueve conservar el paisaje, los agroecosistemas y los recursos fitogenéticos en el sitio en que se han desarrollado por los agricultores o campesinos. Ambas formas de conservación son complementarias.

Desde los inicios de la década de 1990, con la aprobación del Convenio sobre Diversidad Biológica (1992), el paradigma de conservación evolucionó desde un énfasis en la conservación *ex situ*, prevalente durante las décadas del setenta y ochenta del siglo XX, a una apuesta prioritaria para la conservación *in situ*. Esta prioridad se ve expresada en el Plan de Acción Mundial (PAM) para la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la agricultura y la alimentación (FAO, 1996), a través del capítulo sobre Manejo *in situ*.

En la modalidad de conservación *in situ*, son de interés las prácticas tradicionales que preservan y mejoran constantemente las variedades nativas. La gran mayoría de especialistas consideran que esta forma de conservación es la más importante, pues es la que ocurre en el campo, en un ecosistema natural, y permite la continuidad de los procesos de adaptación y de evolución de las plantas cultivadas, no la que “artificialmente” creamos en un Banco de Germoplasma. Sin embargo, la práctica ha demostrado que ambas son complementarias. Por ejemplo en la década de 1980, cuando ya el maíz híbrido se sembraba en la costa peruana, se empezó a sustituir el Alazán por el MAD en la elaboración de la chicha de jora. Cuando la población dio cuenta de las diferencias en la calidad a favor de la raza Alazán, la raza se había perdido y no hubo forma de recuperarla. Con semilla conservada en el banco de germoplasma se reconstituyó un compuesto

racial y en pocos años se volvió a poblar la costa norte con esa raza. (Sánchez, 1983).

### 3.2. Estadísticas y/o Información Básica para el Análisis de Riesgos

El maíz es el cultivo de mayor volumen de producción y de superficie sembrada a nivel mundial y nacional.

En el Perú el maíz ocupa el primer lugar de superficie sembrada. De acuerdo al IV Censo Nacional Agropecuario 2012, de 4'155,678 hectáreas de superficie agrícola con cultivos (transitorios + permanentes), destaca en primer lugar el maíz, con 568,400 hectáreas, que representa el 13.68% del total de superficie sembrada, por encima de la papa, arroz y caña de azúcar dentro de los principales cultivos transitorios, y del café y cacao (cultivos permanentes).

Según Clotilde Quispe, especialista en Maíz de la Dirección General Agrícola del MINAGRI (comunicación personal), en la última década se registra que el consumo de maíz amiláceo, tradicionalmente restringido al mercado interno, ha comenzado a conquistar nichos de mercado internacional. En el año 2012 su exportación representó 21 millones de dólares en divisas generadas. En el año 2016 este valor ascendió a casi 30 millones de dólares (maíz Gigante del Cusco, Maíz choclo, maíces para cancha y maíz morado).

El maíz amiláceo es uno de los principales cultivos transitorios a nivel nacional. Según el Censo Nacional Agrario 2012, el maíz amiláceo representó la participación de 309,768 UA (unidades agropecuarias) contribuyendo con el 32% del total de unidades agropecuarias y la superficie cosechada de maíz amiláceo ascendió a 249 mil hectáreas has, es decir el 13 % de la superficie total nacional cultivable (1 912,989 has). El maíz amiláceo es uno de los cultivos de mayor importancia económica en la sierra del país; se constituye en el segundo recurso más importante en la alimentación diaria de las familias rurales. En el año 2016 se cosecharon aproximadamente 196 mil hectáreas de maíz amiláceo distribuidas en un 80 % en la sierra del Perú. Es un cultivo realizado por la agricultura familiar; los precios en chacra de maíz amiláceo han mostrado una tasa de crecimiento del 7.1 % en el periodo comprendido del 2006-2016 (comunicación personal).

### Cuadro N° 3.1 Superficie de Principales Cultivos

Hectáreas

| Cultivos           | Miles | Cultivos         | Miles |
|--------------------|-------|------------------|-------|
| Café               | 425,4 | Palto            | 65,7  |
| Papa               | 367,7 | Avena Forrajera  | 54,9  |
| Maíz amarillo duro | 261,6 | Haba grano verde | 51,3  |
| Maíz amiláceo      | 240,8 | Cebada grano     | 45,4  |
| Arroz              | 177,6 | Vid              | 43,8  |
| Plátano            | 145,7 | Espárrago        | 39,6  |
| Cacao              | 144,2 | Mango            | 39,0  |
| Caña de Azucar     | 141,3 | Palma Aceitera   | 26,7  |
| Yuca               | 94,6  | Naranja          | 22,5  |
| Maíz Choclo        | 66,0  | Manzano          | 22,4  |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática - IV Censo Nacional Agropecuario 2012

Nuestro país presenta una gran diversidad genética, que se intenta conservar, principalmente en maíz nativo. Pero, para los fines de este estudio, independientemente de esta diversidad, debe reconocerse y/o diferenciarse básicamente los dos tipos o grupos más importantes de maíz: amarillo duro y amiláceo, que presentan una realidad y dinámica muy diferente, tanto a nivel de su oferta (ej.: regiones y ecosistemas donde se cultivan), como de su demanda (ej.: usos del producto). Esta necesaria diferenciación incide en los análisis de riesgo y las medidas de seguridad que deben tomarse para la conservación de la biodiversidad del maíz nativo.

El maíz amarillo duro (MAD) se cultiva mayormente en la costa y selva del Perú, y su producción es el principal insumo para la elaboración de alimentos balanceados de la industria avícola nacional, una menor proporción para la industria porcina, y un porcentaje mucho menor para la alimentación humana en la forma de harina, hojuelas, entre otras. Su producción ha ido aumentando en todo el país, en respuesta a la creciente demanda de la industria avícola, y esta a su vez en respuesta al aumento, tanto de la población, sobre todo en las ciudades, como del ingreso. La demanda de MAD excede a la oferta nacional, lo que obliga a importar el 60 – 65 % del requerimiento total, con un egreso anual de divisas que supera los 120 millones de dólares americanos<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Información del INIA en <http://www.inia.gob.pe/tecnologias/cultivos/132-cat-tecnologias/cultivos/395-tecnologia-en-maiz>

**Cuadro N° 3.2**

|                       | Producción y superficie cosechada de MAD según zonas productoras.<br>Promedio 1990 - 2011 |              |           |            |            |
|-----------------------|---|--------------|-----------|------------|------------|
|                       | Costa Norte   | Costa Centro | Costa Sur | Selva Alta | Selva Baja |
| Producción (t)        | 288282  | 283735       | 3925      | 211761     | 72997      |
| Superficie (ha)       | 55831   | 45139        | 888       | 97437      | 38251      |
| Variación anual prod. | 0.095   | 0.063        | 0.046     | 0.06       | 0.086      |
| Variación anual sup.  | 0.057   | 0.033        | 0.017     | 0.032      | 0.042      |
| Variación anual rend. | 0.024   | 0.031        | 0.026     | 0.016      | 0.016      |

Fuente: MINAG – OEE Elaboración Cecilia Huamanchumo de la Cuba

El cultivo de maíz amiláceo es el cultivo de mayor importancia económica en la sierra después de la papa, y se destina fundamentalmente al consumo humano directo. Es cultivado en zonas con clima templado de la sierra y en invierno en la costa. Su producción se destina al autoconsumo y al mercado local y regional. Es justamente en la sierra, que presenta mayor diversidad de ecosistemas, donde se cultiva la mayor parte del maíz amiláceo, y donde la diversidad genética nativa de este cultivo es mayor. En la última década se registra que su consumo, tradicionalmente restringido al mercado interno, ha comenzado a conquistar nichos de mercado internacional. En el año 2012 su exportación representó 21 millones de dólares en divisas generadas.

**Cuadro N° 3.3**

|                       | Producción, superficie cosechada y rendimiento de maíz amiláceo<br>según zonas productoras. Promedio 1990 - 2011 |              |            |            |
|-----------------------|--|--------------|------------|------------|
|                       | Sierra Centro  | Sierra Norte | Sierra Sur | Selva Baja |
| Producción (t)        | 235838   | 143854       | 133020     | 22181      |
| Superficie (ha)       | 64680  | 95377        | 70611      | 4603       |
| Variación anual prod. | 0.03   | 0.04         | 0.07       | 0.13       |
| Variación anual sup.  | 0.014  | 0.002        | 0.023      | 0.31       |
| Variación anual rend. | 0.014  | 0.016        | 0.017      | -0.003     |

Fuente: MINAG – OEE Elaboración Cecilia Huamanchumo de la Cuba

En la última década se registra que su consumo, tradicionalmente restringido al mercado interno, ha comenzado a conquistar nichos de mercado internacional. Como se indica en el acápite 3.2, el valor de las exportaciones presenta una tendencia positiva, tal como se muestra en el siguiente cuadro N° 3.4.

**Cuadro N° 3.4**

| MAIZ AMILACEO                      | PARTIDA<br>ARANCELARIA | ENE-DIC VALOR FOB (MILES DOLARES US) |              |              |              |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                                    |                        | 2002                                 | 2003         | 2004         | 2005         | 2006          | 2007          | 2008          | 2009          | 2010          | 2011          | 2012          | 2013          | 2014          | 2015          | 2016          |
| Maiz dulce congelado               | 710400000              | 413                                  | 692          | 1113         | 1,782        | 2,570         | 3,259         | 3,373         | 3,889         | 4,144         | 3,789         | 6,251         | 5,341         | 4,965         | 3,010         | 6,635         |
| Maiz dulce refrigerado             | 709901000              | 4                                    | 25           | 96           | 89           | 60            | 53            | 162           | 47            | 195           | 137           | 47            | 164           | -             | 622           |               |
| <b>Total Maiz grano verde</b>      |                        | <b>2,419</b>                         | <b>2,720</b> | <b>3,213</b> | <b>1,871</b> | <b>2,630</b>  | <b>3,312</b>  | <b>3,535</b>  | <b>3,936</b>  | <b>4,339</b>  | <b>3,926</b>  | <b>6,298</b>  | <b>5,505</b>  | <b>4,965</b>  | <b>3,632</b>  | <b>6,635</b>  |
| Los demas maices (cancha, chullpi) | 1005909000             | 993                                  | 761          | 861          | 1,199        | 1,192         | 1,251         | 1,622         | 2,091         | 2,532         | 2,619         | 3,090         | 3,254         | 2,843         | 2,446         | 3,118         |
| Granos trabajados (mote)           | 1104230000             | 263                                  | 1044         | 1286         | 1,296        | 1,563         | 1,854         | 2,216         | 2,248         | 1,860         | 2,037         | 1,295         | 3,484         | 1,966         | 2,025         | 2,538         |
| Maiz Blanco Gigante                | 1005903000             | 4055                                 | 2517         | 3961         | 4,984        | 4,202         | 5,106         | 7,547         | 9,649         | 9,769         | 7,377         | 10,258        | 11,920        | 10,571        | 8,397         | 10,777        |
| Maiz Morado                        | 1005904000             | 190                                  | 236          | 248          | 407          | 481           | 528           | 526           | 683           | 590           | 607           | 804           | 795           | 846           | 1,056         | 1,008         |
| <b>Total Maiz grano seco</b>       |                        | <b>5,501</b>                         | <b>4,558</b> | <b>6,356</b> | <b>7,886</b> | <b>7,438</b>  | <b>8,739</b>  | <b>11,911</b> | <b>14,671</b> | <b>14,751</b> | <b>12,640</b> | <b>15,446</b> | <b>19,453</b> | <b>16,226</b> | <b>13,924</b> | <b>17,441</b> |
| <b>TOTAL</b>                       |                        | <b>7,920</b>                         | <b>7,278</b> | <b>9,569</b> | <b>9,757</b> | <b>10,068</b> | <b>12,051</b> | <b>15,446</b> | <b>18,607</b> | <b>19,090</b> | <b>16,566</b> | <b>21,744</b> | <b>24,958</b> | <b>21,191</b> | <b>17,556</b> | <b>24,076</b> |

Fuente: SUNAT (Aduanas) Elaborado por la Ing. Clotilde Quispe

Algunos analistas diferencian la evolución que se da en los maíces amiláceos, entre el maíz amiláceo grano seco y el maíz amiláceo verde o choclo, destacando que su dinámica es completamente distinta. Según un estudio del IICA<sup>5</sup>, la superficie cosechada de maíz amiláceo grano seco se mantuvo prácticamente estancada, creciendo los últimos 20 años apenas 10%, mientras que la superficie dedicada a la siembra de maíz amiláceo grano verde creció más del doble durante el mismo período (120%). Esta diferencia la explican por la orientación del primero, principalmente para el autoconsumo familiar (en su localidad de producción), versus la orientación del segundo, al mercado de consumo masivo de alimentos.

### 3.3. Datos socioeconómicos del productor maicero obtenido de las Prospecciones (2013-2015)

Por su relación estrecha con la conservación *in situ* de la diversidad del maíz nativo es importante obtener y analizar información de lo que ocurre a nivel de zonas productoras, tanto en aspectos socioeconómicos, ambientales como agrícolas. Al respecto, es necesario identificar las amenazas a la diversidad biológica que existen en el campo, destacando el comportamiento del productor ante las restricciones que enfrenta.

Nos vamos a referir a la información obtenida en estos aspectos sobre el productor maicero, en los trabajos de prospección realizados en 2014 y 2015. Entre las dos prospecciones se cubrió todo el territorio nacional, 23 regiones. En la del año 2014, se cubrió 10 regiones: Ancash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Huancavelica, Junín, La Libertad, Lima, Puno y Tacna. Y en la del 2015, 13 regiones: Amazonas, Cajamarca, Cuzco, Huánuco, Ica, Lambayeque, Loreto, Madre de Dios, Moquegua, Pasco, Piura, San Martín y Ucayali.

Por experiencia directa de los especialistas, por las múltiples visitas al campo, se conoce que la conservación *in situ* es mantenida por pequeños productores, de bajos recursos, y marginados en muchos servicios básicos.

Mediante las encuestas tomadas se ha confirmado tanto los factores que caracterizan el comportamiento del agricultor, como la amenaza de algunos, que están afectando la conservación de la biodiversidad, como

- El cambio de uso de la tierra, tanto por ampliación de las urbes, como de las actividades mineras.
- La secuencia intergeneracional. Ya que la mayoría de personas entrevistadas, que conservan semillas, y prepara alimentos en base al maíz nativo tiene 50 años o más, que posiblemente sus hijos o nietos ya no los cultiven.

---

<sup>5</sup> Huamanchumo de la Cuba Cecilia, *La Cadena de Valor de Maíz en el Perú: diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas*, IICA, 2013

- El criterio más utilizado para la siembra de maíz es el mercado (83.47%), y la tradición solo el 2.48% (2014).
- Que la preparación de la semilla para la siguiente generación del cultivo es predominantemente realizada por las mujeres, factor cultural que debe tomarse en cuenta con fines de capacitación en conservación y selección de semilla (2014).
- Un alto porcentaje de productores cuenta con radio y televisión, lo cual debe tenerse en cuenta para difundir programas de información y capacitación.

La información de campo debe servir para elaborar indicadores que permitan monitorear la diversidad genética del maíz nativo en cada zona productora.

Sin embargo la información obtenida es insuficiente para esta finalidad. No se ha obtenido información como:

- La migración estacional de los jefes de familia o parte de la familia, y su efecto en la siembra de maíces nativos.
- Tamaño de la familia. Fuerza efectiva de la mano de obra familiar y comunal y variaciones que se observan en el tiempo.
- Área sembrada de maíces nativos en los predios. Y cultivos asociados que se dan en los predios, que generalmente incluye al maíz.
- Si se observa cambio en la dieta de los productores que afecte el consumo de maíces nativos.
- Dotación de factores de la familia campesina. Mejorar información sobre el nivel de capitalización del productor y su evolución relativa.
- Analizar más la endocría que se genera por la costumbre del agricultor de seleccionar semilla de maíces nativos en poblaciones muy pequeñas.
- Mejorar información sobre el nivel de capitalización del productor y su evolución relativa.
- Mejorar la información en cada región, sobre los diferentes usos del maíz nativo en cada zona. Si hay bastante información, pero no uniforme. Es necesario antes de analizar la información, elaborar indicadores para poder uniformizar la información con fines de generalización.

- Estudiar con mayor detalle el aspecto cultural, que varía de cada región a otra, que influye en la conservación de la biodiversidad. Especialmente lo vinculado con el manejo de la semilla de maíz nativo.

#### Sobre el manejo e intercambio de semillas

El intercambio de semillas en nuestro país, constituye uno de los elementos de mayor importancia para la sostenibilidad de la conservación in situ de los cultivos nativos en aquellas zonas donde existe una cultura fuertemente ligada al paisaje y la naturaleza.

El 2007 el INIA realizó una investigación sobre los mecanismos tradicionales de intercambio de semillas realizado por los agricultores en 10 regiones (Cajamarca, Junín, Huancavelica, Ayacucho, Cusco, San Martín, Loreto, Puno, Ica y Lima), para 11 cultivos (arracacha, camote, camu-camu, cañihua, frijol, granadilla, maca, maíz, papa, quinua y yuca); determinó y registró 10 modalidades de intercambio tradicional de semillas: trueque, herencia, regalo, compra-venta, pago por trabajo, siembra al partir, préstamo, hallazgo, robo e intercambio familiar.

#### 3.4. Análisis de Riesgos

Diferentes factores afectan la conservación de la diversidad de los cultivos: sociales, económicos y ambientales. En la agricultura maicera, varios son los factores relevantes para la conservación de la diversidad, en los diversos agroecosistemas donde se desarrollan, y por lo tanto, diversos los riesgos que se enfrentan. Explícitamente los que afectan al actor principal de esta conservación, el agricultor tradicional, y que pueden modificar sus prácticas de conservación in situ del maíz nativo.

Según la FAO (1998), las principales causas de la erosión genética mencionadas en los informes de los países son: 1) la sustitución de variedades locales, 2) el desmonte, 3) la presión demográfica y 4) la explotación excesiva de especies. Se mencionan también la degradación y compactación del suelo, contaminación de acuíferos, además del sobrepastoreo, diversas obras de infraestructura como la construcción de presas hidroeléctricas y caminos.

Los riesgos pueden agruparse en socio económicos (incluye los agronómicos), ambientales e institucionales. En todos ellos el foco de atención es el agricultor, y el entorno institucional, y como están comportándose frente a los riesgos que pueden afectar la conservación de la diversidad del maíz nativo.

##### Riesgos Socio Económicos

Para los análisis de riesgos los aspectos socioeconómicos son relevantes:

- Riesgos que se identifican en la conservación in situ: la pérdida de la biodiversidad de maíz generado por factores socioeconómicos que afectan a los agricultores tradicionales que todavía persisten en mantener esta

diversidad. Identificar los aspectos positivos, ya que la diversidad se conserva si es necesaria y si aporta en algo a la economía de los agricultores.

- Las características del agricultor tradicional, su cultura y nivel de integración al mercado. Los estudios y prospecciones realizados en el país, como en otras regiones del mundo, indican que la gran mayoría de la agrobiodiversidad in situ se encuentra en las fincas de subsistencia de los países más pobres. Es decir está en manos de agricultores pequeños, marginados y pobres.
- Interesa identificar claramente las regiones del Perú en las cuales los riesgos y problemas de conservación de la diversidad del maíz nativo han sido mayores, que coincide con la ubicación de la siembra del maíz amarillo duro (costa y selva del país), a diferencia de los maíces amiláceos, ubicados en la sierra del Perú. La dinámica socio económica es claramente diferente en estas regiones. Mientras el MAD es una *commodity*, el maíz amiláceo es un producto destinado a un mercado de consumo restringido.
- A nivel agronómico es necesario sistematizar los resultados de estudios realizados por diversas instituciones que afectan la conservación de la diversidad de maíz nativo, como los mecanismos tradicionales de intercambio de semillas, desarrollado en varias regiones del país.
- Usos del maíz nativo. Se conoce que una mayor diversidad de usos de una raza de maíz, es un indicador favorable a un mayor interés en conservar esa raza o variedad nativa de maíz.

### Riesgos Ambientales

Como mencionan varios autores, los problemas ecológicos constituyen una seria amenaza. En muchos países los factores ambientales parecen ser los más importantes, como la degradación de los suelos, el desmonte (la tumba y quema) y las largas sequías. En este contexto, se analizan también los impactos del cambio climático sobre las comunidades campesinas y de agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas.

Todavía no hay estrategias ni políticas respecto al cambio climático porque se insiste en enfocar a todo el ecosistema cuando debería analizarse caso por caso, siendo los casos, los componentes de los ecosistemas. Además no hay una estrategia para captar la diversidad y concentrarla en unidades fácilmente conservables y monitoreables. Solo así se logrará que las políticas públicas sean efectivas.

El tema de los impactos y riesgos del cambio climático se desarrollará con mayor detalle en el capítulo que trata de los Agro ecosistemas.

### Aspectos Institucionales

Aun cuando la diversidad del maíz prácticamente no se ha visto afectada en los últimos 50 años, habiendo ocurrido cambios institucionales, climáticos y socioeconómicos importantes en ese período, el tema institucional es el que permanentemente está vigente como tema a discutir, pues es la forma como se organiza el Estado para afrontar lo que puede afectar o poner en riesgo, en este caso, la biodiversidad.

Es a través de la intervención organizada, nuestras instituciones, como podemos afectar e influir directamente. Los otros factores, sobre todo los climáticos, escapan mayormente a la posibilidad de cambio por decisión humana.

Especialmente nos referimos a la gestión de la diversidad del maíz, que necesariamente involucra a instituciones sectoriales a nivel nacional, regional y local, así como a instituciones de agricultores (Comunidades, Organizaciones de Productores, etc.). En este caso, cabe destacar algunas experiencias positivas, como la realizada en la sierra centro del Perú por el INIA (Junín y Huancavelica) en los años 2008-2013, y otras experiencias del Programa de Maíz de la Universidad Agraria La Molina, en la promoción de Compuestos Raciales, que significa un reforzamiento a la conservación in-situ de los maíces nativos.

La descentralización política que se implementó hace más de 10 años, con la finalidad de que se tomen decisiones más adecuadas a la realidad de cada región, al estar sus funcionarios y jefaturas más cerca de los problemas que deben solucionar, tiene resultados discutibles hasta el momento. En todo caso, el autor opina que no existe uniformidad en el desempeño institucional de las regiones, más bien todo lo contrario. Cabe esperar que se tomen como ejemplo las experiencias exitosas y se difunda las mismas en todas las regiones.

Existe diversidad en el desempeño institucional, tanto a nivel nacional como regional, que merece un análisis más detallado, y sobrepasa la responsabilidad de este trabajo. El Estado, sus instituciones, tienen que adaptar su política y sus acciones a los cambios drásticos que se dan y que afectan las costumbres y actividades de los agricultores que conservan la diversidad del maíz nativo. Las actividades de prevención que se está haciendo al respecto, son loables y deben continuar para garantizar que las instituciones cumplan su rol en el futuro próximo cuando se levante la moratoria prescrita por la Ley N<sup>o</sup> 29811.

### 3.5. Propuestas y/o Recomendaciones

Cabe mencionar el Artículo 2<sup>o</sup> del Reglamento de la Ley de Moratoria, que indica que su finalidad es la de impedir el ingreso, producción y liberación de los OVM contemplados en la Ley, así como fortalecer las capacidades nacionales, desarrollar la infraestructura y generar las líneas de base, que permitan una adecuada evaluación, prevención y gestión de los impactos potenciales sobre la biodiversidad nativa de la

liberación al ambiente de OVM. En este marco, se indican las siguientes recomendaciones.

- El mantenimiento de los sistemas tradicionales de producción, y el de la cultura que los sostiene, es la mejor estrategia para la conservación de la diversidad de las especies cultivadas en esos ecosistemas.
- Diversos autores han formulado propuestas sobre esta temática, agrupándolas en los siguientes títulos: • minimizar el riesgo de erosión genética por fluctuaciones demográficas, cambios ambientales y catástrofes • minimizar las amenazas del hombre a la diversidad genética • apoyar acciones que promuevan la diversidad genética en las poblaciones objetivo • garantizar el acceso a poblaciones para la investigación y el fitomejoramiento • garantizar la disponibilidad de material de las poblaciones objetivo explotadas o cultivadas por las comunidades locales.
- Elaborar indicadores sobre la situación de la diversidad genética del maíz *in situ* que permita monitorear y gestionar esta agrobiodiversidad.
- De acuerdo a las normas y/o convenios internacionales que el Perú ha suscrito referentes a la conservación de la biodiversidad, se deberá establecer un sistema de comunicación efectivo que permita que los actores (principalmente empresas productoras de OVM) asuman su responsabilidad frente a cualquier daño a la salud humana que se pueda generar al liberar al ambiente OVM, y compense económicamente a los afectados.
- Asimismo, se recomienda revisar la estrategia prevista tanto de la Oferta (empresas que producen y venden OVM), como la Demanda de OVM de los agricultores del país.
- En cuanto a la oferta de OVM, ¿cuál sería el interés de las empresas productoras de OVM?, considerando que la superficie sembrada de maíz no es importante, comparada con las mayores superficies sembradas con maíz de Brasil, Argentina, y otros países de Sudamérica.

## Referencias

Información Socioeconómica del Agricultor Maicero generada en las Prospecciones 2013 – 2015 sobre diversidad de maíz, financiadas por el MINAM

Series estadísticas históricas del MINAGRI en: <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/>

FAO, *El Segundo Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en el Mundo*, 2011

Huamanchumo de la Cuba Cecilia, *La Cadena de Valor de Maíz en el Perú: diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas*, Lima, IICA, 2013

Jarvis D.I., L. Myer, H. Klemick H., L. Guarino, M. Smale, A.H. Brown, M. Sadiki, B. Sthapit, T. Hodgkin. *Guía de Capacitación para la Conservación in situ en Fincas*, Versión 1, IPGRI, 2006

Jarvis D.I., Padoch C., Cooper H.D. (editores). 2007. *El Manejo de la Biodiversidad en los Sistemas Agrícolas*. Bioersivity International.

Medina T, A. Roldán, M. Sigüeñas. Editores: *Mecanismos Tradicionales de Intercambio de Semillas*. INIA, 2007

MINAGRI: Estadísticas Agrarias

Quispe Clotilde, *Caracterización y Funcionamiento de la Cadena Productiva de Maíz Amiláceo*, MINAGRI, 2013

Quispe Clotilde, Importancia del Maíz Amiláceo en el Perú, Presentación en PP, MINAGRI, Cajamarca, Mayo 2017.

Sánchez H. Informe Interno del Programa de Maíz, UNALM, 1983

Sevilla R., M. Holle Recursos Genéticos Vegetales. 2004. Ed. Luis León As. Lima, Perú.

## Capítulo4:

### 4. AGROBIODIVERSIDAD Y ECOSISTEMAS

Existe una relación directa entre la agrobiodiversidad con la diversidad de ecosistemas. Las regiones biológicamente diversas son también ecológicamente diversas. Es esta diversidad de ecosistemas la que genera diversidad de razas existentes en el país, aun cuando no es el único factor que influye en este proceso.

Los ecosistemas agrícolas son sistemas antropogénicos, es decir, su origen y mantenimiento van asociados a la actividad del hombre, que ha transformado la naturaleza para obtener principalmente alimentos. (Sans, 2007). Se acepta actualmente que un ecosistema es una comunidad de organismos que interactúan entre ellos y con los componentes no vivos para desarrollarse sustentablemente y adaptarse a condiciones cambiantes. Vale decir entonces que es la integración de los componentes y sus interacciones.

La diferenciación del maíz en razas se debe tanto a la diversidad de ambientes en los cuales evolucionaron como a las culturas locales que lograron su adaptación y selección disruptiva en base a los usos específicos. De esta forma los atributos observados en cada una de las razas de maíz son resultado de los intereses y acciones de los agricultores, lo cual se puede detectar examinando el sistema de clasificación que los agricultores usan para describir a las variedades y razas que cultivan (Sanchez-Vega, 2014).

#### Agrobiodiversidad y Ecosistemas.-

La Agrobiodiversidad que hay en el Perú es considerable porque hay muchos ecosistemas. En el maíz se nota una gran diferencia en el comportamiento de las razas nativas, cuando se cultivan en su área de adaptación y cuando se cultivan en otros ecosistemas. Si se cultivan en los ecosistemas propios, se conserva la diversidad. Hay que caracterizar las áreas de adaptación de cada raza para probar la hipótesis que las razas pueden definir ecosistemas. Está disponible la información, para desarrollar la idea en una primera aproximación registrando en un mapa isóneas de una misma raza sobre el nivel del mar y localizando las áreas donde se siembran las razas en esas altitudes. Pero, esa hipótesis se probará mejor cuando comparemos las razas producidas en su propio ecosistema y en otros, estimemos la variación que genera la interacción genotipo x localidad eliminándola para precisar el efecto de la localidad.

#### 4.1. Propuestas de Zonificación de Agroecosistemas

Ha habido varios intentos de zonificar el medio ambiente o los ecosistemas. Uno de los más conocidos es el sistema de clasificación propuesto por el botánico estadounidense Leslie Holdridge. En esencia, este sistema se fundamenta en la delimitación de las formaciones vegetales con fisonomía florística distintiva a partir de datos climáticos, básicamente: temperatura media anual, precipitación por año, y evapotranspiración. El sistema de

clasificación de zonas de vida de Holdridge, por su relativa simplicidad, fue utilizada por la ONERN para elaborar el Mapa Ecológico del Perú en 1975. Sin embargo, fue creado para zonas tropicales, básicamente Centro América, y consecuentemente hay críticas para su aplicación en el Perú, que presenta una geografía más variada y agro ecosistemas muy diversos.

En el Perú ha habido otros intentos de zonificar el ambiente. Mario Tapia los resume en el siguiente cuadro:

**Cuadro 4.1: Ecosistemas y razas**

| Autor           | Fecha     | Unidad                 | Enfasis                     | Metodología                       |
|-----------------|-----------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|
| A. Weberbauer   | 1946      | Zonas Fito geográficas | Fito geografía              | Censos botánicos                  |
| J. Pulgar Vidal | 1957      | Zonas de Vida natural  | Indicadores biológicos      | Interpretación conocimiento local |
| A. Brack        | 1960      | Eco regiones           | Ecología                    | Evaluación parámetros ecológicos  |
| A. Caballero    | 1978      | Zonas agro económicas  | Uso de la tierra y economía | Evaluaciones agro económicas      |
| M. Tapia        | 1997-2008 | Zonas agro ecológicas  | Vocación Ecológica          | Uso potencial de la tierra        |

Pulgar Vidal establece una clasificación, primero en cinco y luego en ocho “Regiones Naturales”, en base a conocimientos tradicionales y geográficos, considerando las toponimias, las percepciones del clima, los datos en cuanto a flora y fauna, los límites de los cultivos, las obras del hombre, los paisajes (Pulgar Vidal 1967). De las ocho “regiones naturales”, siete se ubican en la Costa y en la Sierra, mientras que la octava abarca toda la selva (baja):

- 1 Chala o costa, hasta los 500 msnm
- 2 Yunga, occidental marítima entre los 500 y 2,300 msnm, y fluvial oriental entre los 1000 y 2,300 msnm.
- 3 Quechua, tierra templada, entre los 2,300 y 3,500 msnm.
- 4 Suni o Jalca, tierra alta, entre los 3,500 y 4,000 msnm.
- 5 Puna entre los 4,000 y 4,800 msnm, que son altiplanicies onduladas.
- 6 Jalca, ubicada encima de los 4,800 hasta 6,768 msnm.
- 7 Rupa-Rupa o Selva Alta, que se ubica en la vertiente amazónica entre los 400 y 1,000 msnm.
- 8 Omagua o Selva Baja de 80 a 400 msnm.

Concepto de zona agroecológica: es un área continua o discontinua en la que se encuentran presentes el mayor número de elementos comunes de un sistema agrario, los que están interrelacionados en una combinación reconocible y diferenciada de otras; es decir, cada zona agroecológica tiene su propia estructura productiva (Tapia,2016). Cada zona o piso ecológico posee un límite, más allá del cual se atenta contra la resiliencia y la existencia de la base productiva.

Una ecorregión es un área geográfica que se caracteriza por las mismas condiciones climáticas, edáficas, hidrológicas, florísticas y faunísticas, en estrecha interdependencia, perfectamente delimitable y distinguible de otra, y de utilidad práctica. El concepto de ecorregión se superpone a los de zona de vida, región biogeográfica, provincia biótica, regiones florísticas y faunísticas, que son solo visiones parciales del mismo (Brack 1986). Muchos autores mencionan que la clasificación de los ecosistemas es una labor necesaria para profundizar en su conocimiento y para priorizar estrategias de gestión de la biodiversidad de un país. Sin embargo, considerando la definición de lo que es un ecosistema, que incluye a los componentes y a sus interacciones, se entiende la complejidad de la descripción de estos ecosistemas, puesto que solo el componente vivo, expresado a través de la diversidad biológica, tiene muchos elementos.

La idea es, que hay que desarrollar una metodología para la clasificación de agroecosistemas basada en la adaptación de las razas de maíz. Para eso se están generando mapas de distribución de las razas. Los primeros intentos de elaboración de estos mapas se muestran en el anexo de este informe (Ver Mapas en Anexo 1). La prospección de la diversidad (Aguirre 2013, ASPROMAD 2014, 2015) y las colecciones que se hicieron inmediatamente después, ha proporcionado información para elaborar los mapas del estado de la diversidad de maíz en el Perú. Hay mapas para localizar los sitios de cultivos de las razas nuevas o recientemente descubiertas, la distribución de todas las razas existentes en el Perú, la distribución de las localidades donde se siembra maíz híbrido. Esta información es importante, porque los OVM de maíz serían de MAD, como los híbridos actuales. Durante mucho tiempo no se espera OVM de otras razas. Asimismo, hay mapas que muestran las localidades donde no se siembra maíz, y otros en donde se indica donde se ha encontrado maíz mezclado o contaminado, o sea cruzado con MAD, o cruzado con otras razas.

#### 4.2. Interacción genotipo – ambiente

La interacción genotipo ambiente es muy importante en el comportamiento de un genotipo determinado, debido a que no todos los genotipos tienen un mismo comportamiento en cada ambiente. Los ambientes se determinan principalmente por localidades y años, pero también puede ser épocas de siembra, densidades de siembra, etc., que hacen que cambie el comportamiento de un genotipo determinado. Cada raza tiene un componente genético que crea la variabilidad entre razas. Todas las localidades que no

interaccionan con un grupo de razas de probada adaptación, deben de pertenecer a un mismo ecosistema.

Hay diversas metodologías para estudiar la interacción genotipo medio ambiente tales como análisis de variancia y regresión que fue la más utilizada y actualmente se utiliza más el método de efectos principales aditivos e interacción (AMMI) propuesto por Zobel et al. (1988). El método AMMI no sólo permite estimar estabilidad, sino, también evaluar localidades y como consecuencia clasificar los ambientes (Crossa et al., 1990).

Cuando la interacción genotipo medio ambiente es cero (0), la diferencia en el comportamiento entre dos razas es igual en cualquier localidad. Pero el maíz es muy sensible a los cambios ambientales y eso depende de las razas. En la sierra del Perú por ejemplo hay mucha interacción genotipo x ambiente. Por ejemplo, en la sierra media las razas del Cusco son más productivas que las de Junín y Huancavelica si se prueban en el Cusco, pero éstas son más productivas que las del Cusco si se prueban en las zonas alto-andinas. Se podría dividir toda la sierra del Perú en diferentes eco-sistemas basados en el comportamiento de las razas. Cada raza o grupo de razas define un agro-ecosistema diferente.

Usando la metodología desarrollada en CIMMYT (Crossa et al., 1990), se cruzan las razas de probada adaptación con los valores de las interacciones localidades x razas. Esa metodología se aplicó en los resultados experimentales obtenidos en pruebas de variedades evaluadas en diferentes localidades. En la década de 1980 se probaron en la sierra del Perú muchas variedades y razas en experimentos para probar la hipótesis que las razas interaccionan menos con las localidades que las variedades mejoradas, lo que permitiría definir áreas de la misma adaptación más fácilmente con las razas.

Al analizar la interacción genotipo ambiente de 13 poblaciones de tendencia tardía de maíz amiláceo; en los cuales se probaron compuestos raciales: Sabanero, Capiro, Ancashino, Huánuco, Marañon, Chullpi y Huayleño, en siete ambientes o localidades: Cauday, Celendín, Cajamarca, Cajabamba, Carhuaz, Andahuaylas y Huanta (figura 1) se aprecia que los compuestos raciales Chullpi, Marañon y Capiro interaccionan más con las localidades. El compuesto racial Ancashino no interacciona con las localidades. En las 12 poblaciones de precocidad media en los cuales se tiene seis compuestos raciales: Paro, Pisccorunto, Huayleño, Ancashino, Sabanero y Huánuco y cinco ambientes, Carhuaz, Pampas, Huancayo, Izcuchaca y Huanta, los compuestos raciales Paro, Pisccorunto I y II se agrupan junto al C.R. Ancashino (figura 2). En las 10 poblaciones de mayor precocidad donde estuvieron incluidos dos compuestos raciales Piscorunto y Paro en siete ambientes constituidos por las localidades: Carhuaz, Jauja, Huancayo, Quispicanchis, Huanta, Huamanga y Andahuaylas (figura 3) se observa que los compuestos raciales Paro y Pisccorunto interaccionan más con las localidades que la variedad mejorada PMS-635 y el Compuesto racial Pisccorunto III, que no interaccionan con las localidades. Se encontró alta significación estadística en la interacción

genotipo por ambiente, lo cual indicaría que las diferencias entre los genotipos (razas y variedades mejoradas) son diferentes en cada ambiente (Espinoza, 1987) tal como podemos observar en el cuadro 4.2., y por lo tanto las diferencias entre razas son distintas en cada ambiente, lo que se expresó en una alta y significativa interacción raza por localidad.

En las figuras 1, 2 y 3 se muestran los rendimientos de las variedades tardías, medias y precoces respectivamente graficados como *biplots* del análisis de AMMI. Aunque el germoplasma no está completo para sacar conclusiones se aprecia que en el caso de las tardías (figura 1) las razas tienden a juntarse (Huánuco, Marañón, Chullpí y Huayleño) evidenciando que tienen adaptación parecida. En el caso de las de precocidad medias los compuestos Huánuco, Sabanero y Canchero se encuentran más dispersas y las precoces se agrupan en el centro. Lo que define a un ecosistema no es que las razas adaptadas sean de la misma productividad: lo que define al ecosistema es que las razas adaptadas no han generado interacción genotipo x localidad cuando se ha probado en diferentes ambientes. No es posible ninguna conclusión pero se ve que la metodología permitirá definir ecorregiones basadas en el comportamiento de las razas que muestran adaptación específica a localidades diferentes, .sin interacción x localidades.

Martínez et al (2016) determinaron la interacción genotipo medio ambiente en maíces nativos de Chiapas en ambientes contrastantes por sequía intraestival, y al seleccionar poblaciones estables encontró interacción entre ambiente y genotipo. Lozano et al (2015) indica que el análisis AMMI señaló a una localidad de Guatemala, una de México y una de Nicaragua como las de mayor interacción. Identificó cuatro mega-ambientes, y definió al híbrido más estable y con buen rendimiento. El método regresión en sitios (SREG) y factores analíticos (FA) resultó un buen predictor porque permitió identificar cuatro subgrupos y agrupó ambientes de diferentes países con características semejantes.

**Figura 1. Biplot de AMMI con el primer componente principal (CP1) y el rendimiento promedio de 13 poblaciones de maíz amiláceo de ciclo**

tardío evaluados en siete localidades (ambientes) de Perú durante el período 1977-1979.

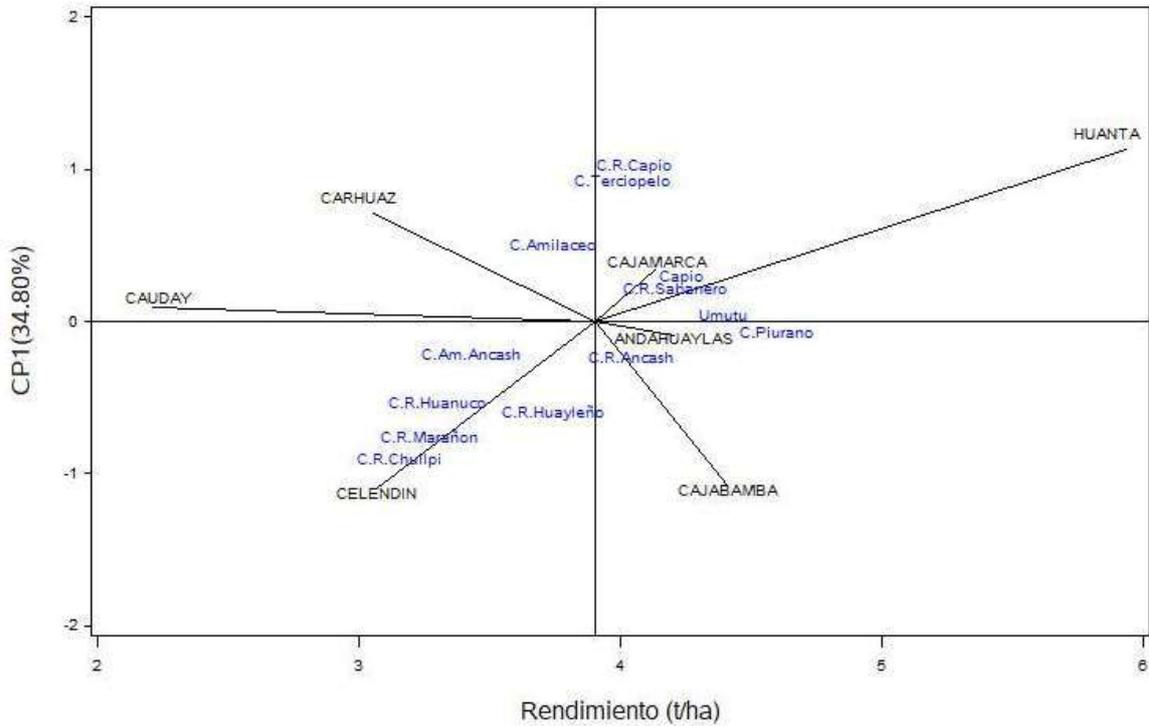


Figura 2. Biplot de AMMI con el primer componente principal (CP1) y el rendimiento promedio de 12 poblaciones de maíz amiláceo de precocidad media evaluados en cinco localidades (ambientes) de Perú durante el período 1978-1979.

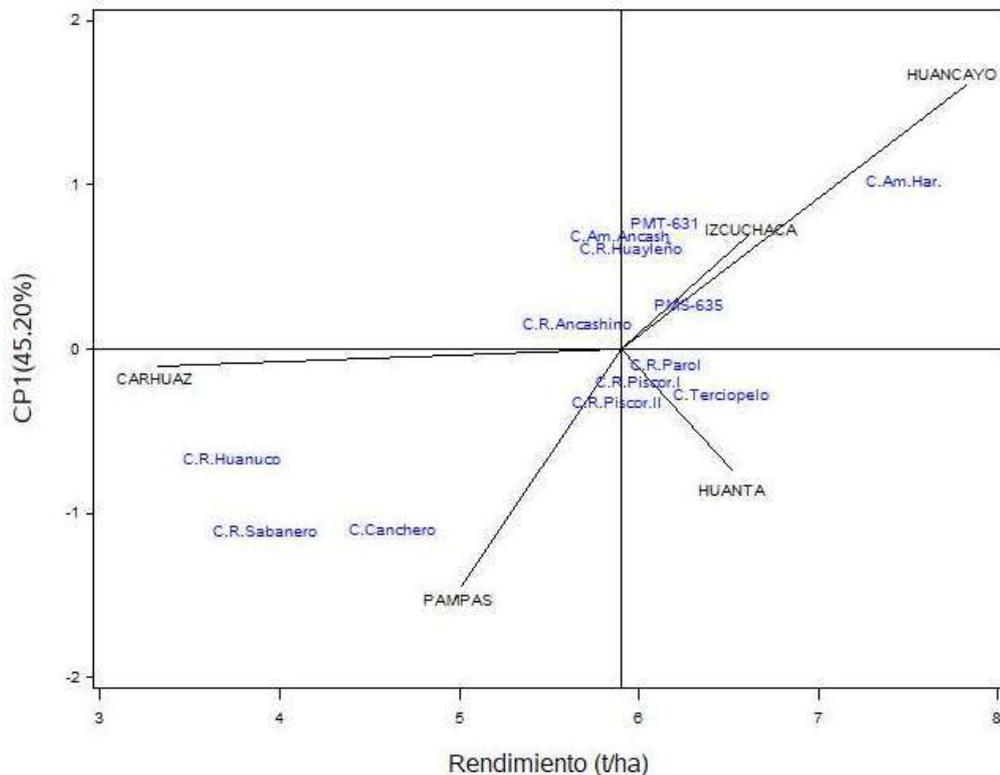
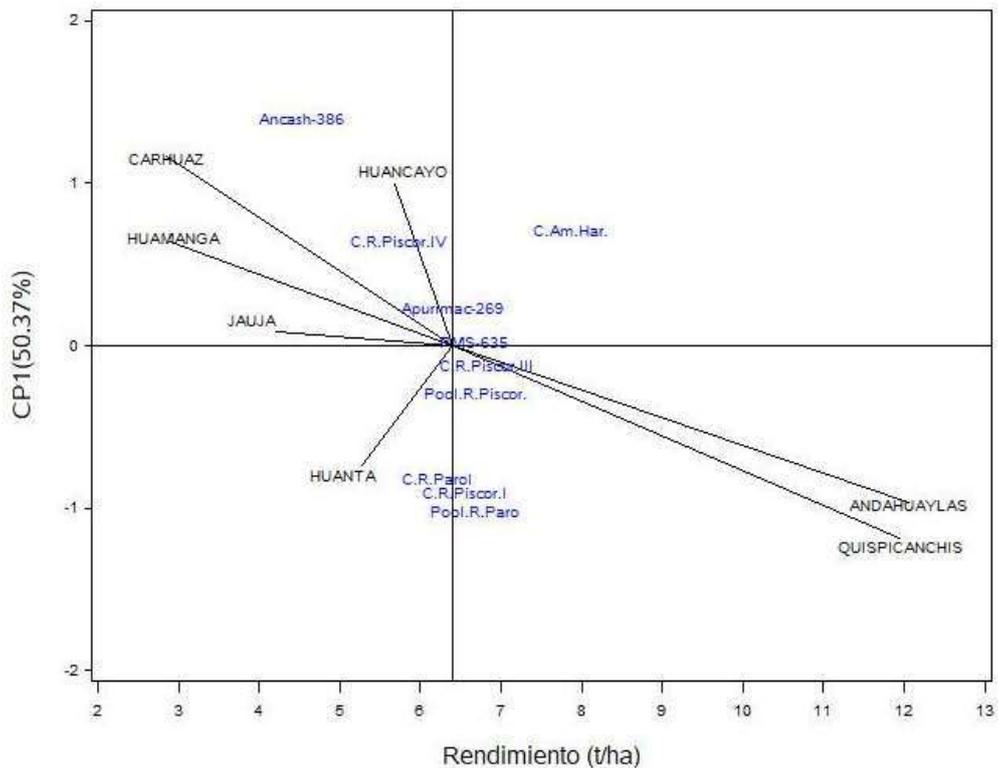


Figura 2. Biplot de AMMI con el primer componente principal (CP1) y el rendimiento promedio de 12 poblaciones de maíz amiláceo de precocidad media

evaluados en cinco localidades (ambientes) de Perú durante el período 1978-1979.

**Figura 3. Biplot de AMMI con el primer componente principal (CP1) y el rendimiento promedio de 10 poblaciones de maíz amiláceo de mayor precocidad evaluados en siete localidades (ambientes) de Perú durante el período 1979-1980.**



La metodología usada en esos experimentos nos permitieron analizar el efecto genotípico, la variancia ambiental y el componente de la interacción descompuesta para cada variedad, lo que se muestra en el cuadro 4.2.

**Cuadro 4.2: Efecto genotípico medio ( $\bar{X}_{EG}$ ), variancia de efectos ambientales ( $S_{EA}^2$ ), y variancia de efectos de interacción ( $S_{EI}^2$ ); Ciclo tardío, precocidad media y mayor precocidad.**

| CICLO TARDIO    |                |            |            | PRECOCIDAD MEDIA  |                |            |            | MAYOR PRECOCIDAD   |                |            |            |
|-----------------|----------------|------------|------------|-------------------|----------------|------------|------------|--------------------|----------------|------------|------------|
| POBLACIÓN       | $\bar{X}_{EG}$ | $S_{EA}^2$ | $S_{EI}^2$ | POBLACIÓN         | $\bar{X}_{EG}$ | $S_{EA}^2$ | $S_{EI}^2$ | POBLACIÓN          | $\bar{X}_{EG}$ | $S_{EA}^2$ | $S_{EI}^2$ |
| Comp. Piurano   | 0.733          | 1.058      | 0.604      | Comp.Am.Har.      | 1.621          | 7.773      | 3.123      | Comp.Am.Har.       | 1.466          | 14.579     | 1.658      |
| Umutu           | 0.533          | 1.094      | 1.572      | Comp.Terciopelo   | 0.533          | 2.110      | 1.144      | C.R.Piscorunto III | 0.414          | 16.765     | 0.300      |
| Capio           | 0.373          | 2.854      | 0.338      | PMS-635           | 0.427          | 2.779      | 0.202      | Pool R. Paro       | 0.300          | 20.956     | 1.247      |
| C.R.Sabanero    | 0.352          | 2.467      | 0.421      | PMT-631           | 0.295          | 8.302      | 2.190      | Pool R. Piscorunto | 0.271          | 16.840     | 0.210      |
| C.R.Capio       | 0.192          | 3.017      | 0.961      | C.R.Paró I        | 0.258          | 3.771      | 1.382      | PMS-635            | 0.248          | 18.402     | 0.634      |
| C.R.Ancashino   | 0.179          | 1.653      | 0.291      | C.R.Piscorunto I  | 0.138          | 5.517      | 0.614      | C.R.Piscorunto I   | 0.144          | 21.286     | 0.978      |
| Comp.Terciopelo | 0.144          | 3.350      | 1.000      | C.R.Huayleño      | 0.094          | 4.680      | 1.442      | Apurimac-269       | -0.013         | 13.920     | 0.200      |
| Comp.Amiláceo   | -0.118         | 2.742      | 0.650      | Comp.Am.Anc.      | 0.039          | 4.537      | 0.826      | C.R.Paró I         | -0.234         | 24.070     | 1.210      |
| C.R.Huayleño    | -0.123         | 1.158      | 0.511      | C.R.Piscorunto II | 0.019          | 5.772      | 0.959      | C.R.Piscorunto IV  | -0.700         | 11.865     | 0.517      |
| Comp.Am.Anc.    | -0.408         | 2.120      | 0.170      | C.R.Ancashino     | -0.206         | 3.194      | 0.286      | Ancash-386         | -1.897         | 7.528      | 2.340      |
| C.R.Huanúco     | -0.560         | 3.347      | 0.963      | Comp.Cancho       | -1.235         | 2.396      | 1.885      |                    |                |            |            |
| C.R.Marañón     | -0.592         | 1.571      | 0.568      | C.R.Sabanero      | -1.984         | 1.281      | 2.033      |                    |                |            |            |
| C.R.Chullpi I   | -0.707         | 1.640      | 0.693      |                   |                |            |            |                    |                |            |            |

En el cuadro se muestra, en el grupo de los tardíos, que el CR Ancashino es el que menos interacciona con las localidades (7 localidades), evidenciando que todas ellas forman un mismo ecosistema para esa raza. Observe que la variedad mejorada Compuesto Amarillo de Áncash acusa también una interacción por localidades muy baja. El Umutu por ejemplo pertenece a otra eco-región porque interacciona mucho con las localidades. En el grupo de precocidad media nuevamente el CR Ancashino muestra muy baja interacción, lo mismo que una variedad relacionada: PMS-635. Casi todas las demás muestran alta interacción por localidades. Entre las precoces el que muestra menos interacción es el Pool racial Piscorunto (mezclas de los CR Piscorunto) y Apurimac 269 que es una colección de la misma raza. De eso se desprende que la porción más precoz de la raza Piscorunto y la raza Ancashino se adaptan en un mismo ecosistema.

Por ahora no es posible generalizar la metodología haciendo experimentos con las razas apropiadas para cada hipótesis relacionada a los ecosistemas, pero se vislumbra la utilidad del método una vez que se generalice el uso de los CR en el país.

#### 4.3. Distribución de las Razas en el País

El análisis AMMI nos ha permitido ver que las razas similares se han agrupado juntas a pesar de la alta interacción genotipo por localidades. Entonces podemos generalizar que esta situación se pueda encontrar en toda la diversidad en maíz en el Perú. Como hipótesis de trabajo planteamos ahora que la relación de razas que se muestra en el cuadro 4.3 podría constituir ecosistemas definidos y extender a todo el país y definir ecosistemas por el comportamiento de un grupo de razas. Planteamos para probar la hipótesis realizar ensayos en localidades contrastantes con las razas.

Las razas presentes en los diferentes ecosistemas del país, han pasado por un proceso de adaptación a un ambiente determinado. El Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la UNALM ha registrado desde más 60 años información de estas razas y su ubicación en zonas del país, en diferentes ecosistemas.

En los datos de pasaporte, uno de los descriptores más frecuentes es la altura sobre el nivel del mar. Eso servirá para estudiar una zonificación basada en las razas de maíz.

Analizando la Base de Datos de Pasaporte de las accesiones del Banco de Germoplasma de la UNALM, que incluye los datos de las prospecciones realizadas en el período 2013-2015, se propone en el Cuadro 4.3 una primera aproximación, que servirá para proyectar una nueva descripción de los ecosistemas, basados en la adaptación de las razas de maíz.

**Cuadro 4.3: Ecosistemas basados en la adaptación del maíz en el Perú**

| Ecosistemas     | Razas   |
|-----------------|---|
| Costa           | Alazán, Chancayano, Huachano, Iqueño, Jora, Mochero, Pardo, Perla, Rienda   |
| Selva baja      | Aleman, Chimlos, Chuncho, Cubano Amarillo, Enano, Piricinco   |
| Sierra alta     | Ancashino, Chullpi, Confite morocho, Confite puntiagudo, Cusco Cristalino Amarillo, Huancavelicano, Huarmaca, Huayleño, Kulli, Marañón, Morocho, Paro, Piscorunto, San Gerónimo, San Gerónimo Huancavelicano, Shajatu, Uchuquilla |
| Sierra muy alta | Confite Puneño, Granada   |
| Selva media     | Amarillo Huancabamba, Arequipeño, Arizona, Blanco Ayabaca, Coruca, Morocho Cajabambino, Cusco Gigante, Sabanero   |

Los mapas elaborados en el MINAM, con la base de datos del BG de la UNALM se presentan en el anexo de este informe.

#### 4.4. Riesgos de conservación de agro ecosistemas y razas de maíz

Los problemas ecológicos constituyen una seria amenaza. Destacan los problemas generados por el hombre, que influye en el desempeño y diferenciación de los ecosistemas a través de su diversidad cultural, que determina la forma en que interactuamos con otras especies y hábitats. Importa los efectos que tiene sobre el ambiente la actividad humana. El ambiente es afectado por el desarrollo de la tecnología agrícola, industrial y minera. Como se indicó en el capítulo 3, en muchos países los factores ambientales parecen ser los más importantes, en cuanto a afectar el ambiente, como la degradación de los suelos, el desmonte (la tumba y quema) y las largas sequías y cambios en la frecuencia e intensidad de las heladas.

##### 4.4.1. Cambio Climático

En este contexto es relevante lo que está sucediendo actualmente por efecto del cambio climático principalmente en la sierra del país, su impacto sobre las zonas productoras de maíz nativo en los agricultores tradicionales, pues estaría afectando negativamente a la sostenibilidad de los agroecosistemas.

Es evidente el cambio climático, pero faltan precisiones que permitan definir métodos y estrategias para hacerle frente. Es conocido que el maíz es muy sensible al clima. Si toda la diversidad del maíz se clasifica en razas y se conoce la adaptación de las razas, solo falta definir algunas poblaciones muy representativas de cada raza, sembrar en su región de adaptación y monitorear los cambios que ocurren correlacionados con algunos parámetros ambientales. Los pocos casos reportados en la literatura de experiencia para definir el cambio climático usan un modelo fijo, sin tener ninguna metodología para generalizar esas experiencias particulares. Los modelos deben ser al azar, para lo que la distribución de razas en el maíz se presta para generalizar las experiencias para poder usarlas en todo el país.

La consideración racial para definir agroecosistemas está orientada también para facilitar la conservación de la diversidad en condiciones del evidente cambio climático que ya está afectando a la agricultura nacional. Es necesario adoptar un modelo al azar, porque el estudio de los efectos en casos específicos como los patrocinados por el Banco Mundial (2009), son muy difíciles de generalizar. Si basamos la clasificación de los ecosistemas en la adaptación y comportamiento de las razas ante cualquier eventualidad de un cambio ambiental, las experiencias particulares podrán generalizarse si ocurren con las mismas razas en el mismo ecosistema.

Cuando esté toda la diversidad de maíz en el Perú concentrada en los compuestos raciales será muy fácil estimar los afectos en cada una de las razas de maíz cuando cambios inadvertidos afecten a las razas. Como cada CR es una muestra representativa de todas las variedades nativas pertenecientes a una misma raza en una región, se cumplen con los supuestos de aleatoriedad que requiere un modelo al azar que tiene la ventaja de ampliar las inferencias porque se puede generalizar para todo el país (toda la

diversidad) a partir de una situación particular (unos cuantos CR que serán controlados, observados y monitoreados en cada una de las regiones).

#### 4.5. Propuestas ante riesgos identificados

- Se requiere, para un ordenamiento del Agroecosistema (Centro Internacional de la Papa-CIP, 1992):
  - La complementación y concertación de una clasificación de los agroecosistemas, con base en variables geográficas, ecológicas y edáficas, con una mejor definición de lo que constituye la ecorregión altoandina (donde se ubican más las razas nativas de maíz amiláceo).
  - Completar los esfuerzos realizados por el CIP y otros organismos, en el listado de tecnologías apropiadas para estos agroecosistemas, sean estas nativas o introducidas, para constituir una base de datos.
  - Elaborar una referencia analítica de las experiencias, sus logros y deficiencias en el desarrollo rural andino, con un análisis que permita definir por qué unas alternativas funcionan y otras no.
- La asociación de ecosistemas y razas de maíz permitirá entre otras cosas, delimitar zonas específicas que estarían libres de OVM u otras variedades mejoradas que podrían desplazar a las razas nativas. Además la estrategia que se propondrá para defender a las razas nativas, es agregarles valor para que agricultores y el mercado juntos le den sostenibilidad a las razas (ver Capítulo 6).
- Debe tenerse un contacto más estrecho con el SENAMHI y conocer el trabajo que están realizando respecto al cambio climático. Y hacer un seguimiento de lo que ocurre con la conservación de las razas de maíz.
- Elaborar indicadores sobre la situación de la diversidad genética del maíz in situ que permita monitorear y gestionar esta agrobiodiversidad

#### Referencias

Aguirre C. 2013. Informe de Consultoría. MINAM

ASPROMAD 2014. Informe de Consultoría. MINAM

ASPROMAD 2015. Informe de Consultoría. MINAM

Banco Mundial. 2009. Building Response Strategies to Climate Change in Agricultural Systems in Latin America. The World Bank- Washington. D.C. USA.

Biodiversidad, Erosión y Contaminación Genética del Maíz Nativo en América Latina, Manzur M.I. (Ed), Fundación Heinrich Boll y Broederlij Delen, Colombia, Primera Edición, Octubre 2011

Brack, A. 1986. Las ecorregiones del Perú. Bol. Lima 44: 57-70

CIP. 1992. Taller Internacional sobre el Agroecosistema Andino - Sinopsis, Conclusiones y Recomendaciones, marzo 30 – abril 2, 1992, Centro Internacional de la Papa (CIP).

Crossa, I., H. Gauch and R. Zobel. 1990. Additive main effect and multiplicative interaction analysis of two international maize cultivar trials. Crop Sci. 30:493-500

Espinoza Trelles, J. A. (1987) Análisis del Comportamiento de Poblaciones de Maíz Amiláceo (*Zea mays L.*), en la Sierra del Perú. Tesis para optar el grado de Ingeniero Agrónomo y Magister Scientiae. Universidad Nacional Agraria La Molina.

FAO, El Segundo Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en el Mundo, 2011

Hacquenghem Anne M., Durt Etienne, Ordenamiento Territorial en el Macizo Andino Peruano: Algunas Reflexiones, Foro del Agua Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Ecología aplicada e ingeniería ambiental, 11-11-2003; Lima, 2003.

Jarvis D.I., Myer L., Klemick H., et al, Guía de Capacitación para la Conservación in situ en Fincas, Versión 1, IPGRI, 2006 (Ver Capítulo 3)

Jarvis D.I., Padoch C., Cooper H.D. (editores), *Gel Manejo de la Biodiversidad en los Sistemas Agrícolas*, Bioversity International, 2007

Lozano-Ramírez, Águeda, Santacruz-Varela, Amalio, San-Vicente-García, Félix, Crossa, José, Burgueño, Juan, Molina-Galán, José D. (2015). *Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples* Revista Fitotecnia Mexicana. vol. 38, núm. 4, pp. 337-347

Martínez Sánchez, Jesús; Néstor Espinosa Paz y Yuri Villegas Aparicio. 2016. *Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas*. Revista Mexicana de Agroecosistemas Vol. 3(1): 38-48.

Perez Irungaray G.E., Gándara Cabrera G.A. et al, *Ecosistemas de Guatemala, Una Aproximación Basada en el Sistema de Clasificación de Holdridge*, Revista Eutopía, Año 1, Num. 1, enero – junio 2016 pp 25-68, Guatemala 2016.

Pulgar Vidal, Javier. 1967. Geografía del Perú: Las ocho regiones naturales. Editorial Ausonia. Lima.

Sánchez Vega M. 2014. *Diversidad Genética de Razas Mexicanas de Maíz de Altitudes Intermedias*, Tesis para Doctorado en Ciencias, Colegio de Post Graduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

Sans F.X. 2007. *La diversidad de los agroecosistemas*, Departamento de Biología Vegetal, Universidad de Barcelona, Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET), y Ecosistemas, Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente; Ecosistemas 16 (1):44-49.

Sevilla P. R., Holle O. Miguel, *Recursos Genéticos Vegetales*, 2004. En especial el Capítulo 11: Conservación In Situ

Tapia, M. 2016. Presentación *Agro biodiversidad Andina*, XIV Encuentro Nacional de Agricultura Ecológica, Arequipa, octubre 2016

Zobel, R., M. Wright and H. Gauch. 1988. Statistical analysis of a yield trial. *Agron J.* 80:388-393.

### 5. LA LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD DEL MAÍZ NATIVO

En el año 2015 se realizó un proyecto patrocinado por el MINAM, para completar la prospección de la diversidad genética del maíz en el Perú, incluyendo 384 muestras de semilla de agricultores de varias regiones donde la prospección en proyectos anteriores mostraba una serie de dudas con relación a la presencia de las razas en los lugares colectados originalmente, cuya clasificación dio lugar a la publicación de Grobman y colaboradores (Races of Maize in Perú, 1961), que estamos llamando la Primera aproximación de la Clasificación de la diversidad genética del Maíz en el Perú.

Producto del análisis visual de: 18 muestras colectadas en la costa norte en 2013, 86 muestras colectadas en 2014 en ocho regiones de la Sierra, y las 384 muestras de 13 regiones o departamentos, y apoyados en la prospección (referencias de agricultores y funcionarios de las agencias agrarias de esas regiones), estamos proponiendo: 1) Eliminar de la lista de razas de la clasificación de 1961, a una serie de razas que la experiencia de más de 50 años ha indicado que no se siembran en la frecuencia requerida como para que la raza sea un componente importante de la diversidad del maíz en el Perú y de los sistemas de producción en las regiones. 2) Considerar nuevas razas a variedades nativas que son identificadas como un grupo importante de variedades reconocidas como diferentes por los agricultores y consumidores que no fueron consideradas en la primera aproximación de 1961, a las que se les denomina en este documento como “razas nuevas”, (no es que recién se han formado, sino que no fueron consideradas en la clasificación anterior por varias razones).

La razón para hacer una segunda aproximación racial es la orientación más utilitaria que se le da a la clasificación racial en el entendido de que, lo que no se usa no se puede conservar, o se conserva con mucha dificultad y uso de recursos no disponibles. Una raza debe ser un conjunto de variedades que son apreciadas por algo, o sea tiene algún valor, así como la potencialidad para que su cultivo sea rentable, demandado por sectores específicos de mercado. La experiencia de más de 50 años indica que en el caso del maíz todas las razas tienen un valor actual y potencial importante, excepto las razas que precisaremos en el acápite que sigue.

Hay razas que no tienen un valor utilitario directo y evidente, pero son taxonómicamente importantes porque han dado origen a razas más desarrolladas. Un ejemplo típico de esta situación es el Confite Morocho, considerado por Mangelsdorf como la raza más antigua de maíz (Mangelsdorf, 1974).

La utilización de la diversidad de un cultivo sin previa clasificación resulta en la generación de variedades mejoradas que afectan la diversidad. Si las variedades mejoradas son muy buenas, desaparece en poco tiempo la diversidad. La conservación de la diversidad ex situ o sea en bancos de germoplasma no es suficiente, porque en los países diversos donde se han originado y diversificado muchas especies, el número de alelos de los caracteres adaptativos y los caracteres de valor están generalmente en baja frecuencia (Sevilla y Holle, 2004) y

muchos de esos alelos no se captan en la colección (Marshall y Brown, 1975; Brown y Marshall, 1995; Crossa y Venkovsky, 1997), quedan solo en la naturaleza y desaparecen con el tiempo, perdiéndose para siempre la oportunidad de usar la diversidad al interior de las especies.

La única manera que existe de saber cuánto se pierde de la diversidad de una especie es clasificando su diversidad; pero la clasificación debe ser cerrada en el sentido que la diversidad total debe ser la suma de los grupos taxonómicos clasificados. La clasificación racial tiene esa orientación global. En el caso del maíz, toda la diversidad se clasifica en razas. La clasificación racial se hace con criterios botánicos o morfológicos, criterios ecológicos y criterios culturales. La primera clasificación racial del maíz, publicada por Grobman y colaboradores (1961) y posteriormente ampliada por Vega (1973), es considerada la primera aproximación. Actualmente se está analizando la prospección de la diversidad y las muestras de maíz colectadas en todo el país en los últimos años o muestras para completar la segunda aproximación (Aguirre, 2013; ASPROMAD, 2014; ASPROMAD, 2015).

Además de métodos eficientes para clasificar la diversidad de las especies se necesitan métodos que permitan captar toda la variabilidad de los caracteres adaptativos (rendimiento, tolerancia a factores abióticos y resistencia a factores bióticos), para aumentar la frecuencia de los alelos deseados y para uniformizar los caracteres de valor. La posibilidad de aumentar la frecuencia de los alelos deseados y de utilizarlos será mayor si se recombinan toda las muestras de una misma raza en una región, se forman compuestos raciales y se seleccionan los mejores alelos que se deben hacer homocigotas en las variedades mejoradas que se deriven de esos compuestos.

La metodología debe permitir producir semilla para beneficiar a los agricultores. En el caso del maíz, la recombinación del compuesto cancela la endocría que sufren las poblaciones de maíz cuando se reproducen usando un tamaño efectivo muy bajo, de manera que en pocos años empleando un método de selección apropiado, se puede contar con una variedad mejorada proveniente de las mismas variedades nativas, con lo que se asegura su aceptación y a largo plazo, la conservación de la raza en una región.

Para generar los compuestos raciales con los cuales se conservará la diversidad de las especies y se producirá semilla para mejorar el maíz de los agricultores y así contribuir a su nivel socio-económico y bienestar, es preciso tener la diversidad clasificada en razas. Solo así se puede cuantificar la diversidad y consecuentemente monitorearla. La definición de los componentes de la diversidad del maíz en el Perú se presenta en este capítulo.

### 5.1. La diversidad de maíz se clasifica en razas

La diversidad del maíz se clasifica en razas. Una raza está formada de individuos parecidos en morfología, adaptación y que tienen en común algunos caracteres que les permiten a los agricultores y consumidores tratarlas como iguales cuando se cultivan y se usan. Las diferencias entre razas, hasta ahora distinguidas con

mucha subjetividad, deberían ser más objetivas si se conociese la base genética de la diferenciación entre las razas. Sin embargo, antes de confiar completamente en las diferencias genéticas, debemos aceptar que las diferencias en adaptación no pueden ser posibles todavía estudiar en los genomas actuales, generalmente estructurados con pocos alelos de los caracteres adaptativos, y sin casi ningún conocimiento de la relación entre los genes y las expresiones culturales, o sea el concepto que la gente común tienen de las razas de maíz.

En el presente, los países se refieren a su biodiversidad con adjetivos como, inmensa, mucha, enorme, extraordinaria... No existen casos en que se cuantifiquen las variedades para fines de comparación. Para eso se tendría que clasificar toda la diversidad con métodos lo más objetivo posibles y la clasificación debería ser cerrada, en el sentido que primero se observa toda la diversidad, se caracteriza, se clasifica con métodos de taxonomía numérica, y se describe con la precisión parecida a la que se usa para diferenciar especies distintas.

La clasificación racial del maíz en el Perú se publicó en 1961 (Grobman et al). Como la clasificación fue cerrada, las 49 razas descritas en esa publicación es el mejor estimado de la cuantificación de la diversidad del maíz en el Perú. Después se colectó la Sierra de Piura, encontrándose cuatro razas más que según los métodos taxonómicos que se usaron en esa oportunidad, solo eran dos (Vega, 1973). Actualmente se está haciendo una segunda aproximación de esa clasificación y una prospección en todo el país para ver si las razas clasificadas previamente existen, si hay razas nuevas o no descritas en la primera aproximación (Aguirre, 2013; ASPROMAD, 2014; ASPROMAD, 2015).

Además del valor científico de la clasificación intra específica, la clasificación cerrada es muy útil para: monitorear la diversidad en cada región, conservarla in situ para beneficio de agricultores y consumidores, mejorar las variedades nativas asegurando previamente suficiente variabilidad genética, controlar la endocria cuando cada agricultor produce sus propia semilla, ligar con más posibilidades los productos de las variedades nativas con el mercado, tener a la mano los caracteres de valor, aplicar la legislación de protección a los derechos de los obtentores de variedades vegetales en beneficio de los agricultores que conservan las variedades nativas, mantener los sistemas conservativos de la diversidad y el ambiente propio de las culturas nativas y realizar la vigilancia de los centros de origen y diversidad del maíz en el Perú.

## 5.2. La primera Clasificación Racial

La clasificación de la diversidad del maíz peruano se hizo en la década de 1950 y se publicó en 1961 por Alexander Grobman, Wilfredo Salhuana y Ricardo Sevilla, con el asesoramiento del Dr. Paul Mangelsdorf, en ese entonces, profesor de Genética de la Universidad de Harvard. Se describieron 49 razas; 38 principales, clasificadas como, Primitivas: Confite Morocho, Confite Puntigudo, Kulli, Confite Puneño y Enano; Razas derivadas antiguamente: Huayleño, Chullpi, Granada, Paro, Morocho, Pagaladroga, Chaparriño, Rabo de Zorro, Piricinco, Ancashino, Shajatu, Alazán, Sabanero, Uchuquilla, Cuzco Cristalino Amarillo, Cuzco,

Pisccorunto; Razas derivadas últimamente: Arequipeño, Huachano, Chancayano, San Gerónimo Huancavelicano, Perla, Rienda, Marañón, Chimlos, Cuzco Gigante; Razas introducidas: Pardo, Alemán, Chuncho, Arizona, Cuban Yellow Dent (Cubano Amarillo); Razas incipientes: Jora, Coruca, Morocho Cajabambino, Morado Canteño, Sarco. Razas imperfectamente definidas: Ajaleado, San Gerónimo, Perilla, Tumbesino, Colorado y Chancayano Amarillo. La práctica de más de 50 años después de la publicación de la primera aproximación validó la existencia de casi todas; algunas no se encontraban con facilidad. Ajaleado no se encontró ni para describirla apropiadamente. Algunas se describieron a partir de una sola muestra, como Chaparriño, Enano, Jora, Morado Canteño, Pardo, Perilla, Rienda, o dos muestras como Alemán, Chimlos, Rabo de Zorro y Sabanero. Esas serán investigadas en la segunda aproximación.

Hay que advertir que si esas razas dudosas no aparecen en la segunda aproximación no es que se han perdido; desde que se encontraron mostraron una frecuencia muy baja, simplemente no se les tomará en cuenta en la segunda aproximación. Así mismo, las nuevas razas que se van a incluir en la segunda aproximación, no es que sean nuevas; posiblemente ya existían cuando se colectó por primera vez y se describieron en 1961, pero no fueron consideradas. Ahora tenemos más evidencias de su existencia como razas y por eso hay que describirlas y considerarlas como un componente de la diversidad de la especie.

Con todas sus imperfecciones, la clasificación racial del maíz que se hizo en casi todos los países de Latinoamérica fue como una línea de base de la diversidad del maíz en Latinoamérica. El número de razas proporciona un estimado bastante cercano a la diversidad total y permite hacer comparaciones entre países. Las razas tienen una vigencia total actualmente. Todos pueden reconocer en México las razas Tuxpeño, Tepecintle, Cacahuacintle, Pepitilla y todas las más de 50 razas se distinguen con facilidad. Lo mismo pasa en Guatemala y en todos los países latinoamericanos.

Una raza se distingue de las demás por su morfología, adaptación y usos; este último es un componente de la diversidad muy importante. Podría ser por ejemplo, como en el caso de las razas San Gerónimo y Pisccorunto, que ellas teniendo la misma morfología, solo se diferencian por el color del grano, la misma adaptación, el mismo patrón molecular asociado a la presencia de los mismos alelos de AFLP y RAPS (Blas et al, 2000), son razas diferentes, porque la gente las ve distintas, agricultores y consumidores. Aceptamos, los que hicimos la clasificación, que hay muchos caracteres internos que no conocemos, que están definiendo las diferencias. Aceptamos que algunas razas no se pudieron colectar por simple azar y otras muestras colectadas recibieron el calificativo de raza, que no les correspondía, porque son muestras aisladas, sin ninguna significación en la diversidad de la especie. Por eso, a la primera clasificación la llamamos primera aproximación y cada cierto tiempo, con más experiencia y conocimiento tendremos que hacer una segunda aproximación, tercera y todas las veces que sea necesario, hasta que agricultores, usuarios y la academia participen en la clasificación y se pueda consensuar los aspectos morfológicos y adaptativos con los culturales.

### 5.3. Hacia la segunda Aproximación

En la primera aproximación hay una serie de vacíos, dudas e imprecisiones que se deben resolver en una segunda aproximación que debería completarse después de los tres viajes de prospección y colección patrocinados en los últimos años por el MINAM.

La publicación de la segunda aproximación servirá también para plantearse nuevas hipótesis con relación a la existencia de nuevas razas, a la validación de las razas previamente descritas, a la dispersión de las razas, a los mecanismos genéticos que las generaron y a la dinámica del proceso de desaparición o generación de nuevas razas.

A continuación, se adjunta algunas notas para orientar a los colectores y para incentivarlos a documentar a través de las evidencias que encuentren en su trabajo actual de prospección y colección. Se espera que, como resultado del trabajo actual de prospección y colección, nos enfrentaremos con muchos otros vacíos, dudas e imprecisiones que trataremos de aclarar como un insumo importante para la publicación de la segunda aproximación de la clasificación.

Las notas se hicieron para orientar a los colectores a medida que avanzaban en cada una de las regiones visitadas. Las colecciones hechas en la presente década priorizaron los sitios no colectados previamente. En las primeras exploraciones para coleccionar en Latinoamérica se priorizó la colección de las variedades diferentes. Ahora se es más exigente en que cada nuestra debe representar a las poblaciones originales.

LAMBAYEQUE.- La primera colección de Lambayeque con la que se hizo la primera clasificación racial, no incluyó sitios a altura mayores a 1000 msnm. En la segunda colección, en 1977, se colectó en Cclaya, aproximadamente a 1500 msnm. Gilberto Chávez hizo esa colección y él nos proporcionó la mejor referencia de lo que hay en la sierra de esa región.

PASCO.- En la década 1950/60 no se colectó Pasco porque no existía como departamento y la región no era importante en producción de maíz. En la década de 1980 se colectó solo en la Selva. Se colectó muy buenas muestras de Cubano Amarillo, por ejemplo, Pasco 14. También hay otras razas como Tusón y Alemán pero en menor proporción. No hubo referencias del maíz que se cultiva en las partes altas.

HUÁNUCO.- El maíz de la selva de Huánuco es muy parecido al de Pasco y otros lugares donde se cultiva maíz tropical. Hco 72 de la raza Cubano Amarillo fue en una época muy importante para mejorar el maíz para forraje. Las dudas e imprecisiones son con el maíz de la zona alta. En 1977 se colectó en las provincias de Dos de Mayo y de Huamalíes y en el distrito de Huacrachuco, muestras del maíz de la sierra de Ancash. La mayoría de las muestras debieron clasificarse como una raza nueva que provisionalmente se denominó Huanuqueño, que podría ser Maraón porque es un Ancashino de mazorcas más grandes y es más tardío con alta frecuencia de granos puntiagudos.

También se reclasificó las razas de la zona baja. La raza de granos blancos duros semi dentados no es ni Chuncho ni Alemán. Hay que comparar Chimlos con la raza que encontró Cesar Oscanoa en la Ceja de Selva de Junín la década pasada (Oscanoa y Sevilla, 2010), que se parece a Chimlos, pero es más andino que tropical. Eso requiere sembrar las colecciones nuevas para registrar los datos de planta. Además se requiere análisis citológicos para determinar nudos cromosómicos y análisis moleculares para determinar marcadores para cada raza.

CUZCO.- Es la oportunidad de cambiar de nombre al Cuzco Cristalino Amarillo, porque la raza no tiene granos cristalinos ni tampoco es todo amarillo. Los granos son “morocho”: el endospermo tiene una capa superficial cristalina, pero el resto del grano es harinoso. Aunque el color más frecuente del grano es amarillo, hay variedades de la raza muy importantes, como Sacsá que tienen granos con color de pericarpio variegado por la presencia del alelo P<sub>vv</sub>, o con granos de color rojo capa-blanca por la presencia del alelo P<sub>cr</sub>; el nombre más conveniente sería Morocho Cuzco. Hay una variedad de esa raza que tiene una alta frecuencia del gen Pr que produce aleurona de color morado y que segrega en la mazorca. O sea en una mazorca puede haber granos amarillos normales y granos de color morado. Como en el Cuzco era costumbre sembrar varias razas en un mismo campo (por ejemplo Piscacorunto, para tener cancha, y Morocho de grano amarillo para tener mote), las cruza son muy comunes, por ejemplo: Cuz 258, Cuz 256.

Es necesario reclasificar la raza Chuncho, que parece ser una raza introducida. Hay que distinguir entre Chuncho y Laurel. Se ha clasificado como una raza con el nombre de Chuncho, pero parece que los lugareños las consideran distintas; ver por ejemplo Cu 250, Cu 251, Cuz 252, Cuz 254.

Es importante distinguir las mezclas (por ejemplo, Cuz 253 tiene una mazorca de Sacsá y una de Cusco Gigante). Cuando en una misma muestra hay mazorcas de diferentes razas, se trata de una mezcla. Si en una muestra hay mazorcas con caracteres de grano y mazorca intermedios, o se presentan en una misma mazorca atributos de razas distintas, es la progenie de una cruce entre dos razas.

AMAZONAS.- En el año 1956 se hizo la primera colección de Amazonas; posteriormente en 1980 se colectó en Bagua. Hay pocas muestras de Amazonas y posiblemente no sean representativas de la diversidad de maíz en la región. La colección de 2014 parece ser mucho más representativa. El maíz más frecuente es Morocho, cruzado probablemente con un maíz amiláceo. Hay varias muestras que parecen Morocho Cajabambino; hay dos tipos de esa raza: una tiene granos redondeados amarillos con algunos matices de bronceado. Se observó en las nuevas colecciones que los granos son morochos, o sea son harinosos, pero la parte superficial del grano es dura, tipo de grano que solo existe en la Región Andina. El otro tipo es como un Confite Morocho con granos amarillos duros de mazorcas largas algo abultadas en la base. Los de granos más harinosos podrían ser Sabanero. La consulta con la Ing. Alicia Medina de la Estación Experimental Baños del Inca en Cajamarca, sobre la variedad Umutu, cuyas características

parecen ser similares a lo que se clasificó como Sabanero en la década de 1950. Nos convenció que Umutu es una verdadera raza, lo que se corroboró con una visita a la provincia de San Marcos en la región Cajamarca en la época de cosecha este año, que me permitió observar campos de Umutu cercanos a la cosecha. Hay en Amazonas una alta frecuencia de muestras con mazorcas más delgadas y desuniformes que parecen degeneradas. Parece que en la región se acostumbra seleccionar las mazorcas más largas, lo que parece causar ese síndrome de degeneración.

#### 5.4. Las Nuevas Razas

En los proyectos citados ejecutados en la presente década se encontraron variedades nativas diferentes a las de la década de 1950 y descritas en 1961. Para ser consideradas como nuevas razas, hay que preparar un expediente técnico con la siguiente información: 1) Descripción morfológica de mazorca y planta siguiendo la misma metodología y criterios de clasificación de todo el germoplasma latinoamericano que se colectó en la década de 1950 y que todo está publicado siguiendo un mismo patrón metodológico. 2) Distribución de la raza con precisión de por lo menos las provincias donde se siembra. 3) Análisis citológico, por lo menos la frecuencia y posición de los nudos cromosómicos. 4) Origen y Relaciones. 5) Análisis de agrupaciones (Cluster analysis), incluyendo la raza en cuestión y sus supuestas relacionadas.

Con relación al análisis de agrupamientos, se sugiere no poner todas las supuestas razas nuevas en un mismo análisis. La raza propuesta como nueva debe incluirse en un grupo de razas parecidas, o supuestamente más relacionadas y probar con el análisis de agrupamiento una hipótesis nula de que todas pertenecen a un mismo grupo. Para hacer el fenograma (solo se usarán caracteres morfológicos en un primer intento de agrupamiento), se incluyen en el análisis todas las muestras colectadas entre 2013 y el 2015, de las razas en cuestión. La hipótesis es para probar si esas muestras pertenecen o no a un mismo grupo. Es conveniente usar un coeficiente de distancia cuyo valor empieza de 0 para facilitar la interpretación. Esa recomendación y otras similares que son necesario tener en cuenta, se sustentan en experiencias, a veces frustrantes (Oscanoa y Sevilla, 2010; Leujene y Calinsky, 2000; Lin, 1982).

Como todas esas muestras tendrán que sembrarse en una localidad donde se adapten bien las muestras, para medir o cuantificar los descriptores de planta y panoja, se pueden sacar muestras de ADN para seleccionar un grupo de marcadores moleculares para elaborar un dendrograma y compararlo con el fenograma, porque no es conveniente concluir solo con los resultados del dendrograma, que se supone que agrupa las muestras más relacionadas, con una relación más fuerte de parentesco. Debido a la evolución convergente (Mayr, 1974), hay variedades nativas (muestras colectadas), con pocas afinidades filogenéticas, pero que son parecidas. Por ejemplo, el Confite puneño muestra una mazorca y planta casi primitiva, no porque sea muy antigua, sino que se ha tenido que adaptar, quién sabe si recientemente, a partir de una raza moderna, a

ambientes muy marginales. La relación fenética, que se consigue con un fenograma de los caracteres morfológicos nos acerca más al uso, mientras que la relación genética que se consigue con un dendrograma de los marcadores moleculares nos acerca más al conocimiento de relaciones filogenéticas.

Después hay que compatibilizar esos resultados con la información citológica de nudos cromosómicos y con la información proveniente de los saberes locales, usos y costumbres. La información citológica es muy útil, porque el patrón andino de nudos cromosómicos (un nudo de mediano a pequeño en una posición intercalada del cromosoma 7 y en menor frecuencia un nudo de mediano a pequeño en una posición intercalada del cromosoma 6), es fácil de reconocer, y el tamaño, posición y frecuencia de los nudos no han sido afectados por selección ni por efectos ambientales. Es muy indicativo de la distinción entre razas originadas en los Andes y razas introducidas y andinizadas.

La relación de muestras colectadas recientemente que serán comparadas todas juntas en cada una de las supuestas nuevas razas se presenta a continuación: (las razas nuevas en mayúscula seguidas de las muestras de la raza y muestras de otras razas que se probarán juntas se listan seguida del nombre de la raza en minúscula).

#### BLANCO SEMIDENTADO

Blanco semidentado: Amazonas 01<sup>6</sup>, Amazonas 02, Amazonas 06, Piura 01, Piura 22, Cajamarca 03, Cajamarca 22, Cajamarca 26, Cajamarca 89, Cajamarca 93, Cajamarca 94, Cajamarca 123, San Martín 15, San Martín 17, Huánuco 23, Huánuco 33, Huánuco 37A.

#### BLANCO HARINOSO

Blanco harinoso: Amazonas 07, Amazonas 08, Amazonas 13, Amazonas 14, Amazonas 17, Amazonas 18, Cajamarca 06, Cajamarca 07, Cajamarca 10, Cajamarca 13, Cajamarca 17, Cajamarca 32, Cajamarca 60, Cajamarca 70, Cajamarca 73, Cajamarca 75, Cajamarca 84, Blanco: Piura 07, Piura 13. Blanco Ayabaca: Piura 10, Piura 12, Piura 14, Piura 15, Piura 18, Piura 20. Blanco Bambamarca: Cajamarca 36, Cajamarca 41, Cajamarca 47, Cajamarca 49, Cajamarca 55, Cajamarca 58, Cajamarca 62, Cajamarca 65, Cajamarca 67, Cajamarca 78, Cajamarca 82, Cajamarca 87, Cajamarca 113. Blanco de Lambayeque: Lambayeque 19, Lambayeque 23, Lambayeque 25. Blanco Canchero: Pasco 01, Pasco 02, Pasco 09. San Gerónimo Huancavelicano: Pasco 10.

#### CANCHERO NORTEÑO

Marañón: Lambayeque 01, Lambayeque 02, Lambayeque 04, Lambayeque 18, Lambayeque 22, Lambayeque 26, Lambayeque 28, Lambayeque 41, Huánuco 22,

---

<sup>6</sup> Número correlativo de la colección hecha el 2015; se escribe el nombre completo de la región para no confundir con el nombre de la accesión del BG – UNALM. Se cambiará a un número correlativo Amaz. cuando la muestra accese al banco, convirtiéndose en una “accesión”.

Huánuco 26B, Huánuco 37B. Canchero Huánuco: Huánuco 02A, Huánuco 02B, Huánuco 03A, Huánuco 03B, Huánuco 03C, Huánuco 04, Huánuco 14A, Huánuco 17A, Huánuco 24, Huánuco 31, Huánuco 32, Huánuco 34, Pasco 07. Shajatu: Lambayeque 12. Amarillo Ancashino: Cajamarca 66, Cajamarca 68. Sarco: Cajamarca 81, Huánuco 18. Paro amarillo: Cajamarca 74. Canchero rojo variegado: Cajamarca 77. Harinoso rojo: Cajamarca 98, Cajamarca 107.

#### LAMBAYEQUE

Lambayeque: Lambayeque 06, Lambayeque 08, Lambayeque 09, Lambayeque 10, Lambayeque 11, Lambayeque 29, Lambayeque 30, Lambayeque 34, Lambayeque 38, Lambayeque 39, Lambayeque 44, Lambayeque 45, Lambayeque 46, Lambayeque 48, Lambayeque 49. Huarmaca: Lambayeque 03, Lambayeque 15, Lambayeque 16, Lambayeque 21, Lambayeque 24, Lambayeque 31, Lambayeque 32, Lambayeque 33, Piura 04, Piura 05, Piura 06, Piura 08, Piura 11, Piura 16, Piura 19, Piura 25, Piura 26, Piura 27, Piura 28, Piura 29, Piura 30, Cajamarca 102. Sabanero Blanco: Cajamarca 44, Cajamarca 48, Sabanero Amarillo harinoso: Cajamarca 42, Cusco 18. Sabanero: Libertad 09, Libertad 10. Sabanero rojo: Cajamarca 46. Amarillo harinoso: Amazonas 09, Amazonas 16, Amarillo semidentado: Lambayeque 43. Amarillo Huancabamba: Piura 21, Piura 23.

#### MOROCHO NORTEÑO

Morocho Norteño: Amazonas 10, Amazonas 11, Amazonas 12, Amazonas 15, Amazonas 19, Cajamarca 08, Cajamarca 09, Cajamarca 12, Cajamarca 35, Cajamarca 39, Cajamarca 40, Cajamarca 43, Cajamarca 71, Huánuco 08. Morocho Cajabambino: Cajamarca 04, Cajamarca 05, Cajamarca 11, Cajamarca 15, Cajamarca 24, Cajamarca 25, Cajamarca 27, Cajamarca 31, Cajamarca 37, Cajamarca 57, Cajamarca 76, Cajamarca 79, Cajamarca 86. Ancash 34. Morocho de Ancash: Ancash 24, Ancash 31, Ancash 32.

#### UMUTU

Cajamarca 95, Cajamarca 96, Cajamarca 97, Cajamarca 99, Cajamarca 100, Cajamarca 105, Cajamarca 106, Cajamarca 109, Cajamarca 111, Cajamarca 112, Cajamarca 114, Cajamarca 115, Cajamarca 117, Cajamarca 121, Cajamarca 122, Cajamarca 129.

#### GRANADA BLANCO

Cusco 10, Cusco 11, Cusco 12, Cusco 20, Cusco 27, Cusco 31, Moquegua 01, Moquegua 12. Paro Granada: Moquegua 05B.

#### CABANITA

Cabana: Moquegua 14, Moquegua 15, Arequipa 06. Cabanita Granada: Arequipa 12

#### TUSILLA

San Martín 1, San Martín 3, San Martín 5, San Martín 10, San Martín 18, Ucayali 1, Ucayali 8, Loreto 1, Loreto 5, Loreto 8, Loreto 10, Loreto 12.

## DUDAS EN LA CLASIFICACIÓN

Granada.- Lambayeque 20, Lambayeque 35, Lambayeque 40. Granada/Marañón: Lambayeque 27, Lambayeque 37. Granada Blanco: Lambayeque 25,

Estaquilla o San Gerónimo Huancavelicano: Moquegua 04A, Moquegua 05C, Huánuco 07, Huánuco 29, Blanco Estaquilla: Huánuco 101, Pasco 06,

Ancashinos cancheros.- Harinoso pericarpio rojo: Cajamarca 107. Paro Ancashino: Huánuco 10, Huánuco 11A, Huánuco 12A. Amarillo de Áncash: Huánuco 12B, Huánuco 14B, Huánuco 17B, Huánuco 21. Ancashino: Huánuco 13. Ancashino Blanco: Huánuco 25. Proto Alazán: Piura 09, Cajamarca 30

## RAZAS CON POCA DISPERSIÓN

### PATCHO

Patcho: Cajamarca 69, Cajamarca 72

### PACHIA

Pachía: Tacna 02

### ALTIPLANO

Altiplano: Puno 05, Tacna 04.

Ver al final del capítulo fotos de las nuevas razas.

## 5.5. Reclasificación de Razas

Para completar la segunda aproximación de la Clasificación racial en el Perú será necesario, además de los estudios de investigaciones para resolver las numerosas hipótesis que se desprenden de la naturaleza de las relaciones entre las razas, la opinión y criterios de agricultores, profesionales y personas que están en contacto permanente con la diversidad del maíz en las regiones, información que felizmente está registrada en las encuestas de prospección y los informes respectivos de los tres últimos proyectos patrocinados por el MINAM. Sin embargo será necesario que esa información se analice en conjunto y se ponga a disposición de los investigadores para documentarlos en un contexto más global en forma de tesis y artículos científicos. Las razas que requieren una reclasificación son:

Huachano.- Es urgente cotejar esas muestras con el Huachano colectado originalmente. Si el denominado Huachano actualmente es diferente a la raza inicial, no es conveniente bautizar a esta con otro nombre porque ya es muy conocida; debe mantenerse el nombre Huachano y en la segunda aproximación se debe aclarar la situación y habrá que caracterizarla como una nueva raza y compararla con las muestras colectadas en la década de 1950.

Chaparreño.- La raza Chaparreño, aunque recibe su nombre de una variedad cultivada en Arequipa, representa a variedades similares que se encuentran en

muchos sitios de la costa sur del Perú desde Ica hasta Tacna. Debe publicarse en la segunda aproximación, incluyendo las variedades que se colectaron recientemente y se clasificaron como Iqueño; Iqueño y Chaparreño son la misma raza.

Sabanero.- Hay que incluirla en la segunda aproximación cambiándole de nombre porque parece que Sabanero es una introducción de una variedad colombiana y eso no es posible probar. En todo caso la forma introducida es muy poco distribuida. La raza de mazorcas largas, cilíndricas y granos harinosos, redondeados amarillos o cremas, es mucho más frecuente en Cajamarca. Hay que describirla y nominarla con un nombre local que sea reconocible por la población. Debe ser considerada como una raza nueva e incluirla en la segunda aproximación.

Amarillo Huancabamba.- Debe incluirse en la segunda aproximación porque no está en la primera aproximación y nunca se publicó después de su colección en 1962.

Huarmaca.- La única variedad encontrada en el distrito de Huarmaca, sembrada en casi toda el área maicera de ese distrito parece ser una introducción de la raza ecuatoriana Huandango. Hay que incluirla en la segunda aproximación por las mismas razones que la raza Amarillo Huancabamba.

Coruca.- Es una raza no muy común en Tacna donde se siembra en la costa. Antes de incluirla en la segunda aproximación es conveniente hacer una investigación analizando las muestras nuevas y los estudios de prospección para conocer mejor su origen y dispersión. Clasificada en 1961 como raza incipiente.

Granada Blanco.- Variedad de maíz muy típica, de dimensiones excepcionales que se encuentra en la sierra de Cusco y Moquegua.

Blanco semidentado.- Raza introducida muy distinta a Arizona, Alemán y Chuncho, que son razas posiblemente derivadas del Tuxpeño mexicano.

Tusilla.- En la colección hecha en 2015 se ha encontrado en una frecuencia excepcional una similar al Cubano Amarillo pero con la mazorca muy flexible y delgada. Es indudablemente una introducción muy reciente de la raza caribeña Chandelle o Canilla. Se parece a Rienda. Este es un casi típico que requiere de un análisis molecular, porque lo único que podría probar que sean razas distintas es el patrón molecular.

#### 5.5.1. Razas que entran y otras que salen

La clasificación racial de la diversidad de un cultivo se hace por aproximaciones sucesivas, porque el proceso biológico que crea las razas y que hace que aumenten o disminuyan su vigencia es muy dinámico. Como de lo que se trata es de clasificar toda la diversidad de una especie, hay que conocer antes de clasificar las razas, toda la diversidad de la especie. El origen de una especie, su diversificación, su adaptación a los diferentes ecosistemas, las relaciones entre las razas y entre las variedades de la misma especie, la desaparición de

las razas, la generación de nuevas razas, las introducciones, son procesos dinámicos.

Cuando se publicó la primera aproximación de la diversidad racial del maíz en el Perú (Grobman et al), en 1961, se reconoció ese dinamismo en la clasificación de las razas que se agruparon en: Primitivas, Antiguamente derivadas, Tardíamente derivadas, Introducidas, Incipientes e imperfectamente definidas. Posteriormente se colectó la Sierra de Piura, una de las pocas regiones que no se colectaron en la década de 1950, y se clasificaron dos razas más (Vega, 1973).

Precisamente las dudas actuales, que resultarán en la segunda aproximación de la clasificación en la eliminación de algunas razas, correspondan a razas definidas en 1961, como Incipientes: Jora, Morado Canteño y Sarco; Coruca se mantiene como imperfectamente definida y Morocho Cajabambino posiblemente se integra a una raza nueva, Morocho Norteño (“nueva” significa que recién se describirá como raza, no es que sea recientemente originada).

Posiblemente se dejen de considerar como razas a las variedades Ajaleado, Perilla, Colorado y Chancayano Amarillo. Posiblemente también San Gerónimo y Tumbesino. Todas esas seis razas fueron clasificadas en 1961 como “Imperfectamente definidas”.

Entre las razas primitivas a la única que habrá que cuestionar es a Enano; no es que haya desaparecido, pero tiene una distribución muy limitada a una región en Madre donde en 1961 se colectó una sola muestra.

Entre las razas antiguas hay una que no se ha encontrado con la frecuencia de las primeras colecciones: Rabo de zorro. Hay buenas evidencias de que la mazorca flexible típica de esa raza es una malformación de la mazorca, encontrada en diferentes razas, solo en el norte donde los agricultores generalmente seleccionan las mazorcas las más largas como progenitores (Sevilla et al, 1976). Entre las razas antiguamente derivadas, la raza Chimlos también está en duda.

Las últimas colecciones de maíz hechas con el patrocinio del Ministerio del Ambiente (MINAM), corroboraron la primera clasificación y además mostraron razas que no se detectaron en la primera aproximación. Ellas son:

Blanco Harinoso.- Incluye una serie de variedades de grano blanco harinoso, como el Blanco de Bambamarca, Blanco de Ayabaca y otras más, generalmente confundidas erróneamente con la raza Cuzco.

Cancho Norteño.- Muchas variedades cancheras como el Amarillo Cajatambino y otras de Huánuco, Pasco y Cajamarca forman una raza de muy amplia distribución calificada como cancho por su uso evidente.

Morocho Norteño.- Todos los Morochos del norte son más grande y de mazorcas más largas que la raza Morocho que se encuentra más bien en la Sierra sur.

Lambayeque.- Es la raza común de la sierra de Lambayeque. Caracteres de grano son típicos de las razas de consumo como cancha.

Introducidas.- Hay otras razas que se están sembrando en el país que son introducciones. Por ejemplo, Harinoso Tarapaqueño desde Chile, que ya se cultiva en Tacna, Huandango desde Ecuador que se cultiva en la provincia de Huancabamba, distrito de Huarmaca y una variedad proveniente de Brasil que se cultiva en Ucayali con el nombre de Pipoca (no es Pipoca). Si se demuestra que Tusilla es una raza distinta que Rienda, es una raza nueva en el Perú, proveniente probablemente de Colombia, Venezuela o algún país caribeño.

Metodología para probar las hipótesis de que una variedad nueva pertenece a una raza ya escrita o una nueva raza.

- 1) Registrar en un solo archivo la mayor cantidad de caracteres de mazorca, planta y panoja. Los caracteres de mazorca en las mismas mazorcas colectadas y los datos de plantas en cultivos en campos de adaptación similar a las áreas de origen
- 2) Estudiar si es posible el número y posición de nudos cromosómico.
- 3) Análisis de grupos para ver si dos razas supuestamente iguales se distribuyen diferente en un dendrograma. Pero los criterios culturales generalmente no son morfológicos ni citológicos, sin embargo son muy importantes para definir las razas.
- 4) Análisis moleculares con métodos estadísticos discriminativos, solo considerando las razas analizadas previamente con criterios morfológicos o citológicos, probando una hipótesis nula de igualdad entre razas.

Todo eso tomará por lo menos dos años si se siembra los campos para tomar datos de planta y panoja.

#### 5.5.2. Variedades que no tienen categoría de raza

Enano.- La única muestra que se tiene de esa raza de la primera colección es Madre de Dios O3. La raza existe todavía, pero siempre se ha sembrado en una baja frecuencia. Se recomienda que no se incluyan como raza en la segunda aproximación (SA). Cuando variedades locales se siembran en baja frecuencia, se recomienda considerarlas bajo el título de "Razas sembradas en baja frecuencia"

Rabo de zorro.- Rabo de Zorro no es una verdadera raza, es más bien una deformación de la mazorca, como se ha demostrado en la última colección donde se han encontrado mazorcas flexibles en diferentes razas.

Jora.- Es una evidente introducción desde la Sierra de un solo agricultor de Huarmey que la mantiene hasta ahora. No es una verdadera raza de la Costa. No se debe incluir en la SA. Fue clasificada en 1961 como raza incipiente.

Colorado.- Poco frecuente en la costa. En las últimas colecciones se ha encontrado poco; en todo caso puede ser considerado como un tipo diferente

por el color, de la raza Arizona, pero no debe ser considerada en la SA. Clasificada en 1961 como imperfectamente definida

Morado canteño.- Solo se encuentra en el valle de Canta en la Costa central en áreas muy limitadas. Es una variedad de la raza Cuzco. Clasificada en 1961 como raza incipiente. Eliminar de la SA.

Chancayano Amarillo.- Lo más probable es que la variedad Chancayano Amarillo sea más bien una variante de la raza Perla. No hay mayores diferencias entre esas dos razas. Eliminar de la SA. Clasificada en 1961 como imperfectamente definida

Alemán.- Eliminar de la SA hasta que se demuestre una dispersión más amplia y generalizada.

Chimlos.- Según los criterios usados para incluir una raza en la SA, Chimlos no debería ser considerada, porque no se ha encontrado una variedad similar a la que se publicó en 1961. Sin embargo hay varias variedades que no se publicaron en 1961 que merecen estar en la SA. Hay una variedad en las zonas bajas del Valle del Mantaro en el camino hacia la selva que clasificamos como Chimlos, pero posteriormente concluimos que era diferente al Chimlos. Hay que sugerir a César Oscanoa que la describa como una raza nueva y que la bautice con un nombre representativo de la región que colectó.

Perlilla.- Es una raza pobremente definida que más parece una serie de segregantes de cruces entre el Cubano Amarillo y otras razas locales. No debe ser considerada como una verdadera raza. Clasificada en 1961 como imperfectamente definida.

Sarco.- Clasificada en 1961 como raza incipiente.

Ajaleado.- Clasificada en 1961 como imperfectamente definida

Hay además un grupo de razas que deben analizarse mejor en el contexto de las experiencias actuales, para definir mejor su dispersión, cambiar de nombre si es necesario para orientar su consumo y utilización con ayuda de los saberes locales y centralizar su compuesto racial para mejorar la raza y expandir su mercado.

## 5.6. Socialización de la metodología para la línea de base del maíz

Los asuntos relacionados a la conservación, clasificación y utilización sostenible de la diversidad de los cultivos en el país deben ser discutidos entre todos los especialistas porque no hay teorías fuertes y mucho menos experiencias canalizadas como temas científicos a donde podamos recurrir.

Las razas deben ser las unidades de conservación y monitoreo. Porque la clasificación racial es una clasificación cerrada, o sea de toda la diversidad del maíz en el Perú. Después de coleccionar toda la diversidad, se clasifica con criterios

botánicos (morfológicos, fenológicos, citológicos), criterios ecológicos (adaptación) y culturales (usos y costumbres). En la década de 1950 se hizo la primera colección de maíz en Latinoamérica y todos trataron de usar los mismos criterios para hacer la clasificación lo más objetiva posible; sin embargo en el proceso son inevitables las subjetividades, por eso el número de razas varía alrededor de 50.

La clasificación es cerrada porque se analiza toda la diversidad. En el Perú no hay especies relacionadas. Las variedades nativas en su conjunto hacen toda la diversidad de la especie. Las variedades mejoradas son parte de la diversidad de las especies, pero por lo menos en el caso del maíz en el Perú, las variedades no han tenido transcendencia; se cambian con mucha frecuencia. De la clasificación resultan grupos más o menos homogéneos dentro de ellos y con diferencias notables con los otros. En todos los países pasó lo mismo.

Se acepta que en un solo proceso no podemos captar ni conocer toda la diversidad, por eso se le llama el primer intento de clasificación (Grobman, Salhuana, Sevilla, 1961), la primera aproximación. La segunda sería la que se está ejecutando ahora con una previa nueva colección.

Las dudas (el análisis de cada duda es una hipótesis) que pueden ser analizadas con métodos científicos son: 1) Las variedades muy localizadas propias y exclusivas de alguna región, no fueron consideradas como razas: Pachía en Tacna, Cabana de Cabanaconde Arequipa. Blanco choclero de Bambamarca, Blanco de Ayabaca, Choclero amarillo de Huánuco, y otros más que seguro serán analizados para que pasen a la categoría de raza. 2) Razas clasificadas en la década 1950 con pocas colecciones no parecen verdaderas razas, son parte de la variabilidad de otras razas de mayor difusión. En la lista están razas más importantes que van en paréntesis: Alemán (Chuncho), Sarco (Ancashino), Ajaleado (Ancashino). 3) Jora no es raza de la Costa, parece una introducción desde la Sierra, que fue colectada en la Costa. 4) Rabo de zorro es una malformación de la mazorca que se encuentra en otras razas. 5) Confite Puneño es más bien Altiplano, como ha sido clasificado en Bolivia; se encuentra no solo en Puno, también hay en la sierra de Moquegua y Tacna....y varios casos más que hay que analizar en esta segunda aproximación. 6) Algunas hay que cambiar de nombre; además del caso de Altiplano, a Sabanero, que es un nombre de una raza Colombiana se le podría cambiar por Umutu.

Aproximadamente 40 razas están bien: Todas las razas de costa,; no hay dudas con razas de Sierra Central (referente: César Oscanoa), ni Sierra Sur (referente: EE Andenes). Tampoco hay dudas con las de Selva (excepto que hay una nueva raza introducida desde Brasil (Chávez et al, 2004).

No hay posibilidades de confundir las razas por nombres de variedades nativas. Hay por supuesto muchas dudas con las criollas; la clasificación se hizo con las razas nativas. De una cruce entre dos razas se puede derivar una nueva raza, pero no es el patrón más frecuente. Lo más frecuente es que de un tronco común se desprenden varias razas por selección natural por adaptación a condiciones ecológicas específicas.

Hay regiones con mayor concentración de razas, por ejemplo en la Sierra Central se encontraron 13 razas en la década de 1959, las mismas que se colectaron casi en las mismas frecuencias y en los mismos lugares 50 años después (ref. Oscanoa, Sevilla). Si se colecta bien, con muestreo estratificado, es posible encontrar zonas de concentración de la diversidad localizando las muestras colectadas en un mapa.

El riesgo de contaminación con OVM hay que analizarlo después de tener el panorama más avanzado y claro. Por ahora hay que concentrarnos en otro topo de riesgo: 1) riesgos climáticos, principalmente sequías y heladas, hay muchos ejemplos: caso de Bolivia (Rea, varios reportes) y las conclusiones del Proyecto de Conservación in-situ: los factores físicos, bióticos, principalmente plagas y enfermedades y abióticos, principalmente sequía heladas son las principales amenazas de la biodiversidad. 2) Variedades como el Blanco del Cusco, que debido a su mejor precio de mercado se siembra en todas partes, es actualmente en el Perú la amenaza principal de la desaparición de la diversidad del maíz in-situ.

Debido a que la clasificación se hizo con criterios morfológicos, ecológicos y culturales la clasificación racial no siempre concuerda con la clasificación hecha con métodos moleculares. Un solo ejemplo: Blas et al, 2002, localizaron al San Gerónico y al Pisccorunto muy juntos en un dendrograma con RAPDs y AFLP; sin embargo nadie en la Sierra, agricultor o consumidor puede dejar de distinguirlos.

Los aspectos culturales son importantes porque entre otras cosas, nos van a orientar a encontrar caracteres de valor. La identificación de caracteres de valor es fácil en el caso del maíz, porque todos son externos (por eso es que el kilo de cualquier maíz amiláceo de la sierra cuesta de dos hasta cinco veces más que el maíz amarillo duro). Pero en otros cultivos los caracteres de valor son internos; por ejemplo, la cantidad de lisina en el grano de la quinua, la cantidad de Fe en la cañiwa, la cantidad de Ca en la ñuña. Algo debe tener la chicha de jora hecha con la raza Amarillo de Oro (otra raza que debe cambiar de nombre en lugar de Cuzco Cristalino Amarillo, porque el grano morocho como el de Amarillo de Oro no es cristalino), que la hace tan sabrosa. No por gusto, la principal conclusión del Foro que INIA y Bioersity organizaron en el 2010 y que ha sido la más grande conjunción de ideas sobre la agrobiodiversidad fue: analizar la diversidad de las especies cultivadas con métodos fitoquímicos a nivel regional, para exportar desde las regiones productos con valor agregado.

#### 5.7. Conservación ex situ de la diversidad de maíz en el Perú

Se denomina conservación ex situ al mantenimiento de una muestra de semillas de las variedades nativas preservadas en campo de los agricultores, para mantenerlas en condiciones especiales, que permiten el mantenimiento de la viabilidad de semillas el mayor tiempo posible. Generalmente se hace en cámaras con control de humedad y temperatura. En el banco de germoplasma del maíz peruano se conserva la viabilidad de la semilla a mediano plazo, porque las cámaras tienen condiciones para conservar semilla a mediano plazo: 5°C y +/- 40% de humedad relativa.

Actualmente se conservan con muy buena capacidad germinativa aproximadamente 2,000 accesiones. Hay duplicados de las accesiones peruanas con un número apropiado de semillas en Svalbard, Noruega y en el CIMMYT en México. En las condiciones actuales es necesario regenerar semillas cada cierto tiempo, lo cual es un problema porque todas las muestras se tienen que sembrar juntas para polinizarlas artificialmente y algunas sufren por falta de adaptación. Hay también un problema de deriva si las regeneraciones se hacen con menos de 100 mazorcas en cada accesión.

Todo eso hace imperativo contar con nuevas facilidades para conservar semilla a largo plazo, en cámaras con temperaturas a  $-18^{\circ}\text{C}$  a  $-20^{\circ}\text{C}$  en recipientes herméticamente cerrados, donde la capacidad de germinar de las semillas se mantenga al máximo.

## 5.8. Tareas Pendientes

### 5.8.1. Caracterización para completar la Clasificación

La diversidad del maíz necesita caracterizarse para elaborar el expediente técnico de las razas nuevas o modificar la primera aproximación. La mazorca y planta de aproximadamente 400 muestras necesitan ser caracterizadas para ello. La caracterización de la mazorca se hará en UNALM y la de planta en la Sierra de Lambayeque, Cajamarca, Cusco y Arequipa, lugares donde se puede adaptar bien la diversidad recientemente colectada. La caracterización se hará con los descriptores de maíz, revisados y aumentados (Chavarry ; Cárdenas, 1976).

### 5.8.2. Completar la Clasificación Racial del Maíz en el Perú

El proyecto incluirá el estudio de las nuevas razas, preparando el expediente técnico para proponerlas como razas nuevas, preparándolas para formar los compuestos raciales y empezar la selección una vez que estén bien descritas y publicadas. Las nuevas razas (subrayadas) y el conjunto de variedades cuya integración a la raza principal está en estudio se presenta a continuación: Blanco semidentado: Blanco semidentado, Blanco harinoso, Blanco Ayabaca, Blanco Bambamarca. Canchero Norteño: Marañón, Canchero Huánuco, Amarillo Ancashino de Cajamarca, Paro amarillo, Shajatu, Sarco, Canchero rojo de Cajamarca. Lambayeque: Lambayeque, Huarmaca, Sabanero blanco, Sabanero amarillo harinoso, Sabanero rojo, Sabanero de la Libertad, Amarillo harinoso de Amazonas, Amarillo semidentado de Lambayeque, Amarillo Huancabamba y Umutu. Morocho Norteño: Morocho norteño, Morocho Cajabambino, Morocho de Ancash, Blanco Harinoso: Blanco de Lambayeque, Blanco canchero de Pasco, San Gerónimo Huancavelicano de Pasco, Blanco harinoso, Blanco Ayabaca, Blanco Bambamarca. Choclero de Puno, Granada Paro blanco: Paro blanco de Cusco, Paro blanco de Moquegua.

### 5.8.3. Actualizar el Mapa de Distribución de las Razas de Maíz del Perú

#### 5.8.4. Colección de Semilla de las Razas Costeñas

Para tener una mayor representación de la diversidad de la raza en los compuestos se coleccionarán 10 muestras de cada una de las razas en sus lugares de origen. Las mismas servirán como la línea de base de la diversidad actual para compararla con el compuesto. Solo en la Costa es necesario coleccionar; en los otros casos de Sierra y Selva se cuenta con suficiente muestra para hacer los compuestos y para otros usos.

#### 5.8.5. Publicación de la Segunda Aproximación de la Clasificación Racial

La primera aproximación se publicó en 1961 (Grobman et al). En la segunda aproximación se asegurará que se incluyan todas las variedades nativas que tienen importancia por lo menos regional y que son identificadas por agricultores y consumidores. Además se incluirán las razas que tienen importancia como ancestros de otras razas más modernas.

#### 5.8.6. Edición del Archivo de la Diversidad de Maíz en el Perú

La segunda aproximación de la clasificación racial del maíz en el Perú requiere implementar una serie de sub-proyectos.

#### 5.8.7. Uso de los marcadores moleculares en la diferenciación de razas

El primer intento de clasificar la diversidad del maíz peruano en razas usando el análisis molecular fue de Blas et al, 2002. Se analizaron 36 accesiones del banco de germoplasma de maíz del Perú. Los agrupamientos de las razas usando AFLP y SSR (microsatélites) fueron parecidos. Las razas de la Sierra se agrupan muy cerca y también con algunas razas de Costa y Selva. Algunos casos son muy evidentes como por ejemplo la cercanía entre San Gerónimo y Piscorunto, con AFLP, pero es inexplicable la cercanía entre Huarmaca, una raza introducida y Piscorunto. En general hay coincidencias entre las cercanías de razas clasificadas con métodos morfológicos, ecológicos y culturales y la clasificación molecular.

López-Bonilla, 2012, presentó los resultados de los análisis moleculares aplicados en varias razas de maíz de la Costa y en varios híbridos foráneos de maíz amarillo duro (MAD). Concluyó que los valores de alto polimorfismo observados en las razas muestran que no han sufrido pérdida de diversidad o erosión genética en más de 50 años de coexistencia con MAD. Dos grandes grupos separan a las muestras de razas de Costa de los híbridos MAD, foráneos y del INIA. Hay pequeña diferencia entre muestras de una misma raza obtenidas en diferentes localidades, por ejemplo la riqueza alélica o promedio de número de alelos de 10 loci microsatélites en la raza Mochero fue 4.4 en Túcume, 5.2 en una localidad de Mochumí y 5.4 en la otra, y 4.7 en una accesión del banco de germoplasma. El Alazán muestreado en el banco de germoplasma mostró un promedio de número de alelos de 3.6; en Túcume y en

llo fueron iguales: 4.6. En general el promedio de número de alelos fue mayor en el campo que en la muestra analizada del banco de germoplasma, lo que es lógico porque el tamaño de las muestras colectadas para el banco varía entre 10 a 20 mazorcas mientras que el de las razas locales analizadas en este proyecto fue de 100 mazorcas.

El análisis de esos dos artículos científicos muestra las posibilidades de los métodos moleculares para probar todas las hipótesis que se desprenden de la clasificación de las razas de maíz con fines de precisión y ajuste para acercarnos más a la verdadera diversidad de la especie en el país. .

Fotos de las nuevas razas de maíz en las siguientes páginas.

aaa

**bbb**

ccc

## Referencias

Aguirre C. 2013. Informe de Consultoría. MINAM

ASPROMAD 2014. Informe de Consultoría. MINAM

ASPROMAD 2015. Informe de Consultoría. MINAM

Blas R., J. Ribaut, M. Warburton, J. Chura y R. Sevilla. 2000. *Análisis molecular de razas de maíz peruano con marcadores AFLP y microsatélites (SSR)*. IV Congreso Peruano de Genética. La Molina. Lima, Perú.

Brown A.H. y D.R. Marshall. 1995. *A basic sampling strategy: theory and practice. En: Collecting Plant Genetic Diversity. Technical guidelines*. Eds. L. Guarino, V. Ramanatha Rao, R. Reid. Pag.: 75-91.

Cárdenas G.C. 1976. *Correlación entre características de panoja y de mazorca en razas de maíces peruanos*. Tesis Ing Estadístico. UNA La Molina. Lima, Perú.

Chávarry B. *Caracterización morfológica de una muestra de accesiones de maíces peruanos del Banco de germoplasma de Maíz de la UNALM*. Tesis Mg Scientiae. UNA La Molina. Lima, Perú.

Grobman A., W. Salhuana y R. Sevilla. 1961. *Race of Maize in Perú*. Nat Academy of Science. Nat Research council. Pub N° 915. Wash. D.C. USA.

Crossa y Venkovsky, 1997, Variance effective population size for two stage sampling of monoecious species. *Crop Science* 37: 1426.

Grobman A., W. Salhuana y R. Sevilla. 1961. *Race of Maize in Perú*. Nat Academy of Science. Nat Research council. Pub N° 915. Wash. D.C. USA.

Leujene M. y T. Calinsky, 2000. *Canonical analysis applied to multivariate analysis of variance*. *Journal of Multivariate Analysis* 72: 100-109.

Lopez Bonilla C. 2012. *Informe Final del sub-proyecto: Línea de base molecular de la estructura poblacional de razas locales de maíz y posible flujo génico en zonas de coexistencia con cultivares híbridos de maíz amarillo duro*. LAC-Biosafety. Lima Perú.

Lin C.S. 1982. *Grouping genotypes by a cluster method directly related to genotype environment interaction mean square*. *Theor. Appl. Gen.* 62: 277-280.

Mangelsdorf P.C. 1974. *Corn: Its Origen, Evolution and Improvement*. Harvard Un. Press. Cambridge, Mass. USA.

Marshall D.R. y A.H. Brown. 1975. *Optimum sampling strategies in Genetic Conservation*. En: *Crop Genetic Resources for today and tomorrow*. Eds: G. Frankel y J. Howkes. IBP. N° 2. Cambridge Un. Pags: 53-80. Londres. U.K.

Mayr E. 1974. Population Species and Evolution. The Belknap Press of Jarvard Un. Press. Mass. USA.

Ortiz R. 1985. *Efecto ambiental, Interacción genotipo medio ambiente y heredabilidad de las características morfológicas usadas en la Clasificación Racial del Maíz en Sierra del Perú*. Tesis Mg. Scientiae. UNA La Molina. Lima, Perú.

Oscanoa C y R. Sevilla. 2010. Mejoramiento conservativo del Maíz en la Sierra del Perú. INIA, INCAGRO. Lima, Perú.

Sevilla R. y M. Holle, 2004. *Recursos Genéticos Vegetales*. Luis León Asociados. Lima, Perú.

Vega, 1972. *Análisis discriminantes para la diferenciación de Razas de Maíz*. Tesis Ing Estadístico. UNA La Molina, Lima, Perú).

### 6. PROPUESTAS PARA LA GESTIÓN DE LA DIVERSIDAD DEL MAÍZ

Si el conjunto de todas las razas es toda la diversidad del maíz en el Perú y si el maíz es tan antiguo como se explicó en el capítulo 2, debería tener muchos caracteres favorables, como tolerancias a factores abióticos, resistencias a enfermedades y plagas, caracteres de valor interno, como altos niveles de proteínas, carbohidratos, aceites, polifenoles, antocianinas y muchos metabolitos secundarios y principios activos, y caracteres de valor externos, como granos de forma y color apreciados por los consumidores. Esos caracteres externos son vistosos y de muy alta heredabilidad. Los agricultores los seleccionaron durante muchos años siempre en el mismo sentido todos los años, es decir siempre seleccionaron los granos grandes, por ejemplo y es por eso que se encuentra una gran variación de esos caracteres de valor con muy alta frecuencia.

Los otros caracteres son también de mucho valor, pero son internos o de muy baja heredabilidad, por eso los agricultores no los podían apreciar. Algunos como la resistencia a enfermedades se expresaban solo en algunos años porque no habían las condiciones ambientales favorables para que se presente la enfermedad o porque la variabilidad de patógenos era muy grande, típico también de los países diversos y por lo tanto las variantes más patogénicas estaban en baja frecuencia y la enfermedad no se presentaba aun habiendo condiciones favorables. Extraña que en el Perú, donde se siembra el maíz en ambientes fríos, no se ha encontrado tolerancia al frío en los primeros estados de desarrollo de la planta, no por lo menos en los niveles en que se encuentra con facilidad en las zonas frías productivas del hemisferio norte. Para entenderlo, revisemos la diferencia entre diversidad y variabilidad,

La diversidad es el conjunto de diferencias entre elementos distintos de una especie, razas, variedades, ecotipos, morfotipos, y el número de ellos en un determinado ecosistema. Una especie cultivada es más o menos diversa cuando tiene más o menos razas; una especie silvestre es más o menos diversa en un ecosistema cuando se presentan en ese ecosistema más o menos ecotipos. La variancia se refiere a las formas distintas en que se presenta una característica en una población. El adjetivo variable se aplica a una característica en una población definida; por ejemplo se puede decir que el color del grano es variable en un campo de un agricultor del Valle del Mantaro que está sembrando la raza San Gerónimo; por extensión también se puede decir que el color de grano de la raza Cuzco sembrado en el Valle del Mantaro tiene variancia cero porque todos los granos son blancos.

Una característica es variable cuando el gen o los genes que la gobiernan tienen en la población varios alelos, más de dos. Un individuo de una especie diploide como el maíz tiene solo dos alelos de cada gen; pero la población puede tener más de dos alelos. En general se supone que las especies más antiguas en una región son las que más alelos tienen de los caracteres adaptativos. Los caracteres adaptativos son los que definen la adaptación en un ecosistema, generalmente tolerancia a factores abióticos y resistencias a enfermedades y plagas. La suma de la frecuencia de los alelos es 1. Si hay dos alelos, generalmente uno de ellos tiene alta frecuencia y el otro,

baja frecuencia, en una variedad mejorada por ejemplo. En una población de la raza Chullpi, el alelo *su* responsable de los granos arrugados dulces que es un recesivo al normal no arrugado, tiene frecuencia 1, o sea el normal tiene frecuencia 0 porque la suma debe ser 1. Si el Chullpi se contamina porque recibe polen de otra raza, la frecuencia del *su* ya no será 1, tendrá un valor más bajo dependiendo de la intensidad de la contaminación.

Las razas nativas de los maíces peruanos probablemente tengan muchos alelos para esos caracteres adaptativos. La mayoría de esos caracteres adaptativos son complejos, o sea son un conjunto de varios caracteres simples, la mayoría de esos caracteres son gobernados por genes cuantitativos. Por esa condición principalmente, porque son más de dos alelos, los alelos responsables de los caracteres adaptativos, que son los que más se necesitan, están en baja frecuencia (Sevilla y Holle, 2004) a veces tan baja que no se pueden observar en una parcela simple que usamos para evaluar las accesiones del germoplasma, o no se captan cuando se colectan, o habiéndolos captados en la colección se pierden por muestreo en la regeneración y otras actividades propias del germoplasma. Mientras tanto, esa riqueza escondida está en las manos de los agricultores más pobres el Perú.

## 6.1. Conceptos previos

### 6.1.1 La estructura genética de las variedades nativas de maíz

Las variedades nativas de maíz son cultivadas por pequeños agricultores; las poblaciones de maíz que cultivan esos agricultores son pequeñas también. Pero lo más crítico es que la cantidad de progenitores que intervienen para pasar de una generación a la siguiente es mucho más chica que la población que manejan los agricultores. En una población de una especie alógama como el maíz, donde todas las plantas se cruzan al azar, todas efectivamente producen polen cuyos gametos tienen la misma posibilidad de fertilizar a los óvulos de la misma población (Ver capítulo 2). Pero no todas las semillas tienen la misma posibilidad. La costumbre de los agricultores de conservar las mazorcas en sus huayuncas, y de seleccionar solo las mejores para semilla reduce drásticamente el tamaño efectivo ( $N_e$ ) generando endocria (Falconer y Mackay, 1997), que es el primer paso a la erosión genética que sufren casi todas las variedades de los pequeños productores.

Un modelo muy simple puede explicar la pérdida de alelos o sea la erosión genética. Supongamos que un principio activo muy valioso, que se encuentra en un nivel medio en una variedad nativa de maíz, es gobernado por un solo gen con dos alelos: A = alto nivel, a = muy bajo nivel; y no hay dominancia o sea el genotipo AA es alto, Aa es medio y aa es bajo. Como es un carácter interno, los agricultores no lo seleccionan y como no tiene valor en la adaptación tampoco hay selección natural, o sea, si por ejemplo empezamos con una población donde A y a tienen la misma frecuencia o sea 0.5 cada uno, la proporción de genotipos de la población según la ley de Hardy-Weinberg será 0.25 AA: 0.5 Aa y 0.25 aa. Pero cuando las plantas que se reproducen son pocas ( $N_e$  bajo), algunos agricultores pierden el genotipo AA y otros pierden el genotipo aa. Ambos se acercan a la homocigosis. Cuando eso pasa con caracteres adaptativos la homocigosis genera endocria que

produce depresión de endocría, debilitando a la planta, bajando su productividad y otros efectos adversos que en maíz son muy graves. La solución es juntar las muestras para controlar la endocría, o sea juntar las variedades del agricultor que pertenecen a una misma raza en un mismo ecosistema. A las poblaciones resultantes se les denomina compuestos raciales (CR).

### 6.1.2 Los Compuestos Raciales

Los CR se forman juntando en una misma población semilla de los agricultores de una misma raza - para no perder identidad- y de un mismo ecosistema - para no perder adaptación. Como las diferencias entre agricultores han sido producidas al azar, no hay buenas y malas, todas se consideran iguales y se mezclan en partes iguales. Juntar solo las supuestamente mejores tomaría varios años porque hay que probar las variedades en experimentos por dos años o campañas en varias localidades para poder seleccionar las mejores controlando las interacciones. Mientras tanto si se juntan sin probarlas se gana ese tiempo recombinando las muestras, con lo que se logra acomodar los genes para facilitar la selección posterior.

El procedimiento ha sido usado en muchas ocasiones en Latinoamérica (Sevilla et al 1984), pero solo para formar los CR después de haber caracterizado toda la diversidad del maíz en el Cono Sur de Sudamérica. En esta oportunidad, el objetivo será conservar sostenidamente la diversidad del maíz en el Perú. Pero hay otros objetivos que, aunque de menor rango, están orientados al objetivo principal de la conservación de la diversidad. Nadie conserva lo que no se usa. A medida que la gente se muda a las ciudades ya no puede usar sus variedades nativas y cambia su alimentación por alimentos producidos en grandes extensiones y comercializados en grandes volúmenes abaratando el precio de mercado. Además que la preparación de esos alimentos es más fácil, toma menos tiempo y es más económica porque se reduce el gasto en energía doméstica. La tendencia a vivir en las ciudades es imparable. Ese es el mayor riesgo que afronta la diversidad.

Otra utilidad de los CR es mantener a las variedades nativas libres de la contaminación con OVM o cualquier otro contaminante que le quite valor a la diversidad nativa. El CR, como está formado con todas las muestras de una determinada raza en una región, contiene toda la diversidad de la raza en esa región. Si terminada la moratoria, se aprueba la siembra de un OVM en una región donde se siembra una raza de maíz, será imposible en la práctica asegurar que las variedades nativas no han sido contaminadas. Pero si será posible certificar que los CR no han sido contaminados si se cumplen los reglamentos de aislamiento por espacio o tiempo. Aunque se acepta que los reglamentos de aislamiento serán más rigurosos que los empleados regularmente por las empresas productoras de semilla híbrida, serán cumplidos con facilidad. Esa es una gran ventaja del uso de los CR.

Los CR se siembran en una localidad apropiada donde pueden concurrir los agricultores organizados las veces que sea necesario y cuando se desarrollen talleres en diferentes etapas del cultivo. En el gráfico 1 se muestra el diseño de un

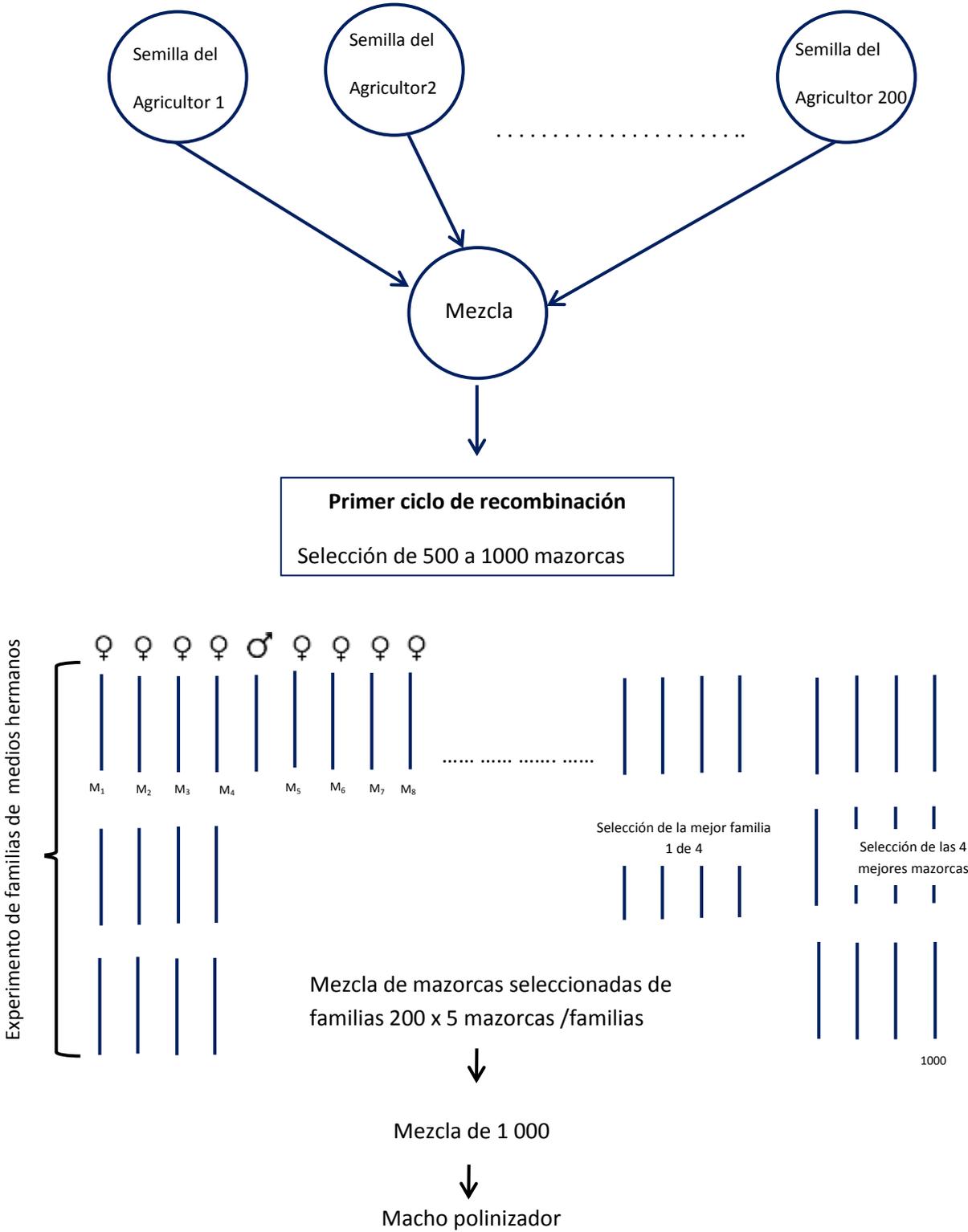
típico campo donde se hace la selección y se produce la semilla. La progenie de cada mazorca seleccionada se siembra el siguiente ciclo (caso de la costa o selva donde se puede sembrar dos veces al año) o cada año (caso de la sierra). Las parcelas tienen aproximadamente 10 m<sup>2</sup>; en cada parcela se siembra una familia de medios hermanos porque todos los granos de una misma mazorca son medio hermanos entre sí. Cien granos de cada mazorca seleccionada se juntan en un solo saco para formar el macho polinizador. El polinizador se siembra cada cuatro parcelas de familias, a lo largo de todo un surco.

Como el mejoramiento es participativo no se hacen repeticiones porque eso requeriría mantener la identidad de cada familia para juntar y promediar la respuesta de la familia a través de las repeticiones. En su lugar, se selecciona la mejor familia de un grupo de familias juntas que están flanqueadas por el macho polinizador (25% de intensidad de selección). Hay que despanojar los surcos de las familias para que todos reciban por igual polen del macho polinizador. Esa operación la hacen los agricultores con facilidad cuando aprenden, lo que se ha probado en muchos lugares y casos diferentes.

Todas esas operaciones contarán con especialistas en algún momento del cultivo. La selección de las mejores mazorcas y de las más típicas para uniformizar el producto que es un requisito del mercado, se hace muy fácilmente dentro de las parcelas de las familias. Es muy fácil reconocer cual es la de mayor rendimiento de cuatro parcelas adyacentes; o cual es la más precoz, la más resistente a enfermedades de hoja, la que tiene mazorcas más sanas. En pocos ciclos se uniformizan los caracteres de valor lo cual le da un valor agregado al producto.

Cuando se forma por primera vez el compuesto con la mezcla de todas las muestras colectadas de una misma raza en una localidad, el ciclo de selección, es 0 (C0). Si se selecciona por ejemplo la raza Kculli en Ayacucho, sería Aya/Chullpi C0. El siguiente ciclo es Aya/Chullpi C1 y así sucesivamente.

GRÁFICO N° 6.1 FLUJO DE ACTIVIDADES Y PRODUCTOS EN EL COMPUESTO RACIAL



### 6.1.3 El Mejoramiento Participativo

Se puede reducir la emigración del campo a la ciudad, donde el trabajo para los agricultores que solo saben cultivar la tierra, será necesariamente precario, si lo que sabe hacer en el campo presenta una demanda estable, fácilmente comercializable a precios razonable, con perspectivas de mercados más seguros y rentables. El objetivo es transformar los CR en variedades mejoradas. Si cada región mejora sus propias razas, el producto será distinto y por lo tanto la mayor producción no reducirá los precios. La rentabilidad se asegura si las variedades son adaptadas, situación que está asegurada en un CR. Cuando alguna variedad empieza a tener más demanda, se siembra en otros lugares lejos de su lugar de origen y se pierde adaptación. La principal consecuencia de eso es que aumentan los costos de producción y se pierde rentabilidad; se aplica más fertilizantes, más insecticidas, fungicidas, riego tecnificada, y otras tecnologías que no serán necesarias en los CR que alcanzaran alta productividad a través de la selección y el uso de buena semilla que será controlada por el propio agricultor. Sevilla (2015), demostró que usando métodos de mejoramiento que son los que se usarán en los CR se puede conseguir una ganancia por ciclo suficiente para que el agricultor se dé cuenta del mejoramiento de sus variedades, sin mayores costos, no más que su propio trabajo porque el mejoramiento será participativo (Rincón, 2002). Hay una serie de ventajas que se consiguen manejando apropiadamente la diversidad de los cultivos; una de ellas es que se usa la adaptación específica, utilizando la adaptación que ya existe en las variedades locales.

La industria de semillas y la forma como se prestigia y se acredita el trabajo de los mejoradores privilegia a la adaptación general, tanto que la estabilidad es un carácter obligado es el mejoramiento moderno. La adaptación específica es un problema solo cuando queremos adaptar una variedad a muchos ambientes (objetivo principal de la industria de semillas y mejoradores). Las desventajas se convierten en ventajas cuando se privilegia la adaptación específica (Sevilla y Holle, 2004). El mejoramiento para condiciones adversas es más efectiva si se usa adaptación específica y diversidad de los cultivos (Ceccarelli, 1996).

Otra ventaja adicional del mejoramiento de la adaptación específica es que el agricultor no se desprende de su variedad. Él la integra a una variedad más compleja y de propiedad comunitaria, pero de alguna forma él se siente dueño de la semilla y de todo el proceso porque la gestión es participativa; es responsable en alguna medida del mejoramiento de la variedad. Esa es muy importante en regiones como la sierra del país donde la adopción de tecnologías efectivas ha sido casi nula. Esa limitación estará superada si el agricultor es el que genera la tecnología.

### 6.1.4 Los Caracteres de Valor

Los caracteres de valor son externos e internos. Los externos son fáciles de seleccionar y uniformizar. Los internos se analizarán en un laboratorio de fitoquímica de alguna universidad de la región. La ventaja de sacar la muestra en un experimento de CR es que se tiene una referencia del sitio, de la región, y lo más

importante es que se puede estimar la variancia de la característica porque se muestrean familias de medios hermanos.

Mientras tanto se organizan cadenas productivas con la participación de la Gerencia de Producción de las regiones. Todos los miembros de la cadena pueden conocer el valor de las futuras variedades. Los caracteres a analizar son por ejemplo, el nivel de ácidos grasos, el nivel de amilosa y amilopectinas de los almidones del grano, la calidad proteica de los granos, el nivel de algunos aminoácidos importantes del maíz como la metionina que se usa en alimentación de aves, el contenido de tocoferoles y otras vitaminas, el contenido de polifenoles, antocianinas y otros anti-oxidantes.

Todas las muestras se sacarán como mandan los cánones, lo que será transmitido en talleres de capacitación a los agricultores. A medida que se avanza en la selección, el producto se venderá con un certificado de laboratorio y en un empaque especial.

Es conveniente advertir que la uniformidad de los granos, que es el producto de maíz que se comercializa, no va en contra de la diversidad. Que unos pocos genes del maíz se hagan homocigotas no altera el nivel de diversidad que será siendo muy alto aún en ciclos avanzados de selección. Más bien será mayor en el CR que en cualquier variedad del agricultor y a medida que se seleccionen los caracteres de valor, los alelos responsables tendrán una frecuencia muy alta en desmedro de los alelos negativos o de bajo valor, pero en algunas características solamente. La ganancia de selección estará garantizado porque el método de selección garantiza la recombinación de los mejores alelos que tienden a estar juntos para facilitar la selección de los mejores en cada característica importante.

#### 6.1.5 Los Caracteres Adaptativos

El mejoramiento de los caracteres cuantitativos es difícil, aun contando con todas las técnicas y metodologías apropiadas. La selección se hará en condiciones naturales porque es muy difícil simular el ambiente propicio para que se expresen los genes responsables de la tolerancia o resistencia a los factores limitantes bióticos y abióticos.

La selección de caracteres de evasión es la mejor estrategia. En maíz, por ejemplo, para seleccionar para tolerancia al frío se seleccionan plantas oscuras, chicas, con la mazorca implantada muy bajo en la planta, con mazorcas muy bien cubiertas por las brácteas o pancas de la mazorca para encerrar el calor metabólico que se mantiene mejor en mazorcas de forma globular (Grenblatt 1985; Sevilla, 1995; Evaristo 1995). Eso ha permitido mejorar la tolerancia al frío en variedades andinas (Sevilla 2006). Más compleja que la tolerancia al frío es la tolerancia a la sequía. Chapman et al (1996) explicaron cómo se seleccionó para tolerancia a la sequía en el CIMMYT. Ellos seleccionaron por alto rendimiento a través de ambientes limitantes, corto intervalo de floración masculina y femenina (ASI) y alto número de mazorcas por planta en condiciones de sequía (Bänziger et al, 1999; Edmeades et al., 1996).

Cuando se dominen más las técnicas y metodologías para el fenotipo será posible usar la selección asistida por marcadores para localizar QTL (Quality trait loci: loci de caracteres cuantitativos) de manera de controlar las interacciones y elevar la heredabilidad con técnicas estadísticas que afectan a los caracteres adaptativos (Bernardo, 2008).

#### 6.1.6 La Producción Descentralizada de Semilla

Otra gran ventaja de los CR es que solucionan el principal problema tecnológico de la agricultura del Perú: la falta de semilla de calidad. No hay semilla de calidad porque nadie produce porque no la vende. La inversión es muy grande para tan poco mercado. Resulta mucho más rentable producir choclo. El choclo se vende fácilmente a buen precio; se evitan los riesgos ambientales como heladas, granizadas, exceso de lluvia en las cosechas, pudriciones de mazorca, además de robos en los campos o tendales, o daños de animales.

Los agricultores aprecian y son muy exigentes con la calidad física y sanitaria de la semilla. Aprecian mucho la uniformidad de la semilla y su tamaño. Los productores de semilla tienen que eliminar la semilla de la punta y la base de las mazorcas con lo que pierden aproximadamente la mitad de la producción. Una semilla con granos de la punta y de la base de la mazorca se considera de mala calidad. Como los agricultores no aprecian la calidad genética, algunos productores, cada vez más frecuentes, ofrecen semilla que sola ha sido limpia y cernida, sin ninguna seguridad de su calidad genética. Por eso muy pocos agricultores cuentan con semilla de calidad y usan su propia semilla que generalmente es de poca productividad principalmente por la endocría, por haber sido producida con pocos progenitores, o sea la semilla salió de pocas mazorcas.

Un compuesto racial es una variedad formada con la semilla del propio agricultor por lo tanto su aceptación está asegurada. En el mismo campo del experimento de selección se produce la semilla. El agricultor organizado es dueño de la semilla. Ya no tiene endocría porque los campos semilleros son suficientemente grandes. Una vez cosechado el experimento y seleccionadas las mejores mazorcas todos los años, se cosecha el macho, que produce aproximadamente 500 kg de semilla. Hay que planificar la producción de semilla en convenio con empresas o agricultores especializados, que podrían ser ellos mismos. Como van a estar en los campos experimentales, que son también semilleros, muchas veces durante la campaña, habrá muchas posibilidades de capacitarlo como semillerista; podrían empezar a producir semilla para otros agricultores de la región: semilla de calidad declarada. Como va a ser una gestión regional, pueden recibir legalmente certificados de productor. Con una buena gestión, podrá ser atendido por especialistas en mejoramiento genético, suelos, entomología, fitopatología y cultivos.

#### 6.1.7 Los Derechos del Agricultor

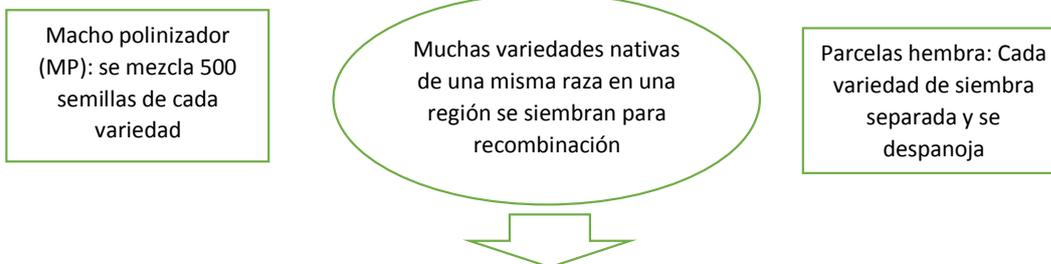
En general, los agricultores más pobres y más pequeños de las regiones más deprimidas del país son los que mantienen en sus campos (in situ), la diversidad del maíz. Ha habido muchos intentos de favorecerlos por esa noble gestión, hasta

ahora infructuosos. La solución es apoyarlos para que él produzca y seleccione su semilla y la venda a precios razonables y estables, favorecidos por que se certificará que lo que vende es maíz de muy buena calidad. La gestión para lograrlo se trata a continuación. En el gráfico 6.2 se muestra el flujo de actividades de campo que es necesario hacer, que garantizará la calidad del producto, tanto la semilla como el producto que saldrá al mercado cuando los agricultores siembren la semilla de los CR en sus propias tierras.

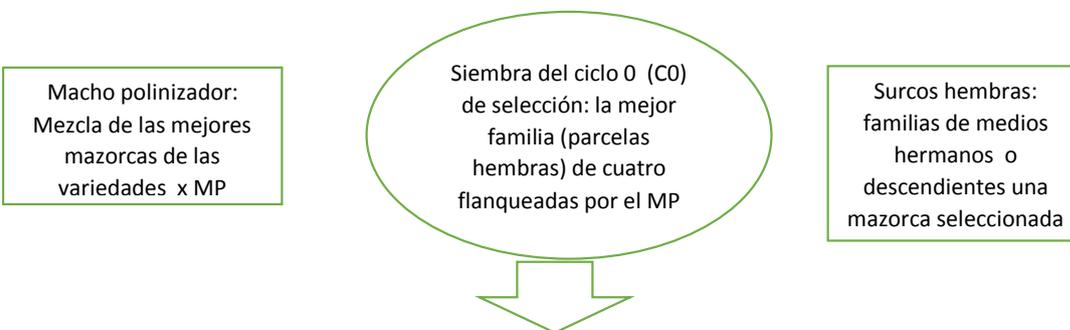
Un CR es la base para la creación de variedades mejoradas. Los agricultores organizados pueden generar una variedad propia y proteger sus derechos vía INDECOPÍ, de uso exclusivo con la legislación propia de la protección a los obtentores de variedades mejoradas. Los mejoradores de la región que intervienen en la selección de los CR tendrán también derecho individual o institucional de usar los CR para generar variedades mejoradas.

Gráfico 6.2 Flujo de actividades en un campo donde se recombinan las variedades nativas, se selecciona y produce semilla de una raza en una región

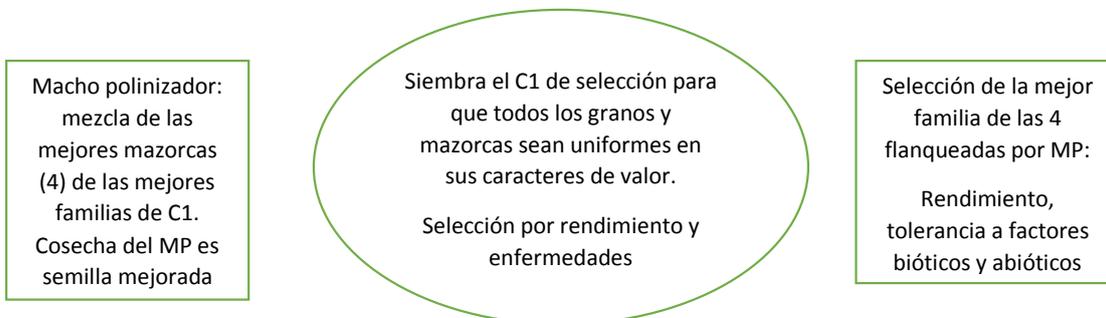
Año 1 en la Sierra/Ciclo 1 en la Costa. Objetivo: Cancelar la endocria



Año/Ciclo 2. Objetivo: Empieza la selección y la producción de semilla



Año/ciclo 3. Objetivo. Uniformizar los caracteres de valor



A partir de C2 se continúa con el mismo diseño. La semilla del MP es la básica para que empresas de semilla o agricultores organizados produzcas semilla de los CR, para generar variedades mejoradas con alto rendimiento, adaptadas a las condiciones limitantes de la región y con certificado de calidad de los caracteres de valor.

## 6.2 Propuestas para la Gestión de la Diversidad de Maíz

A continuación se exponen una serie de ideas que facilitarán la gestión de la diversidad del maíz, empezando con los compromisos que hay que hacer, en el marco de las políticas de conservación y utilización sostenible de la diversidad, responsabilidad del Ministerio del Ambiente, con las regiones, con las universidades regionales, con las estaciones experimentales del INIA, con SENASA, con el MINAGRI y otras instituciones que le darán sustento legal e institucional a esta estrategia de conservar, seleccionar, producir semilla y comercializar productos de la diversidad en el entendido de que lo que se vende y tiene valor se conserva más fácilmente y beneficia a toda la región.

### 6.2.1 Gestión en la Costa y Selva

La gestión varía según la región. En la costa es muy urgente aislar las variedades nativas de la contaminación con los híbridos de maíz amarillo duro y en el futuro, cuando termine la cuarentena, la contaminación con los OVM. En la Costa se formarán CR con todas las razas para aislar la diversidad ensamblada en los CR de los posibles contaminantes.

La ventaja en la Costa es que las razas tienen usos tradicionales bien definidos, el Alazán por ejemplo se usa para la chicha, el Mochero es maíz de estación que se siembra con aguas de avenida; es muy tolerante a la sequía y resistente al cañero. La prioridad es descubrir los caracteres de valor interno de naturaleza bioquímica.

En la Selva la gestión será parecida a la Costa, pero en la Selva hay pocas razas que están en riesgo de erosión genética. Se priorizará la raza Piricinco y la raza Chuncho, con una estrategia similar a las razas de la Costa.

En la Costa es muy urgente coleccionar las variedades nativas porque hay indicios que se están perdiendo o por lo menos disminuyendo su frecuencia.

La gestión específica será igual a la usada en la Sierra. A continuación se presenta con más detalle la gestión de la diversidad de maíz en la Sierra

### 6.2.2 Gestión de la Diversidad del Maíz en la Sierra

El mejoramiento genético del maíz en la Sierra del Perú ha sido intenso y variado. Dos instituciones, la Universidad Nacional Agraria (UNALM) y el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) han generado aproximadamente 50 variedades mejoradas de las que muy pocas se usan porque la producción de semilla no es rentable. La costumbre ancestral de eliminar la punta y la base de mazorcas generalmente de forma cónica o globular así como la eliminación de muchas mazorcas por daños de plagas y pudriciones y por heladas que reducen la producción a niveles críticos hacen muy poco rentable la producción de semilla. Además los productores de semilla enfrentan los gastos de dejar los cultivos en campo para secado, selección, limpieza, procesamiento, almacenamiento, embolsado y distribución.

Las dos instituciones citadas se dedicaron en décadas pasadas a producir semilla de sus variedades; actualmente ninguna de las dos puede seguir subvencionando el precio de la semilla. Los productores de maíz amiláceo seleccionan su propia semilla en sus propios campos; en esas condiciones ninguna empresa privada se ha interesado de producir semilla y consecuentemente las variedades mejoradas están desapareciendo por pérdida de su poder germinativo.

Las condiciones de la sierra del Perú son tan diversas y la adaptación de las variedades es tan específica que la interacción genotipo medio ambiente limita la productividad de las variedades mejoradas; en general el mejoramiento de las variedades debe continuar en áreas diferentes a donde se hizo la selección. Esa situación agrava la situación haciendo la producción de semilla insostenible. Todas las variedades mejoradas para la Sierra del Perú son muy heterogéneas; eso les permite adaptarse a condiciones limitantes típicas de esa región, siempre que se seleccione para productividad y caracteres adaptativos con métodos apropiados. La aplicación de esos métodos requiere el conocimiento de procedimientos especiales que los agricultores no conocen.

Experiencias previas han mostrado que los agricultores aprenden los métodos con una dirección técnica profesional. No es posible usar métodos simples como la selección masal porque es preciso seleccionar para varios caracteres a la vez y controlar la interacción genotipo x ambiente y el error experimental que es muy alto en esas condiciones. Además los métodos a aplicar deben posibilitar la selección y la producción de semilla en el mismo campo y en el mismo año.

Una situación que limita el interés de productores privados de producir semilla derivada de variedades heterogéneas en campos de selección es que según la ley de semillas, la semilla producida en esas condiciones es de categoría común. Se intentará aplicar el concepto de semilla de calidad declarada (QDS), para mejorar la aceptación de la semilla en el mercado. Se espera producir aproximadamente 45 toneladas de semilla en dos años, la que puede servir como material básico para producir en los años siguientes una cantidad apreciable de semilla de calidad declarada y además se definirá una estrategia que permitirá salvar a todas las demás variedades mejoradas.

Debido a la migración del campo a la ciudad, la producción y el consumo de productos nativos ha disminuido. Así por ejemplo, a mediados del siglo pasado el consumo de maíz amiláceo en el Perú era de 30 kgs/persona; actualmente es menos de 10 kgs/persona. La razón de ese menor consumo es que ahora la gente vive en las ciudades y tienen que comprar sus alimentos que no se producen en las cantidades que el público de las ciudades demanda.

El mejoramiento genético del maíz amiláceo en el Perú ha sido muy efectivo. Un consolidado de los resultados de la selección poblacional en 28 variedades mejoradas por la UNALM, mostró que en general la selección aumentó el rendimiento por ciclo en 5%; y como en promedio se aplicaron 4 ciclos por variedad se puede estimar un mejoramiento promedio de 20%. Cada vez que se incluye una variedad mejorada en un experimento comparativo de variedades de

los agricultores, las variedades mejoradas ocupan los primeros lugares, todo lo que indica que el cambio de semilla producirá un incremento considerable.

En general las variedades mejoradas en la UNALM y el INIA han sido seleccionadas para resistencia a enfermedades (por ejemplo para resistencia a Fusarium y virosis en el INIA y para resistencia a enfermedades de hoja en la UNALM, y para tolerancia al frío y adaptación a suelos de baja fertilidad en UNALM). Casi todas son variedades precoces y algunas han sido seleccionadas para condiciones de sequía. En buenas condiciones ambientales las variedades mejoradas alcanzan altos rendimientos, hasta 10 toneladas por hectárea; además son más estables a través de años o sea soportan mejor las variaciones ambientales que son comunes en la Sierra. Las variedades mejoradas tienen el tipo y caracteres de grano de las variedades nativas. No se espera ningún impedimento que limite su consumo por la población. En otros países se están usando estrategias similares (Núñez et al, 2002), pero en el Perú hay una ventaja adicional que asegura el éxito: las variedades nativas ya tienen demanda y actualmente ya tienen un precio en chacra que es muy superior al amarillo duro. Eso es algo con que no cuentan otros proyectos, que aún sin esa ventaja, son ejemplos exitosos de manejo de la diversidad en fincas. Se están desarrollando metodologías para medir, manejar y mantener la diversidad genética de los cultivos en fincas (Brown y Hodgkin, 2011), metodologías que tienen la dificultad de estimar la diversidad de los cultivos en fincas, situación que no es el caso en maíz, porque usamos el concepto racial. .

Las agencias agrarias de la región, estaciones experimentales del INIA, organización de las comunidades campesinas o asociaciones de agricultores y universidades regionales serán los protagonistas principales. La participación de los agricultores es fundamental. Se espera que en dos años, o sea en dos ciclos seguidos, se formen los futuros empresarios de semillas. Para eso no solo tienen que aprender a ejecutar las operaciones de producción y selección sino que se les preparará en tareas elementales para que hagan la gestión empresarial propia del negocio de la semilla. Desde el primer año del proyecto la participación de los productores estará orientada a la adopción de las responsabilidades propias de la producción de semilla.

Los compuestos se recombinan en campos de una comunidad campesina con los métodos y procedimientos de la selección mazorca-hilera modificada. A la cosecha se entrega la semilla a la comunidad, creando las condiciones técnicas, con apoyo de las estaciones experimentales del INIA, y económicas, con el apoyo de las regiones, para que se continúe la selección y producción de semilla. La unidad de informática del programa de Maíz de la UNALM creará un sistema para monitorear la conservación, selección y producción de semilla de los compuestos raciales de maíz, que representan en su conjunto toda la diversidad del maíz en la sierra del Perú.

En la Sierra del Perú se cultivan 24 razas de maíz. Es una de las regiones del mundo con mayor diversidad. Lo más notable de esa diversidad es la variación en caracteres de mazorca y grano y la variación en adaptación que le permite al maíz sembrarse en lugares muy secos o muy fríos, en suelos muy pobres y en

presencia de enemigos naturales. Los agricultores que cultivan toda esa diversidad son los más pobres del país.

El sector más pobre del país se encuentra en la sierra, cultivando en condiciones muy marginales, en tierras de baja fertilidad y sin suficiente agua. El cultivo más importante en esas áreas marginales es el maíz amiláceo. El maíz amiláceo se utiliza casi exclusivamente para alimentación humana; está presente en el país por lo menos con una antigüedad de 6,000 años. En ese largo periodo de evolución, el maíz que se usó siempre como alimento con mínima transformación, desarrolló caracteres que facilitaron la cocción y la ingesta: endospermo suelto, harinoso, pericarpio esponjoso, glumas suaves, granos grandes y vistosos, raquilla chica, frágil que une el grano a un raquis delgado. La planta desarrolla un tallo chico con pocas hojas angostas y un fuerte sistema radicular, caracteres que le permiten adaptarse a las condiciones más extremas. La forma globulosa de la mazorca, encerrada en brácteas rugosas y gruesas que dejan muchos espacios libres, constituye un importante factor morfológico de evitación al frío que le ha permitido al maíz adaptarse a condiciones extremas de frío y sequía en zonas muy altas, hasta 4,000 msnm en las islas del lago Titicaca.

Mientras la mayoría del país (70%) vivía y producía en el campo, el maíz fue la base de la alimentación y factor importante para la seguridad alimentaria. Actualmente más del 70 % de la población vive en las ciudades que presionan al campo para tener más alimentos. Esa demanda está haciendo que los agricultores cambien sus variedades por otras de mayor valor en el mercado; se estima que ese cambio podría causar la pérdida de sus variedades. Es notable el cambio actual de las variedades nativas del agricultor por variedades de la raza Cuzco Gigante que tienen un precio superior en el mercado de choclo. La solución está en el mejoramiento de las razas o variedades nativas para que se integren al mercado, lo que les daría a los agricultores un valor económico que aseguraría la conservación de las razas in-situ.

Los genes responsables de los caracteres de valor, como la suavidad del grano, la esponjosidad del pericarpio, suavidad de las glumas, el color y la forma del grano se encuentran en alta frecuencia, pero los genes responsables de los caracteres adaptativos, incluyendo la productividad en condiciones marginales, están en baja frecuencia. Eso produce depresión por endocría en las poblaciones pequeñas que usan los agricultores, la que se corrige fácilmente formando los compuestos con la diversidad de la raza. La selección en los compuestos aumenta la frecuencia de esos genes responsables de la productividad y de los caracteres adaptativos, asegurando el mercado si se mantienen los caracteres de valor.

Los productos de la selección practicada por los agricultores organizados en comunidades o asociaciones de agricultores tienen un mercado que se podría consolidar fácilmente si se oferta un producto uniforme sin perder la calidad de las variedades nativas. Actualmente ese mercado es cubierto parcialmente por intermediarios que acopian granos en los mercados de consumo, lo que le quita uniformidad al producto limitando el ingreso a mercados más exigentes dentro del país o en el extranjero. El maíz amiláceo tiene un precio que varía de dos a seis veces más que el maíz amarillo de duro, dependiendo de la raza. Si los productos

de la selección se ligan al mercado en cadenas productivas organizadas en las mismas regiones, se asegurará la permanencia de las razas y el mejoramiento económico de los agricultores más pobres, constituyendo un ejemplo de mejoramiento conservativo y de superación de la pobreza utilizando toda la diversidad de un cultivo.

Como la gestión será muy descentralizada, ejecutado en comunidades campesinas de un total de 24 provincias de 11 de los departamentos más pobres del país, se requerirá un buen sistema de información. La base de ese sistema de información será el banco de germoplasma de maíz del Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). Esa institución cuenta con un archivo de aproximadamente 4,000 colecciones o muestras de semilla de agricultores, incluyendo localización geográfica y la forma y tamaño de las muestras colectadas; aproximadamente la mitad de esas muestras cuentan con fotos a color donde se aprecian los caracteres de mazorca y grano. Ese archivo estará disponible en medios electrónicos para los ejecutores del proyecto que podrán cotejar las muestras nuevas con las colectadas hace aproximadamente 50 años. En este proyecto la colección será dirigida y específica sólo de la raza que le corresponde mejorar y conservar in-situ a cada provincia o localidad.

La metodología de recombinación de los compuestos y de la selección poblacional, que ya está validada y se aplica en el mejoramiento genético del maíz, será explicada y discutida en una reunión previa con todos los ejecutores y monitoreada con formatos y procedimientos específicos definidos en esa reunión.

El proyecto debe empezar con la formación de los compuestos. Cada una de las 24 razas que se pretende mejorar tendrá un compuesto formado con el primer ciclo de recombinación. Ese compuesto será uniforme para los caracteres de valor; todas las plantas seleccionadas deben producir granos del mismo color, forma y textura, y los caracteres cuantitativos como largo, ancho y espesor, cuantificados con el promedio y una desviación estándar deben ser lo más uniforme posible. Los caracteres adaptativos no se podrán cuantificar en este proyecto, pero la forma como se ha formado el compuesto racial con toda la diversidad de la raza, asegurará que el mejoramiento posterior sea efectivo.

La uniformidad de los caracteres de valor permitirá ligar a las comunidades con los mercados vía cadenas productivas. Las muestras que se cosechen del compuesto recombinando se caracterizarán en dos formas: frecuencia de los caracteres de valor en el caso de los caracteres cualitativos y con el promedio más/menos una desviación estándar en el caso de los caracteres cuantitativos. Se tomará en cuenta los criterios para preparar a las comunidades y asociaciones de agricultores en la protección y conservación de su propia diversidad y para agregarle valor.

### 6.2.3 Instituciones Involucradas y Alianzas

La gestión estará centrada en las regiones. La formación de los compuestos raciales que será coordinado por el Programa de Maíz de la UNALM, que se responsabilizará de la organización, uso y difusión de la información. Será responsabilidad de la UNALM el asesoramiento para la clasificación racial, para que los compuestos se formen sólo con germoplasma de la misma raza. La

colección y formación de compuestos será responsabilidad de las estaciones experimentales (EE) del INIA: EE Baños del Inca en Cajamarca; EE Santa Ana en Junín; EE Canaán en Ayacucho; EE Andenes en Cusco y EE Illpa en Puno. En la colección se requerirá el apoyo de universidad y de las estaciones experimentales del INIA Todas ellas tienen experiencia en el uso de las metodologías de selección y formación de compuestos. Se harán alianzas con las Facultades de Agronomía, así como con Colegios o Institutos agropecuarios en las regiones de su ámbito particular. Las Agencias agrícolas de las Regiones facilitarán el contacto con las comunidades o asociaciones de agricultores así como la organización de cadenas productivas. La participación de ASPROMAD (Asociación de Productores de Maíz Amarillo Duro de Morrope), puede por su experiencia apoyar el proceso en la costa norte. La Dirección de Competitividad del Ministerio de Agricultura (MINAG), facilitará sus contactos para ligar a los productores con el mercado interno y externo.

En Costa y Selva la gestión será similar a la sierra, con la prioridad en el aislamiento que será responsabilidad de las organizaciones idóneas. Se espera que todas las razas se conserven en los lugares donde se originaron y que sean un factor de desarrollo y fuente de trabajo y riqueza de la región.

## Referencias

Bänziger M., S. Mugo y G.O. Edmeades. 1999. *Breeding for drought tolerance in Tropical maize-Conventional approaches and Challenges to molecular approaches*. En: Eds: J.M. Ribaut y D. Poland. *Molecular approaches for the Genetic improvement of cereals for stable production in water-limited environments*. Pags: 69-72. CIMMYT. El Batán, México.

Bernardo R. 2008. *Molecular markers and selection for complex traits. Learning for the past 20 years*. *Crop Sci.* 48: 1649-1664.

Brown A. H. y T. Hodgkin, 2011. *Medición, manejo y mantenimiento en fincas de la diversidad genética de los cultivos*. En: Eds: D. Jarvis, C. Padoch y H. Cooper. Pags: 14-36. *Bioversity Int.* Roma, Italia.

Chapman S.C., G.O. Edmeades, J. Crossa. 1996. *Pattern Analysis of gains from selection for Drought Tolerance in Tropical Maize populations*. En: *Plant adaptation and crop improvement*. Pp 513-527. Ed. M. Cooper and G.L. Hammer. CAB Int. Un. Press. Cambridge. UK.

Ceccarelli S. 1996. *Positive interpretation of Genotype by Environment Interactions in relation to Sustainability and Biodiversity*. En: *Plant Adaptation and Crop Improvement*-M. Cooper and G.L.Hammer. CAB Int. IRRI. ICARDA. Un. Press. Cambridge. UK.

Edmeades G.O., J. Bolaños y S.C. Chapman. 1996. *Value of Secondary traits in Selecting for drought tolerance in Tropical maize*. En: Eds: G. Edmeades, M. Bänziger, H. Micke3lson y C. Peña-Valdivia. CIMMYT, El Batán, México Pags: 222-234.

Evaristo J. 1995. *Características morfológicas de la mazorca de Maíz asociadas a la tolerancia al frío en germoplasma peruano y foráneo*. Tesis Mag Scientiae. UNA La Molina. Lima , Perú.

Falconer D.S. y T.F. Mackay. 1997. *Introduction to Quantitative Genetics*. Longman Malasya.

Greenblatt I. 1985. *The ear of maize as a heat conserving device*. En: Northeastern Corn Improvement Conference. Un of Massachusetts. USA. ,

Núñez I., R. Ortega, F. Castillo, Y. Salinas, P. Ramírez. 2002. *Diversidad de grano y formas de uso del maíz en el Sureste del Estado de México*. En: Eds: J.L. Chávez, L.M. Arias, D.I. Jarvis, J. Tuxil, D. Lope-Alzina, y C. Ayzaguirre. *Resumen del Simposio "Manejo de la Diversidad Cultivada en los Agro-ecosistemas Tradicionales*. Pp: 68-69. Mérida, México. IPGRI. Roma, Italia.

Rincón F., H. de León, N. Ruiz y J. Herrera. 2002. *Avances en el Mejoramiento de germoplasma de Maíz bajo el enfoque del Mejoramiento Participativo*. En: Eds: J.L. Chávez, L.M. Arias, D.I. Jarvis, J. Tuxil, D. Lope-Alzina, y C. Ayzaguirre. *Resumen del Simposio "Manejo de la Diversidad Cultivada en los Agro-ecosistemas Tradicionales*. Pp: 53-54. Mérida, México. IPGRI. Roma, Italia.

Sevilla R. 2006. *Use of native and introduced maize diversity to improve cold tolerance in Andean Maize*. En: Enhancing the use of crop genetic diversity to manage abiotic stress in agricultural production systems. Pags: 84-91. Proceedeing of a workshop. 2005. Budapest, Hungary. IPGRI. Rome, Italy.

Sevilla R. 1995. *Mantenimiento de los mecanismos de defensa de la mazorca de maíz para protegerse contra el frío en la Sierra del Peru*. III Congreso Peruano de Genética. Sociedad Peruana de Genética. UNA La Molina. Lima, Perú.

Sevilla., A. Damilano, G. Ávila, R. de Oliveira, O. Paratori, V. Machado, H. Sánchez, G. Fernández. *Evaluación del Germoplasma de Maíz del Cono Sur de Sudamérica con fines de Agrupación Racial*. Inf del Maíz N° 24. UNA La Molina. Lima, Perú.

Sevilla R y M. Holle. 2004. *Recursos Genéticos Vegetales*. Ed. Luis León Asoc. Lima, Perú.

Sevilla R. 2015. *Mejoramiento Poblacional de Maíz Amiláceo en la Sierra del Perú. Implicancias en la conservación de la Biodiversidad y Utilización Sostenible*. Compendio de la XXI Reunión Latinoamericana de Maíz. Pags 27-36. Santa Cruz, Bolivia.

Ing. Ricardo Sevilla Panizo

Consultor