PERÚ Ministerio del Ambiente

# LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ PERUANO CON FINES DE BIOSEGURIDAD



PERÚ NATURAL

# LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DEL MAÍZ PERUANO CON FINES DE BIOSEGURIDAD



**Línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad**

**Ministerio del Ambiente**

**Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales**

**Dirección General de Diversidad Biológica**

**Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad**

**Equipo de edición temática**
Tulio Medina Hinostroza
Delicia Cañedo Torres
Carlos Aguirre Asturrizaga
Hernán Tello Fernández

**Elaboración de mapas**
Nancy Huallcahuanaco Ccosco
Sabby Araujo Pérez
Ursula Rischmoller Yupanqui
Dirección de Metodologías para el Ordenamiento Territorial Ambiental

**Revisión de contenidos**
Clotilde Quispe Bustamante
Ministerio de Agricultura y Riego

Julian Chura Chuquija
Universidad Nacional Agraria La Molina

**Foto portada**
Jhoseliny Castro Occ

**Editado por**
© Ministerio del Ambiente
Av. Javier Prado Oeste n.° 1440, San Isidro
Lima, Perú

Primera edición, diciembre de 2018
Tiraje: 1000 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2017-18031
ISBN: 978-612-4174-31-5

**Impreso en:**
GRUPO RASO
Jr. Pablo Bermudez N.º 150 Of. 4D Int. A.
Lima, Perú
RUC: 20554236791

Todos los derechos de autoría y edición reservados conforme a la Ley. No está permitida la reproducción total o parcial de los textos y fotografías, por ningún medio sin la autorización escrita de los autores y editores en la presente edición.

# AGRADECIMIENTOS

Para la realización de esta publicación ha sido necesario contar con el invalorable apoyo de instituciones y especialistas.

Agradecemos a todos y cada uno de ellos, por la disposición para compartir conocimiento e información sobre la diversidad, cultivo, bioseguridad y aspectos socioeconómicos y culturales relacionados con el maíz.

A la Universidad Nacional Agraria la Molina (Unalm), Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz, a Ricardo Sevilla Panizo y Gilberto García Pando.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (Inia), Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología, Subdirección de Regulación de la Innovación Agraria y Programa Nacional de Investigación en maíz; a Cinthia Zorrilla Cisneros, Eyla Velasco Urquizo, Jorge Alcántara Delgado, Pedro Injante Silva, César Oscanoa Rodríguez, Alicia Medina Hoyos y Vladimir Jara Calvo.

A la Convención Nacional del Agro Peruano (Conveagro), Luis Málaga Linares.

# PRESENTACIÓN

Hace unos meses viajaba por Cusco, cerca de Paucartambo, y tuve el privilegio de conocer a un hombre andino, sencillo en su lenguaje, expresivo con la mirada y con la sabiduría que ninguna universidad ni escuela, más que la de la vida misma podría haberle dado; se trataba de un conservacionista de papas nativas.

Días después, mientras viajaba desde Lima hacia el norte, pensaba en cuántos hombres y mujeres desde hace al menos 7,000 años han contribuido con nuestro patrimonio genético, de modo que sigamos contando en nuestro país con 52 razas de maíz identificadas. Miles de hombres y mujeres, con su trabajo y sabiduría, han permitido que en Lambayeque, Cajamarca y La Libertad se concentre nuestra mayor diversidad genética de maíz, sin dejar de lado provincias como Corongo (Ancash), Huaral (Lima), Huancayo (Junín), Tayacaja (Huancavelica), Huanta (Ayacucho), Andahuaylas (Apurímac) y Arequipa, en las que también podemos encontrar una importante muestra de esta diversidad.

Como Ministerio del Ambiente y en el marco de la Política Nacional del Ambiente, tenemos un rol fundamental: el de contribuir a la preservación de nuestro principal capital natural, nuestra biodiversidad, siendo el maíz una de las piezas más representativas en nuestra historia, gastronomía y cultura desde épocas prehispánicas.

Muchos de los turistas que nos visitan, cuando conocen nuestro maíz se sorprenden al compararlo con el que consumen en sus países, y en muchos casos quedan admirados de la diversidad existente en el Perú. Generalmente aciertan al pensar que muchos de estos maíces que están degustando son parte de la diversidad genética peruana. Sin embargo, solo estaremos seguros de nuestra diversidad genética si basamos nuestro conocimiento en la investigación, la única herramienta que nos permite acceder a un conocimiento científico y la seguridad de la pertenencia a nuestro patrimonio natural y cultural.

Es por ello que en el año 2013 el Estado peruano toma la decisión de iniciar un arduo trabajo, el construir la línea de base del maíz. No hubiera sido posible llegar hasta aquí sin el concurso del esfuerzo de decenas de personas, investigadores, académicos, funcionarios, pero sobre todo los miles de productores que a lo largo de los siglos han desarrollado y preservado para el futuro estas importantes razas de maíz.

Esta línea de base muestra la efectiva articulación lograda a nivel interinstitucional, pues ha sido construida por la capacidad y esfuerzo de reconocidos investigadores de diversas universidades y centros de investigación del país, permitiendo con ello el fortalecimiento de capacidades.

En un mundo globalizado, cada día es mayor el intercambio de información y los avances de la tecnología, muchos casos con avances sin precedentes en cortos periodos de tiempo. Lo cierto es que la tecnología que se utiliza en muchos campos, y una de gran impacto, es la variación genética de muchas especies comerciales de diversos productos en el mundo.

Para países como el Perú, la introducción de variedades genéticamente modificadas (OVM) de maíz genera preocupación debido a los potenciales impactos sobre las razas nativas, muchas de ellas únicas en el mundo.

Proteger nuestras razas nativas es un importante reto; por ello debemos lograr implementar un sistema de bioseguridad que sea sólido, eficiente y transparente, que nos permita de forma oportuna evaluar los riesgos asociados al uso de OVM, cualesquiera que estos sean, a fin de tomar las mejores decisiones, considerando las características ecológicas, sociales y culturales de nuestro país.

Como una herramienta en el proceso de estar mejor preparados se aprobó la Ley N.° 29811, que establece la moratoria del ingreso y producción de organismos vivos modificados (OVM) en el territorio nacional por un periodo de 10 años, lo que debería permitir, en este plazo, tomar las medidas necesarias para estar mejor preparados en hacer frente al impacto de los OVM en nuestro país.

Uno de los aspectos más importantes identificados ha sido contar con información confiable; por ello la relevancia de esta línea de base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad, ya que sin información poco o nada podríamos hacer. Esta línea de base hace una amplia revisión de las prospecciones y colectas de germoplasma a nivel nacional, lo que nos ha permitido determinar la distribución y la concentración de las razas existentes.

Nuestros agricultores producen en espacios pequeños y en poca cantidad, generalmente utilizan semillas que ellos mismos producen, ello no ayuda en la conservación de la calidad de nuestro patrimonio. Los productores de semilla, por su lado, son muy exigentes con la calidad de la semilla que producen, lo toman muy en serio, por lo cual pueden llegar a descartar la mitad de su producción por no cumplir con el estándar que quisieran alcanzar. Por ello un reto importante es el fortalecimiento de capacidades de estos productores y la definición de políticas públicas que promuevan investigación, el desarrollo de alternativas productivas económicamente y ambientalmente sostenibles y culturalmente pertinentes.

La conservación *ex situ*, el mantenimiento de las colecciones de germoplasma y el mejoramiento genético del maíz son temas en los que tenemos que seguir avanzando; instituciones como la UNALM y el INIA han avanzado en la generación de variedades mejoradas, invirtiendo años de investigación subsidiada para ello. Ahora el reto es que se difundan y se usen, porque la producción de semilla no es rentable. Si no logramos atraer inversión privada corremos el riesgo de perder estas variedades.

Contar con esta línea de base es un hito muy importante en el proceso de conservar nuestro patrimonio genético. Conocer es lo primero, pues no podemos amar lo que no conocemos. Amar el Perú es comprometernos en conocer cada vez más su biodiversidad nativa, su cultura y su historia, de la cual el maíz, junto con la papa y la quinua son tres de los grandes protagonistas. Esta publicación es parte de nuestro homenaje, y esperamos que sea parte fundamental de las decisiones de las futuras políticas públicas relacionadas con nuestro patrimonio genético.

**Fabiola Muñoz Dodero**
Ministra del Ambiente

# ÍNDICE

Abreviaturas usadas ..... 13

**CAPÍTULO 1**
La Ley de Moratoria y el Marco Normativo Asociado a los Recursos Genéticos ..... 15

**CAPÍTULO 2**
Diversidad Genética del Maíz... ..... 25

**CAPÍTULO 3**
Aspectos Socioeconómicos en la Producción de Maíz y la Conservación de su Diversidad.. ..... 55

**CAPÍTULO 4**
Agrobiodiversidad y Ecosistemas..... 73

**CAPÍTULO 5**
La Línea de Base de la Diversidad del Maíz Nativo..... 95

**CAPÍTULO 6**
Propuestas para la Gestión de la Diversidad del Maíz..... 125

**ANEXO**
RELACIÓN DE RAZAS DE MAÍZ Y SU DISTRIBUCIÓN EN EL PERÚ.. ..... 143

# ABREVIATURAS USADAS

| | |
|---|---|
| **AFLP** | Polimorfismo en la longitud de los fragmentos amplificados (del inglés *amplified fragment length polymorphism*) |
| **AMMI** | Modelo de interacción multiplicativa y efectos principales aditivos |
| **CDB** | Convenio sobre Diversidad Biológica |
| **CIP** | Centro Internacional de la Papa |
| **Cimmyt** | Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo |
| **CR** | Compuesto racial |
| **FAO** | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura |
| **IICA** | Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura |
| **Inia** | Instituto Nacional de Innovación Agraria |
| **ISAAA** | Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas |
| **LAMP** | Programa Maíz Latinoamericano (del inglés *Latin American Maize Program*) |
| **MAD** | Maíz amarillo duro |
| **Minagri** | Ministerio de Agricultura y Riego |
| **MINAM** | Ministerio del Ambiente |
| **OVM** | Organismos vivos modificados |
| **SA** | Segunda aproximación |
| **Unalm** | Universidad Nacional Agraria La Molina |



# 1

# CAPÍTULO



# La ley de moratoria y el marco normativo asociado a los recursos genéticos



# 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 solo a nivel general sino también 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[1], 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) la conservación de la diversidad biológica; 2) la utilización sostenible de sus componentes; 3) la 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 CDB y lo dispuesto en su artículo 16, en enero de 2000, se acordó el "Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica"[2], el cual fue aprobado por el Congreso de la República, mediante Resolución Legislativa n.° 28170 del 13 de febrero de 2004. El objetivo de este protocolo es garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados (OVM) resultantes de la biotecnología moderna que puedan causar efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, que también tome en cuenta los riesgos para la salud humana, y se centre concretamente en los movimientos transfronterizos. En la resolución citada,

1. Abierto para la firma de la comunidad internacional en la Cumbre de Río el 5 de junio de 1992.
2. Este Acuerdo se enfoca específicamente en el movimiento transfronterizo de OVM, y promueve la seguridad de la biotecnología al establecer normas y procedimientos que permitan la transferencia, la manipulación y el uso seguro de OVM.

se registra como funciones del Ministerio del Ambiente (MINAM) en materia de bioseguridad el ser 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 Protocolo de Nagoya-Kuala Lumpur sobre Responsabilidad y Compensación Suplementario al Protocolo de Cartagena, sobre Seguridad de la Biotecnología, que 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 la utilización sostenible de la diversidad biológica, así como tener en cuenta los riesgos para la salud humana, mediante la dación de normas y procedimientos internacionales en la esfera de la responsabilidad y la compensación en relación con los OVM.

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° periodo de sesiones de la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), que entró en vigencia el 29 de junio de 2004. Este tratado, en armonía con el CDB, 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 las partes en conservar la diversidad biológica *in situ* y *ex situ*. En este último caso, principalmente mediante bancos de germoplasma.



## 1.2 Normatividad peruana sobre recursos genéticos y bioseguridad

Los dispositivos legales e instrumentos de gestión en los que está enmarcada la línea de base de la diversidad del maíz con fines de bioseguridad son los siguientes:

- **Ley n.° 26839,** Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento sostenible de la Diversidad Biológica.
- **Ley n.° 27104,** Ley de Prevención de Riesgos derivados del uso de la tecnología.
- **Ley n.° 27811,** Ley que establece el régimen de Protección de los Conocimientos Colectivos de los Pueblos Indígenas vinculados a los Recursos Biológicos.
- **Ley n.° 28245,** Ley Marco Nacional de Gestión Ambiental.
- **Ley n.° 28611,** Ley General del Ambiente.
- **Ley n.° 29811,** Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un periodo de 10 años.
- **Resolución Legislativa n.° 261181,** mediante el cual el Perú suscribe el Convenio sobre la Diversidad Biológica.
- **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.
- **Decreto Legislativo n.° 1013,** que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente.
- **Decreto Supremo n.° 068-2001-PCM,** que aprueba el reglamento de la Ley n.° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento sostenible de la Diversidad Biológica.
- **Decreto Supremo n.° 108-2001-PCM,** Reglamento de la Ley n.° 27104.
- **Decreto Supremo n.° 003-2009-MINAM,** Reglamento de Acceso a los Recursos Genéticos.
- **Decreto Supremo n.° 012-2009-MINAM,** Política Nacional del Ambiente.
- **Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM,** que aprueba el reglamento de la Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un periodo de 10 años.
- **Decreto Supremo n.° 009-2014-MINAM,** que aprueba la Estrategia Nacional de Diversidad Biológica y su Plan de Acción 2014-2018.

## 1.3 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 transgénicos. Desde esa fecha se incrementó la preocupación de los centros de investigación sobre los posibles impactos que tendría la aplicación de esta tecnología en la salud humana, el medio ambiente y la biodiversidad. En todo este periodo se ha realizado variedad 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 nuestro país.

El Servicio Internacional para la Adquisición de Aplicaciones Agrobiotecnológicas (ISAAA, por sus siglas en inglés), creado en 1996 y con sedes en Manila (Filipinas), Universidad de Cornell (Estados Unidos) y Nairobi (Kenia), 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 lograr una agricultura más sustentable. El ISAAA 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 2016 se registran 185,1 millones de hectáreas (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, 54 % corresponden a los países en desarrollo y 46 %, a los países desarrollados, distribuidas en 19 y 7 países, respectivamente. El área con cultivares comerciales con eventos OVM se ha incrementado 110 veces de 1996 a 2016, y la soya es el 50 % de los cultivos OVM; el maíz, 33 %; el algodón, 12 %; canola, 5 %; y otros, menos del 1%.

Asimismo, el ISAAA informa[3] que, de 1994 a 2016, se han aprobado 3 768 permisos para cultivo de OVM en 40 países. Como beneficios del uso de OVM menciona los siguientes: 1) el incremento de la productividad de los cultivos, con una ganancia adicional de 167,8 mil millones de dólares en el ingreso agrícola global de 1996 a 2015; 2) la conservación de la biodiversidad, mediante los 174 millones de hectáreas que se han preservado del arado y el cultivo; 3) el aporte de un mejor ambiente, mediante la reducción del uso de pesticidas en 8,1 %, con una disminución del cociente de impacto ambiental de 19 % y de las emisiones de $CO_2$ en 26,7 mil millones de kilogramos en 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 puedan identificarse. Y en este caso existe el principio precautorio. Ya en 1996, el Perú había suscrito el CDB, ante la preocupación de prevenir los riesgos que podían afectar la diversidad biológica y, en este caso, contaminar las razas nativas de maíz.

A fines de la década de 1990, 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, emitido en octubre de 2002, establece que antes de tomar una decisión respecto al uso de un determinado OVM, este 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 y Riego (Minagri), en ese entonces Ministerio de Agricultura, como de la Presidencia del Consejo de Ministros (PCM), señaló la falta de procedimientos en la evaluación de riesgos,

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



para lo cual debería contarse con una línea de base de la biodiversidad potencialmente afectada por los OVM, en especial de aquellas especies para las cuales el Perú es centro de origen (papa, algodón, tomate) y de diversificación (maíz).

En los años subsiguientes hubo un intenso debate público y el país adoptó la necesidad de un plazo para contar con esta línea de base de la biodiversidad potencialmente afectada por los OVM. Se promulgó la Ley n.° 29811, que establece la moratoria de ingreso y producción de OVM al territorio nacional por un periodo de 10 años. Como finalidad de la Ley se considera lo siguiente: 1) fortalecer las capacidades nacionales; 2) desarrollar la infraestructura; 3) 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, la producción y la 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.

El presente se constituye en el documento técnico científico de la línea de base de la diversidad genética del maíz peruano, que responde a los lineamientos



contenidos en 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 que contengan eventos OVM 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 y utilizar de manera sostenible la diversidad del maíz nativo peruano.

## BIBLIOGRAFÍA


- ISAAA. (2016). Global Status of Commercialized Biotech/GM Crops: 2016. ISAAA Brief No. 52. ISAAA: Ithaca, NY.





# 2

# CAPÍTULO



# Diversidad genética del maíz



Jhoseliny C.Occ

# Diversidad Genética del Maíz

## 2.1 Origen y diversificación

Evidencias arqueológicas de la diversificación del maíz en el Perú muestran que hace aproximadamente 7 000 años ya se cultivaban varias razas de maíz en el valle de Chicama (Grobman et al., 2012), lo que confirma los descubrimientos de Los Gavilanes, en la provincia de Huarmey en la costa norte del Perú. Esto le permitió al autor principal del descubrimiento de Chicama describir la diversidad del maíz, representada aproximadamente hace 4 000 años por tres razas: Proto Confite Morocho, Confite Chavinense y Kculli (Grobman, 1982; Bonavia, 2008). Después, la diversificación se aceleró por la variedad 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 indica 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 y Bird objetaron, en 1980, la presencia en el Perú de maíz precerámico, situación que fue discutida por Bonavia y Grobman, en 1989, con muchas pruebas arqueológicas. La poca frecuencia encontrada de maíz 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 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 América del Sur y su categoría de precerámica, y 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 y la forma de seleccionar y usar los alimentos.

La Región Andina es posiblemente la zona 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 el grano de maíz en la Región Andina se ha generado principalmente por selección humana y variación ecológica. Estudios de isoenzimas (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 muestra 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 de Sevilla (comunicación personal) se requiere más datos comparativos de muestras representativas.

La notable diversificación en términos fenotípicos de la mazorca y el grano fue paralela a la diversificación en los 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 y generan 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).

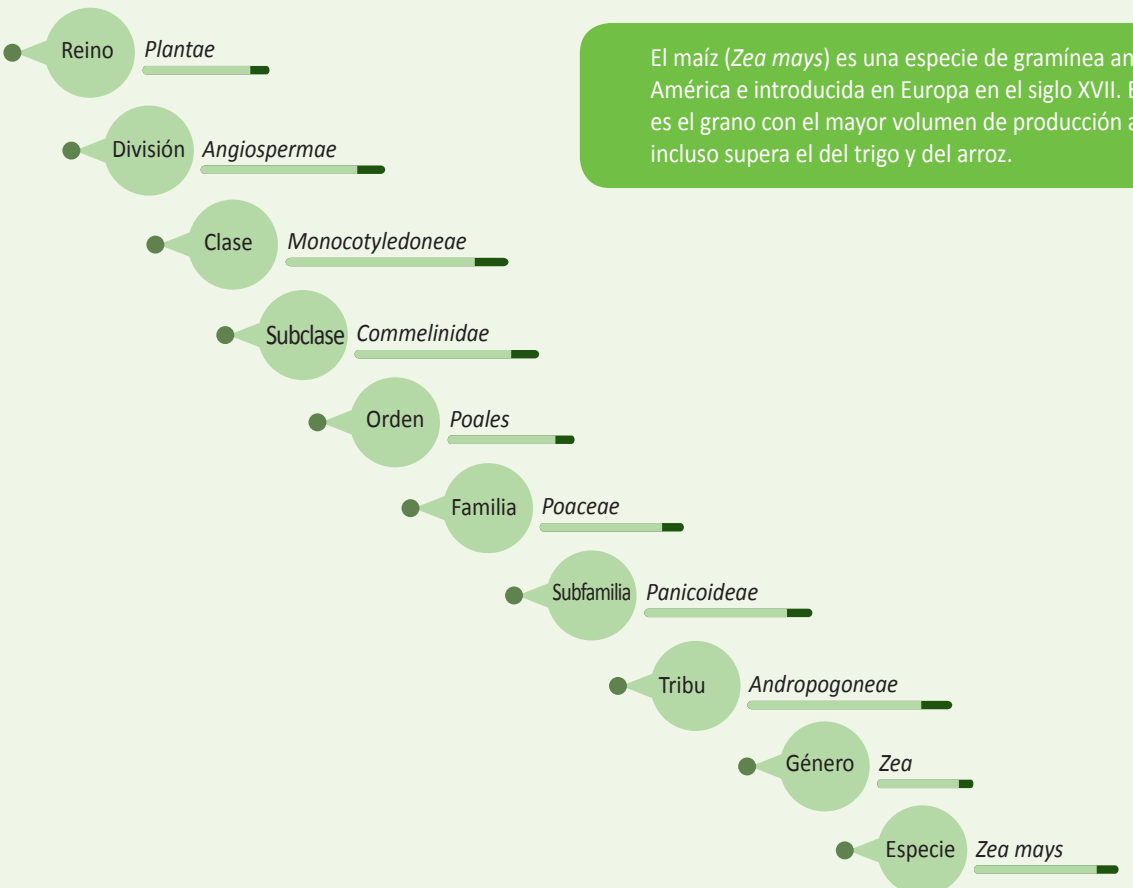
En el Perú, la adaptación al medio es fundamental. En otros países, los híbridos con eventos OVM han sido fácilmente adoptados porque resolvían un problema principal como el control de insectos o el de malezas en áreas muy grandes, casos de los países del sur de Sudamérica, incluida Bolivia; mientras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

## 2.2 Taxonomía

El maíz pertenece a la familia botánica *Poaceae*, orden *Poales*, clase *Monocotyledoneae*. Los géneros *Tripsacum* y *Zea* forman la tribu *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.*




El maíz (*Zea mays*) es una especie de gramínea anual originaria de América e introducida en Europa en el siglo XVII. En la actualidad, es el grano con el mayor volumen de producción a nivel mundial, incluso supera el del trigo y del arroz.

Fuente: APG III, 2009; APG IV, 2016; Trópicos Org, 2013.

## 2.3 Diversidad genética y razas

La diversidad genética del maíz se divide en razas. Todos los cultivares nativos de maíz 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 cultivares nativos; y muchos cultivares pueden pertenecer a una sola raza. Pequeñas variaciones distinguen a los cultivares, a veces la diferencia en un solo alelo de un gen distingue a los cultivares de una sola raza. Muchos caracteres diferencian a las razas. Teóricamente todos los cultivares nativos 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 Mesoamérica se encuentran los teosintle, que ahora Doebley los ha clasificado como subespecies del maíz que es *Zea mays* ssp. *mays*. Las subespecies 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, *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 los cultivares mejorados e híbridos nacionales y foráneos. Las regiones donde se introdujeron híbridos y cultivares mejorados diferentes de las razas nativas son la costa y la selva. Cultivares introducidos se adaptaron en diferentes regiones de costa y selva y se cultivaron 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, ambos cultivares mejorados, seleccionados por adaptación en el Perú y formados con germoplasma proveniente del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (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.


Jhoseliny C.Occ

## 2.4 Biología reproductiva del maíz

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 compuesta 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, que 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 esta 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 ordenan 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, un tejido fino como papelillo, que le da el color característico a los marlos o corontas, envuelve la base del grano. Cuando una mazorca se desgrana, las glumas quedan pegadas al raquis.

Los gametos se forman en el esporofito o planta adulta en dos partes diferentes. La gametogénesis masculina o microsporogénesis se desarrolla en los estambres, y se generan las primeras cuatro microsporas haploides (n), 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 megasporas, de las cuales solo una 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 producen 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, que 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 triploide (3n) porque se deriva de la fertilización de un núcleo espermático (n) con el núcleo de fusión (2n). En general, en una planta de maíz, excepto en el endospermo y la aleurona (capa externa del endospermo), todos los caracteres son diploides con 2n cromosomas, o sea dos alelos de un gen que gobierna a un carácter genético. Un heterocigoto que tiene un alelo dominante y un alelo recesivo expresa la característica del dominante.

En el endospermo, a veces, el polen, que solo aporta un alelo, es el que se expresa. Este fenómeno recibe el nombre de xenia. Es tan simple la herencia que se usa para detectar contaminantes, que, 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 híbrido, segrega los alelos de la planta contaminante. Ese fenómeno será descrito en detalle en el siguiente acápite no solo para entender la cruzabilidad, sino también 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 se cita a Bassetti y Westgate (1993), quienes estudiaron la senescencia y la 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. En tal sentido, 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 sí en híbridos, pero no en cultivares heterogéneos como

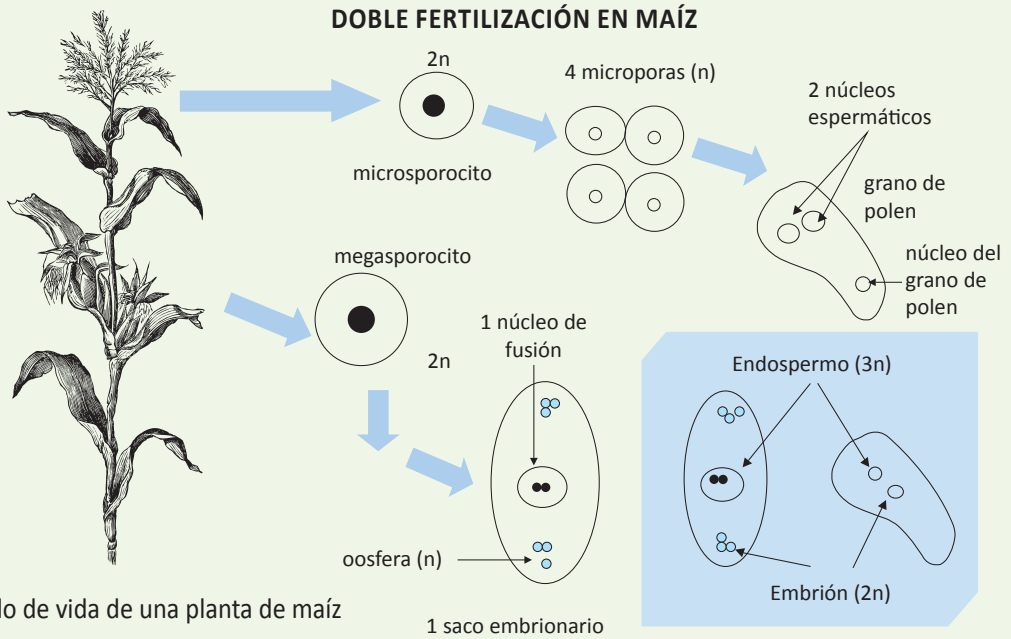



**Figura 1.** Ciclo de vida de una planta de maíz

las razas y cultivares nativos, que aproximadamente durante un mes van a tener plantas que florecen en el momento oportuno, para que el polen propio o extraño fertilice pistilos senescentes del cultivar receptor.

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, 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, es decir, la proporción de granos que se originan por 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 será 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 un cultivar

nativo que tiene granos harinosos, el grano en la planta receptora no cambia su textura. Cuando hay xenia la situación es diferente como se verá 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 Chullpi recibe polen de MAD o cualquier cultivar no dulce (*SU*), 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 un cultivar 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 detección de granos contaminados empieza definiendo bien la fuente de polen y el cultivar receptor; la fuente es un MAD y el receptor, un cultivar de granos blancos. El gen Y dominante es responsable del color amarillo del endospermo; el color blanco es el alelo *y*. Un cultivar de maíz tiene granos blancos de genotipo *yyy* y de fenotipo blanco. Si ese cultivar recibe polen de un cultivar de granos amarillos, el grano del cultivar receptor será amarillo porque su genotipo es *Yyy*. En suma, un solo alelo muestra su dominancia sobre los otros dos recesivos, es un típico caso de xenia. Este es el método tradicional para detectar granos generados de polinización cruzada con otro cultivar. Por extensión, se usa para detectar en campo la contaminación con un OVM de maíz, porque hasta ahora todos los híbridos OVM son amarillos.

Si un cultivar de grano blanco está rodeado por híbridos de grano amarillo duro que también son OVM, los granos amarillos en las mazorcas del cultivar blanco son síntomas de la contaminación. Sin embargo, no todos los granos amarillos son OVM porque, generalmente, el transgén es heterocigota, es decir, solo la mitad de los núcleos espermáticos son OVM y, por 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. Por ejemplo, si un OVM contamina un cultivar nativo, la contaminación se apreciará porque el grano cambia el color del endospermo de blanco, que es el color típico del endospermo de maíz amiláceo, a amarillo, pero con baja expresividad. La textura del endospermo en el cultivar nativo no cambia, sigue siendo harinoso y en un endospermo harinoso no se expresa bien el color amarillo.

La aleurona, como capa superficial del endospermo, tiene células triploides (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, la fuente es 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 diferentes cromosomas se complementan para producir el color.

Si se supone que el color morado de la aleurona se debe a la presencia del alelo *C* y su alelo recesivo *c* es responsable de la 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). Por tanto, en la herencia del color morado en la aleurona sí hay xenia, pero no hay xenia en la herencia de la textura dura/harinosa. Es posible, como se hizo en Francia (Klein et al., 2003), usar un cultivar 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. Esto 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, las cruzas se pueden distinguir de las mezclas si se toma en cuenta lo siguiente:

- **El color del pericarpio no segrega en la mazorca, pero el color de la aleurona y del endospermo sí lo hace**

  Si una mazorca tiene todos los granos del mismo color, lo más probable es que el color sea del pericarpio. También puede ser el color de la aleurona o del endospermo, si los granos





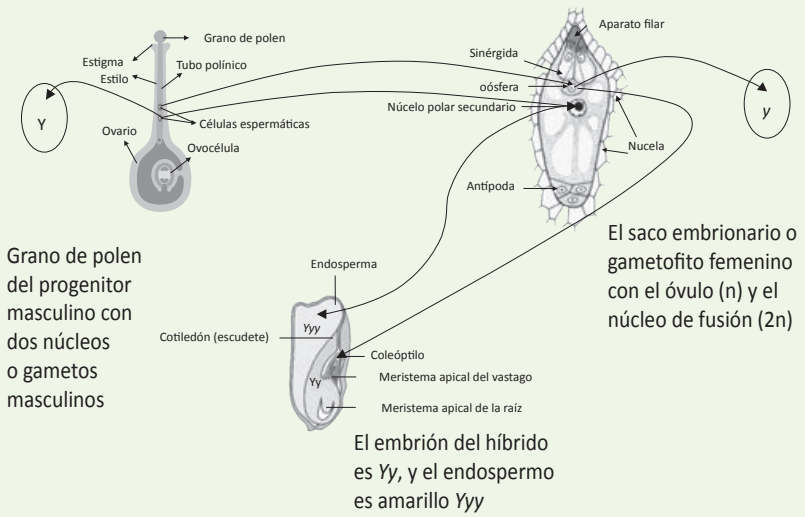

de una misma mazorca son homocigotas para el color de esos dos tejidos.

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, entonces, lo que se ve es el color del endospermo.

El color negro del grano de la raza Kculli es color del 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 del mismo matiz. Los genes responsables del color del grano son responsables también del color del marlo o coronta.

En la figura 2 se presentan dos casos de doble fertilización. En 2A, xenia, planta con granos de endospermo de color amarillo que poliniza planta con granos blancos, y en 2B, xenia, planta con granos de aleurona de color morado que poliniza planta con granos blancos.

**A.** 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 óvulo, para producir un híbrido *Yy*; 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.




**B.** 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.

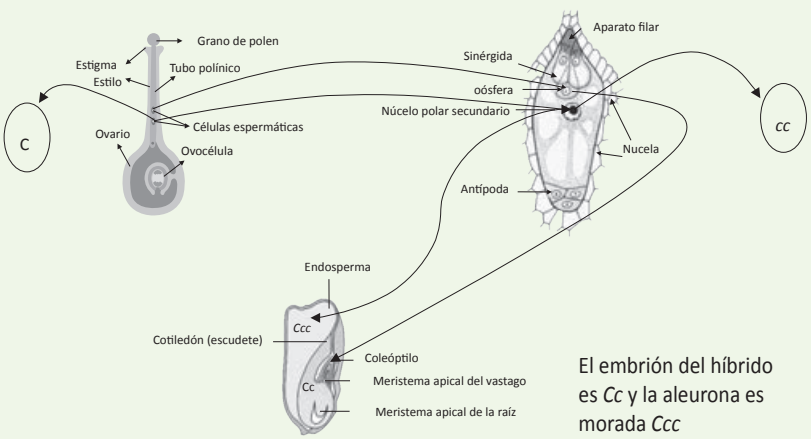



**Figura 2.** Casos de doble fertilización y xenia en maíz.

- **Todos los caracteres de la aleurona o del endospermo segregan en la mazorca**

  Se pueden encontrar mazorcas con granos morados o rojos en una mazorca que tiene granos amarillos, por ejemplo, color de la aleurona: el alelo Pr es aleurona morada dominante al alelo pr, aleurona roja. Pr es dominante y xenia (porque la aleurona es un tejido 3n) sobre pr.

  También la textura puede segregar 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 (O2) cuando fertiliza las flores de las plantas de los cultivares 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 esta pérdida es evidente.

- **Muestra de mazorcas que segregan mazorcas de diferente color**

  Cuando se nota en una muestra de mazorcas de un cultivar 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 cruza entre un cultivar de granos amarillos, como el Amarillo de Áncash, por un cultivar de granos rojos, como Rojo Huarotambo, ambos cultivares de la raza ancashina. Si la cruza es de diferentes razas, en la segregación se verán muchos caracteres que han sido segregados, por ejemplo, el color del pericarpio, el color del endospermo, la forma de la mazorca, la longitud de la mazorca, el número de hileras. Si se conocen las razas, las cruzas entre razas, o dentro de razas, se aprecian claramente.



**Cuadro 1**. Razas de la selva peruana, mezclas de razas (M), cruzas entre razas (X) y razas similares (S) o parecidas a las razas existentes, identificadas mediante la observación de la mazorca en un campo de Satipo cosechado en 2014

| Raza, M, X o S | N | % |
|---|---|---|
| Cubano Amarillo | 155 | 46,69 |
| Piricinco | 67 | 20,18 |
| Piricinco (X) | 31 | 9,30 |
| Cubano Amarillo (X) | 25 | 7,53 |
| Piricinco X Cubano Amarillo | 10 | 3,01 |
| Perlilla (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 |
| Perlilla (S) | 2 | 0,60 |
| Alemán (X) | 2 | 0,60 |
| Cubano Amarillo (X) Alemán | 1 | 0,30 |
| Perlilla (X) Piricinco | 1 | 0,30 |
| Chuncho | 1 | 0,30 |
| Alemán (S) | 1 | 0,30 |
| Morocho (S) | 1 | 0,30 |
| Tuxpeño (S) | 1 | 0,30 |
| TOTAL | 332 | 100,00 |

*Elaboración: Sevilla, 2017*

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

- Mezclas y cruzas son parte de la diversidad pero no son cuantificables. Es la diversidad en arreglos diferentes.

Recientemente, Dávalos (2017) mostró la 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).

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

### 2.4.3 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, incluido 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 Cusco Gigante, lo que crea 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 % y 100 % de semilla de la comunidad del Valle de Aguaytía se intercambió dentro de la comunidad y el 13,5 %, con otras comunidades. Sin embargo, hay diferencias entre comunidades. Según Collado et al. (2002), las comunidades ashaninkas tienen una mayor predisposición para conservar *in situ* cultivares 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 cultivares de maíz, 82 % son criollos

o nativos; 15 %, mejorados; 3 %, acriollados (cruzas de mejorado por criollo). Los agricultores conservan sus cultivares criollos a través del tiempo. La semilla de sus cultivares la consiguieron 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 % y 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 este caso, los cultivares nativos de maíz, libres de contaminación. No solo por razones biológicas o ecológicas, sino principalmente por razones económicas. Actualmente, en el Perú cualquier cultivar nativo libre de contaminaciones vale más que el *commodity,* que es el 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 cultivares iguales en dos distintas versiones, uno normal y el otro 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 %. 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 las especies alógamas; en el maíz es notable y se ha podido cuantificar en varias ocasiones. En 1976, Sevilla et al. 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 cruzas 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? La respuesta a esa pregunta tiene bases biológicas, climáticas y agroculturales.[4] Para analizar las bases biológicas, se estudió el flujo de polen con observación directa de trampas de polen y mediante microscopia. 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 agroculturales 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 tienen

4. Estudio de biología floral y establecimiento de protocolo para determinar el flujo de polen en el cruzamiento del maíz (MINAM, 2016)



que hacerse en el supuesto que los agricultores no requerirán un nivel cultural superior a la educación primaria. La recomendación que se hace para salvar esas falencias con capacitación es una tarea que enfrenta muchas dificultades si se toma en cuenta el débil sistema de asistencia técnica.

Los resultados de la concentración de polen extraño fueron más altos que el estándar de referencia (MINAM, 2016). La concentración de polen, según la distancia que alcanza desde el emisor, se clasifica en las cuatro categorías siguientes:

– Categoría 1. Muy alta, hasta 80 metros.
– Categoría 2. Alta, hasta los 500 metros.
– Categoría 3. Media, hasta los 1000 metros.
– Categoría 4. Baja, más de 1000 metros.

Así también los estándares de cruzamiento son muy altos: "En todas las regiones probadas, las categorías que predominan son altamente contaminadas y moderadamente contaminadas. Si se toman en cuenta los estándares mínimos de cruzamiento y de distancia, se consideran las cuatro categorías siguientes:

– Altamente contaminada. De 50 % a 100 % de los granos contaminados para distancias entre 80 y 150 m, según la región.
– Moderadamente contaminada. De 10 % a 50 % de granos contaminados para distancias entre 200 a 380 m.
– Ligeramente contaminada. De 1 % a 10 % de granos contaminados para distancias hasta de 400 m.
– Menos de 1 % de granos contaminados para distancias mayores de 400 m, según la región.

Se requiere revisar la literatura al respecto para comparar estos estándares con los internacionales. Las observaciones de la base climática de este estudio permiten estimar que las condiciones climáticas del Perú no son extremas como para concluir que estas favorecen más que lo normal la dispersión del polen y la cruzabilidad. Por ejemplo, los vientos, que fueron considerados el factor climático más importante, son normales en el país. Sin embargo, antes de revisar la literatura, se debe 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 los cultivares nativos 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 lo máximo posible y, por tanto, los estándares tienen que ser más exigentes. En los casos de producción comercial de semilla, los semilleros no pueden aislarse demasiado. Debido a los costos tan altos para esto, se acepta algún nivel de contaminación, el que no puede 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 cultivares, en promedio 2,5 cultivares en la misma parcela. Con el uso de 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 al cultivar que producía el polen marcado, pero se reduce drásticamente del quinto al décimo surco del cultivar receptor. El nivel de flujo génico fue pequeño, de 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 porcentaje de polinización con polen extraño varía de 10 % a 60 % y a 15 metros de los surcos de bordo hay muy pocos granos contaminados, de 10 a 300 por cada 10 000. Ma et al. (2004) presentaron datos del estimado de contaminación en Ottawa (Canadá), durante tres años seguidos, sobre la cruzabilidad de una fuente de polen transgénico (Bt) de grano amarillo rodeado por un cultivar 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 de hasta 82 %. A 28 metros (surco 37), el cruzamiento fue menor de 1 % y a mayor distancia, mucho menor. Según los autores, los datos sugieren que es posible producir maíz sin contaminación si se eliminan en el campo del receptor los 30 metros más cercanos al híbrido con evento OVM.

El proyecto LAC-Biosafety presentó una serie de estrategias para minimizar el flujo de genes. La literatura que revisó evidencia, en general, distancias menores para aislar cultivares locales de maíz de los híbridos con eventos OVM. En una investigación de López (2012), la contaminación disminuye si las distancias son mayores de 20 metros. Por ejemplo, a 50 metros se encontró solo 0,13 %.

Halsey et al. (2005) revisaron las experiencias previas sobre cruzabilidad para evitar que plantas 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 un cultivar 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 y Brooks (1950) usaron la combinación convencional de fuente/receptor (fuente amarillo/receptor blanco), en Oklahoma, durante tres años, y encontraron que la contaminación fue 28,63 % a 0 metros, 1,19 % a 200 y 0,20 % a 500 m de distancia de la fuente de polen. Con la misma metodología, Jones y 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 et al. (2001) estudiaron el flujo de genes en México con el uso de 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 et al. (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.

Sin embargo, cuando se usan productos OVM, la tolerancia es mucho menor. La guía del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) exige una distancia de 1 600 m de separación para el maíz que produce productos farmacéuticos cuando se siembran los dos campos a la vez, y solo la mitad, o sea 800 m, si hay una diferencie en la época de siembra de cuatro semanas o más (Stevens et al., 2004).

Los resultados de la investigación de Halsey et al. (2005) mostraron que a una distancia de 750 m entre la fuente y el receptor, 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 que 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.
Para el caso del Perú se recomienda establecer protocolos de bioseguridad, previos a la liberación de cultivares comerciales con eventos OVM.



## 2.5 Organismos y microrganismos asociados al maíz

En un país diverso como el Perú, donde el maíz pelea con sus patógenos desde hace 7 000 años, la diversidad patogénica es 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 un cultivar que no está adaptado se siembra en el Perú, aparece la enfermedad, pero en frecuencia muy baja, coincidente con sus alelos responsables. Con el tiempo o 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 el cultivar o híbrido se vuelve susceptible. La susceptibilidad del cultivar introducido 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 determinan 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 un cultivar no adaptado. 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, pero es general en el Perú, donde una especie como el maíz tiene 7 000 años de adaptación en agroecosistemas específicos como los valles de un desierto tropical típico de la costa, los altoandinos, y, se supone que también, en las selvas tropicales. Por eso este 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, se conoce que en la costa peruana se estaba produciendo la raza Cusco 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 permitió saber que solo se podía producir en dos localidades: la irrigación Santa Rosa y Pisco, en un terreno durante muchos años sembrado de algodón. Ambos sitios seguramente estaban libres de *Fusarium moniliforme* (nunca se han podido analizar esos suelos).

Otro caso muy dramático se observó en el germoplasma de maíz de 25 razas peruanas que se enviaron a México, a cambio de otras 25 razas mexicanas traídas al Perú, durante el Proyecto LAMP (*Latin American Maize Program*). Las 25 razas mexicanas se cultivaron en el Perú sin problemas, mientras que las 25 razas peruanas sembradas en Chapingo, 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 diferentes del andino y la morfología de la planta parecida a las razas mexicanas.

Están pendientes las pruebas experimentales de ese fenómeno. Mientras tanto, esas evidencias parciales, cotejadas con los estudios del MINAM de 2013 a 2016, señalan que si hay un balance entre los microorganismos benéficos, perjudiciales y neutros, es poco probable la aparición de nuevas plagas. Sería recomendable definir un protocolo especial para evaluar la resistencia de las enfermedades en los cultivares introducidos, con mucho más rigor en los híbridos con eventos OVM, debido a que el cambio tecnológico supone aplicar con frecuencia herbicidas, o la aparición de exudados de las raíces de las plantas que contengan insertos de Bt, por ejemplo, debido al efecto que pudieran tener sobre la flora microbiana no blanco (benéficos y neutros).



## 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; 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 con eventos OVM 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).

## BIBLIOGRAFÍA


- APG III. (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 161, 105-121.
- APG IV. (2016). An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 181, 1-20.
- Bassetti, P., and Westgate, M. E. (1993). Senescence and receptivity of Maize silks. *Crop Science*, 33, 275-278.
- Bird, R., and Bird, J. B. (1980). Gallinazo maize from the Chicama Valley. Perú. *American Antiquity*, 45, 325-332.
- Bonavia, D., and Grobman, A. (1989). Andean Maize. Its Origen and Domestication. In D.R. Harris y G.C. Hillman (Eds). *Foraging and farming: the evolution of plant explotation* (pp. 456-470). London: Unwin-Hyman.
- Bateman, A.J. (1947). Contamination of seed crops: II. Wind pollination. *Heredity*, 1,235-246.
- Bonavia, D. (2008). *El maíz. Su origen, su domesticación y el rol que ha cumplido en el desarrollo de la Cultura*. Lima, Perú: Fondo Editorial Universidad de San Martín de Porres.
- Castillo, F., and Goodman, M. (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* (pp. 67-75). Mexico, D.F.: CIMMYT.
- 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. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

- Collado-Panduro, L., Chávez-Servia, J. L., Riesco, A., and Soto, R. (2005). Community Systems and seed supply and storage in the Central Amazon of Peru. En D. Jarvis, R. Sevilla, J. L. Chávez-Servia, and T. Hodgkin (Eds). *Seed Systems and crop generic diversity on farm. Memorias del Taller. 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., Goodman, M. M, Stuber, C.W. (1985). Isozyme variation in the Races of Maize from Mexico. *Am. J. 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.
- Gómez-López, M., Latournerie, L., Arias-Reyes, L, Tuxill, J. y Chavez-Servia, J. L. (2002). Sistema de intercambio de semilla en los cultivos de milpa en Yaxcaba, Yucatan. En *Proceeding of a Symposium: Manazing crop diversity in tradicional agroecosystem*. Mérida, Mexico. IPGRI. Roma Italia.
- Goodman, M., and Brown W. L. (1988). Races of corn. In G.F. Sprague and J.W. Du. *Corn and Corn Improvement* (pp. 33-79). 3rd edition. Agronomy monograph 18. ASA, CSSA, Madison, Wisconsin. USA.
- Goodman, M. M., and Stuber C. W. (1983). Races of maize: VI. Isozyme variation among races of maize in Bolivia. *Maydica*, 28, 169-187.
- Grobman, A., Salhuana, W. y Sevilla R. (1961).*Races of maize in Peru*. Natural Academy of Science. Natural Research Council. Pub. 915. Washington D.C. USA.
- Grobman, A. (1982). Maíz (Zea mays). En D. Bonavia. *Precerámico Peruano. Los Gavilanes. Mar, Desierto y Oasis en la Historia del Hombre* (pp. 157-179). Lima, Perú: Cofide e Instituto Arqueológico Alemán.
- Grobman, A., Bonavia, D., Dillehay, T., Piperno, D., Iriarte, J., and Holst A. (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., Remund, K.M., Davis, C.A., Qualls, M., Eppard, P.J., and Berberich S.A. (2005). Isolation of Maize from Pollen-mediated gene flow by time and distance. *Crop Science*, 45,2172-2185.
- Hodgkin, T., Rana, R., Tuxill, J., Balma, D., Subedi, A, Mar, I., Karamura, D., Valdivia, R., Collado, I., Latournerie, L., Sadiki, M., Sawadogo, M., Brown, A.H.D. y Jarvis, D.I.(2011). Sistemas de semillas y diversidad genética de los cultivos en sistemas agrícolas. En D. Jarvis, C. Padoch y H.D. Cooper (Eds). *El Manejo de la Biodiversidad en los Sistemas agrícolas* (pp. 82-121). Roma, Italia: Bioversity International.
- Jones, M.D., and Brooks J.S. (1950). *Effectiveness of distance and border rows in preventing outcrossing in corn*. Tech. Bull. n.° T-38. Oklahoma Agric. Exp. Stn., Stillwater, OK.
- Jones, M.D., and Brooks, J.S. (1952). *Effect of tree barriers on outcrossing in corn*. Tech. Bull. n.° T-45. Oklahoma Agric. Exp. Stn., Stillwater, OK.
- Jemison, J.M., and Vayda M.E. (2001). Cross pollination from genetically engineered corn: Wind transport and seed source. *AgBio Forum*, 4(2): 87-92.
- Kiesselback, T.A. (1949). *The structure and reproduction of Corn*. University of Nebraska. College of Agriculture, Experimental Station. Research Bull. 161.
- Klein, E.K., Lavigne, C., Foueillassar, X., Gouyon, P.H., and Laredo, C. (2003). Corn pollen dispersal: Quasi-mechansitic models and field experiments. *Ecol. Monogr.* 73(1),131-150.
- 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 L. Aragón, J. Castillo, V. Romero, C. López y F. Fernández-Nothcote (Eds). *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*. Lima, Perú: Proyecto Lac Biosafety

- Louette, D. (1997). Seed exchange among farmers and gene flow among maize varieties I Traditional Agricultural Systems. En J. Serratos, M. Willcox, and F. Castillo (Eds.). *Gene flow among Maize Landraces, Improved Maize Varieties and Teosinte. Implications for Transgenic Maize* (pp. 56-66). Mexico, D.F.: CIMMYT.
- Luna, S.V., Figueroa, J.M., Baltazar, B.M., Gomez, R.L., Townsend, R., and Schoper, J.B. (2001). Maize pollen longevity and distance isolation requirements for effective pollen control. *Crop Sci*. 41,1551-1557.
- Ma, B.L., Subedi, K.D., and Reid, L. M. (2004). Extent of cross fertilization in Maize by pollen from neighboring Transgenic Hybrid. *Crop Science*, 44,1273-1282.
- Mangelsdorf, P. (1974). Corn. *Its origen, Evolution and improvement*. Massachusetts, USA: The Belknap Press of Harvard of Harvard University.
- Mayr, E. (1974). *Populations, species and evolution*. Massachusetts, USA: The Belknap Press of Harvard of Harvard University.
- Medina, T., Roldán, A. y Sigüeñas, M. (editores). (2007). *Mecanismos tradicionales de intercambio de semillas*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- MINAM. (2016). *Estudio de biología floral y establecimiento de protocolo para determinar el flujo de polen en el cruzamiento del maíz*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz7-Estudio-de-la-biolog%C3%ADa-floral-y-flujo-de-polen.pdf
- MINAM. (2016). *Servicio de consultoría para el análisis sobre organismos y microrganismos del aire y suelo del maíz*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz6-An%C3%A1lisis-sobre-organismos-y-microorganismos-del-aire-y-suelo-2016.pdf
- Neuffer, M., Jones, L., and Zuber, M. (1968). *The mutant of maize*. Madison, Wisconsin: USA: Crop Science Soc of America.
- Ortega, A., Guerrero, M., Cota, O. y Preciado, R. (2011). Situación actual de los maíces nativos y sus parientes silvestres en México. En R. Preciado y S. Montes (Eds). *Amplitud, mejoramiento, usos y riesgos de la diversidad genética del maíz de México* (pp. 1541). Chapingo. Estado de México: Sociedad Mexicana de Fitogenetica.
- Riesco, A. (2002). *Informe anual del Proyecto Strengthening the Scientific basis of in situ conservation of Agricultural Biodiversity.* Roma, Italia: IPGRI.
- 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., Goodman, M.M., MckBird, R., and Stuber C.W. (2006). Isozyme and Morphological Variation in Maize of Five Andean Countries. *Maydica*, 51,25-42.
- Sevilla, R. (1991). Genética del Maíz. En: *XIII Curso Corto: Mejoramiento Genético del Maíz*. PROCIANDINO. 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. pp. 149-165. Cochabamba, Santa Cruz, Bolivia.
- Sevilla, R., Cerrate, A., Carrión, L., Narro, L., Valdez, A., Arizola, J. y De la Colina, V. (1976). *Factores de Producción y Nivel Tecnológico del cultivo de Maíz en la sierra del Perú*. Inf. del Maíz. n.° Ext. De Investigación. Vol II: 69-83. UNA La Molina. Lima, Perú.
- Stevens, W.E., Berberich, S.A., Sheckell, P.A., Wiltse, C.C., Halsey, M.E. Horakc, M.J., and Dunn, D.J. (2004). Optimizing pollen confinement in Maize grown for Regulated Products. *Crop Science*, 44, 2146-2153.
- Tropicos.org. (2013). *Missouri Botanical Garden*. Recuperado en http://www.tropicos.org/
- Villegas, P. y Sevilla, R. (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





# 3

# CAPÍTULO



# Aspectos socioeconómicos en la producción de maíz y la conservación de su diversidad



# Aspectos Socioeconómicos 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, con énfasis en la identificación y el análisis de los riesgos que pueden afectar la continuidad de estas decisiones y, por tanto, la diversidad genética del maíz nativo en el país. Es decir, 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 los cultivares tradicionales de los agricultores con amplia variabilidad genética, por materiales mejorados de mayor rendimiento y con gran uniformidad genética o por otros cultivos más productivos o más rentables.

Al respecto, existe 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, se modificarán los cultivos y las prácticas de manejo de las semillas, que son 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* y la *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 CDB, por conservación *in situ* se entiende la conservación de ecosistemas y sus hábitats naturales, así como el mantenimiento y la 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, socioeconómico y cultural. Continúan ocurriendo los procesos evolutivos y coevolutivos, así como los procesos de selección y diversificación en los agrosistemas.

La elaboración de la línea base de la diversidad genética del maíz peruano con fines de bioseguridad contempla 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 estos cultivares locales nativos. Son los agricultores tradicionales, y mayormente los ubicados en zonas de pobreza, quienes conservan esta diversidad.

Desde 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, maíz, arroz, papa, trigo y 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 CDB (1992), el paradigma de conservación evolucionó desde un énfasis en la conservación *ex situ*, prevalente durante las décadas de 1970 y 1980, 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 los cultivares nativos. 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' se crea 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 se 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 (CR)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 ha de superficie agrícola con cultivos (transitorios + permanentes), destaca en primer lugar el maíz, con 568 400 ha, que representa el 13,68 % del total de superficie sembrada, por encima de la papa, el arroz y la caña de azúcar, entre los principales cultivos transitorios, y del café y cacao, entre los 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 2012, su exportación representó 21 millones de dólares en divisas generadas y en 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 IV Censo Nacional Agropecuario (2012), el maíz amiláceo implicó la participación de 309 768 unidades agropecuarias (UA), que representaron el 32 % del total de UA. La superficie cosechada de maíz amiláceo ascendió a 241 000 ha, es decir, el 13 % de la superficie total nacional cultivable (1 912 989 ha) (Cuadro 2). El maíz amiláceo es uno de los cultivos de mayor importancia económica en la sierra del país, y se constituye en el segundo recurso más importante en la alimentación diaria de las familias rurales. En el año 2016, se cosecharon aproximadamente 196 000 ha de maíz amiláceo, 80 % de ellas distribuidas 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 % durante el periodo 2006-2016 (Quispe, comunicación personal).

El Perú presenta una gran diversidad genética, principalmente el maíz nativo, que se intenta conservar. Sin embargo, para la línea de base de la diversidad de maíz con fines de bioseguridad, independientemente de esta diversidad, debe reconocerse y/o diferenciarse básicamente los dos tipos o grupos más importantes de maíz, el amiláceo y el MAD. Ambos presentan una realidad y una dinámica muy diferentes en su oferta (ej.: regiones y ecosistemas donde se cultivan) y en su demanda (ej.: usos del producto). Esta necesaria diferenciación incide en los análisis de riesgo y las medidas de bioseguridad que deben tomarse para la conservación de la diversidad del maíz nativo.

El MAD se cultiva mayormente en la costa y la selva del Perú. Su producción es el principal insumo para la elaboración de alimentos balanceados de la industria avícola nacional, sobre todo, en 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 de 60 % a 65 % del requerimiento total, con un egreso anual de divisas que supera los 120 millones de dólares[5] (Cuadro 3).

5. Información del Inia en www.inia.gob.pe/tecnologias/cultivos/132-cat-tecnologias/cultivos/395-tecnologia-en-maiz

**Cuadro 2.** 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 azúcar | 141,3 | Palma aceitera | 26,7 |
| Yuca | 94,6 | Naranjo | 22,5 |
| Maíz choclo | 66,0 | Manzano | 22,4 |

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

**Cuadro 3**. Producción y superficie cosechada de maíz amarillo duro, según zonas productoras. Promedio 1990-2011

| | COSTA NORTE | COSTA CENTRO | COSTA SUR | SELVA ALTA | SELVA BAJA |
|---|---|---|---|---|---|
| Producción (t) | 288 282 | 283 735 | 3 925 | 211 761 | 72 997 |
| Superficie (ha) | 55 831 | 45 139 | 888 | 97 437 | 38 251 |
| Variación anual producción | 0,095 | 0,063 | 0,046 | 0,060 | 0,086 |
| Variación anual superficie | 0,057 | 0,033 | 0,017 | 0,032 | 0,042 |
| Variación anual rendimiento | 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 para el consumo humano directo. Es cultivado en zonas con clima templado de la sierra y en el invierno en la costa (Cuadro 4).

La producción se destina al autoconsumo y a los mercados 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. El valor de las exportaciones presenta una tendencia positiva, tal como se muestra en el cuadro 5.

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, y destacan que su dinámica es completamente distinta. Según un estudio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA),[6] la superficie cosechada de maíz amiláceo grano seco se mantuvo prácticamente estancada, en los últimos 20 años creció apenas 10 %, mientras que la superficie dedicada a la siembra de maíz amiláceo grano verde creció más del doble durante el mismo periodo (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, para el mercado de consumo masivo de alimentos.

**Cuadro 4.** Producción y superficie cosechada de maíz amiláceo, según zonas productoras. Promedio 1990-2011

| | SIERRA CENTRO | SIERRA NORTE | SIERRA SUR | SELVA BAJA |
|---|---|---|---|---|
| Producción (t) | 235 838 | 143 854 | 133 020 | 22 181 |
| Superficie (ha) | 64 680 | 95 377 | 70 611 | 4 603 |
| Variación anual producción | 0,030 | 0,040 | 0,070 | 0,130 |
| Variación anual superficie | 0,014 | 0,002 | 0,023 | 0,310 |
| Variación anual rendimiento | 0,014 | 0,016 | 0,017 | -0,003 |

*Fuente: MINAG-OEE. Elaboración Cecilia Huamanchumo de la Cuba*

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

**Cuadro 5.** Valor de las exportaciones en el mercado internacional

| MAÍZ AMILÁCEO | PARTIDA ARANCELARIA | VALOR FOB (MILES DÓLARES US) | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Maíz dulce congelado | 0710400000 | 3259 | 3373 | 3905 | 4183 | 3816 | 6272 | 5522 | 5041 | 5062 | 6635 | 6969 |
| Maíz dulce refrigerado | 0709991000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 47 | 164 | 107 | 622 | 20 | 361 |
| Maíz dulce sin congelar | 2005800000 | 6 | 1 | 60 | 5 | 5 | 17 | 56 | 54 | 440 | 1001 | 1128 |
| Total maíz grano verde | | 3265 | 3374 | 3965 | 4188 | 3821 | 6336 | 5742 | 5202 | 6124 | 7656 | 8458 |
| Los demás maíces (cancha, chullpi) | 1005909000 | 1005 | 1626 | 2134 | 2539 | 2621 | 3093 | 3342 | 2843 | 2444 | 3119 | 4277 |
| Granos trabajados (mote) | 1104230000 | 1849 | 2216 | 2254 | 1897 | 2021 | 1314 | 3511 | 2017 | 2038 | 2538 | 2566 |
| Maíz blanco gigante | 1005903000 | 4109 | 7547 | 9649 | 9809 | 7337 | 10248 | 12155 | 10574 | 8286 | 10777 | 12111 |
| Maíz morado | 1005904000 | 394 | 529 | 691 | 591 | 624 | 804 | 813 | 850 | 1070 | 1008 | 1287 |
| Total maíz grano seco | | 7357 | 11918 | 14728 | 14836 | 12603 | 15459 | 19821 | 16284 | 13838 | 17442 | 20241 |
| Total | | 10622 | 15292 | 18693 | 19024 | 16424 | 21795 | 25563 | 21486 | 19962 | 25098 | 28699 |

*Fuente Sunat, 2018.*

## 3.3 Datos socioeconómicos del productor maicero obtenido de las prospecciones (2013-2016)

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 y ambientales como agrícolas. Al respecto, es necesario identificar las amenazas a la diversidad biológica que existen en el campo y destacar el comportamiento del productor ante las restricciones que enfrenta.

En relación a la información obtenida sobre el productor maicero, en los trabajos de prospección realizados en 2014 y 2015, entre las dos prospecciones se cubrió todo el país, 23 departamentos. En 2014, se cubrió 10 departamentos: Áncash, Apurímac, Arequipa, Ayacucho, Huancavelica, Junín, La Libertad, Lima, Puno y Tacna. En 2015, se obtuvo información de 13 departamentos: Amazonas, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Ica, Lambayeque, Loreto, Madre de Dios, Moquegua, Pasco, Piura, San Martín y Ucayali.

Por la experiencia directa de los especialistas y 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, lo que constituye la hipótesis de trabajo.

Mediante las encuestas tomadas se ha confirmado la hipótesis de que tanto los factores que caracterizan el comportamiento del agricultor como la amenaza

de algunos están afectando la conservación de la biodiversidad. Entre estos factores están los siguientes:

- El cambio de uso de la tierra. Debido a la ampliación de las urbes y de las actividades mineras.
- La secuencia intergeneracional. La mayoría de personas entrevistadas, que conservan semillas y preparan alimentos en base al maíz nativo, tienen 50 años o más, y, posiblemente, sus hijos o nietos ya no lo cultiven.
- El criterio más utilizado para la siembra de maíz es el mercado (83,47 %). La tradición representó solo el 2,48 %, en 2014.
- La preparación de la semilla para la siguiente generación del cultivo es predominantemente realizada por las mujeres. Este factor cultural debe tomarse en cuenta con fines de capacitación en la conservación y la selección de semilla (2014).
- Un alto porcentaje de productores cuenta con radio y televisión. Esto 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 tarea es enorme. La información obtenida resulta insuficiente para esta finalidad. Se requiere mayor información sobre lo siguiente:

- Migración estacional del jefe 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. Cultivos asociados que se dan en los predios, que, generalmente, incluye al maíz.
- Cambio en la dieta de los productores y si esta afecta el consumo de maíces nativos.
- Dotación de factores de la familia campesina. Mejorar la información sobre el nivel de capitalización del productor y su evolución relativa.
- Mayor análisis de la endocría. Esta se genera por la costumbre del agricultor de seleccionar semilla de maíces nativos en poblaciones muy pequeñas.
- Mejora de la información sobre el nivel de capitalización del productor y su evolución relativa.
- Mejora de la información en cada región, sobre los diferentes usos del maíz nativo en cada zona. Existe mucha información, pero no es uniforme. Es necesario antes de analizar la información, elaborar indicadores para poder uniformizar la información con fines de generalización.
- Estudio más detallado del aspecto cultural. Este varía de una región a otra e influye en la conservación de la biodiversidad, sobre todo en el manejo de la semilla de maíz nativo.

Esta falta de información adecuada se pretende cubrir con lo observado sobre el conocimiento tradicional del manejo e intercambio de semillas. En el Perú, el intercambio tradicional de semillas constituye uno de los elementos de mayor importancia para la sostenibilidad de la conservación *in situ* de los cultivos nativos por razones culturales ligadas al paisaje y la naturaleza.

En 2007, el Inia publicó el resultado sobre los mecanismos tradicionales de intercambio de semillas realizado por los agricultores en 10 departamentos (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). El estudio 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, por lo tanto, diversos los riesgos que se enfrentan. Explícitamente los que afectan al actor principal de esta conservación, el agricultor tradicional, 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 las siguientes: 1) la sustitución de cultivares locales; 2) el desmonte; 3) la presión demográfica; 4) la explotación excesiva de especies. Se mencionan también la degradación y compactación del suelo, la contaminación de acuíferos, el sobrepastoreo y las diversas obras de infraestructura como la construcción de presas hidroeléctricas y caminos.

Los riesgos pueden agruparse en socioeconómicos (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.

### A. Riesgos socioeconómicos

En el Perú, país megadiverso, 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 (MAD) (costa y selva del país), a diferencia de los maíces amiláceos, ubicados en la sierra del Perú. La dinámica socioeconómica es claramente diferente en estas regiones. Mientras el MAD es un *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 cultivar nativo de maíz.

## B. 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, porque los casos son los componentes de los ecosistemas. Además, no hay una estrategia para captar la diversidad y concentrarla en unidades que facilite el monitoreo de la conservación. Solo así se logrará que las políticas públicas sean efectivas. Se espera que las zonas de agrobiodiversidad cubran esta deficiencia[7].

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

7. Decreto Supremo n.° 020-2016-MINAGRI.

## C. Aspectos institucionales

La diversidad del maíz prácticamente no se ha visto afectada en los últimos 50 años. Sin embargo, como han ocurrido cambios institucionales, climáticos y socioeconómicos importantes en ese periodo, el tema institucional 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, las instituciones, como se puede afectar e influir directamente. Los otros factores, principalmente los climáticos, escapan mayormente a la posibilidad de cambio por decisión humana.

Este aspecto, sobre todo, se refiere 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). 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 las del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Unalm), en la promoción de CR, 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 departamento, al estar sus funcionarios y jefaturas más cerca de los problemas, tiene resultados discutibles hasta el momento. En todo caso, el desempeño de los gobiernos regionales no es uniforme, más bien todo lo contrario. Cabe esperar que se tomen como ejemplo las experiencias exitosas y se difunda las mismas en todas las regiones. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta la diversidad cultural de los departamentos.



Existe también diversidad en el desempeño institucional, tanto a nivel nacional como regional, que merece un análisis más detallado cuando se realicen los análisis de riesgo. El Estado y 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 están 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.° 29811, en la consideración de que un conjunto de 19 departamentos del Perú se han declarado libre de transgénicos.

## 3.5 Propuestas y/o recomendaciones

Cabe mencionar que el Artículo 2 del Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM, reglamento de la Ley de moratoria, indica que su finalidad es la de impedir el ingreso, producción y liberación al ambiente 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 reglamentario, se exponen las siguientes recomendaciones:

- El mantenimiento de los sistemas tradicionales de producción y la cultura que los sostiene es la mejor estrategia para la conservación de la diversidad de las especies cultivadas en los agroecosistemas.

- Diversos autores han formulado propuestas sobre esta temática.
  - Minimizar el riesgo de erosión genética por fluctuaciones demográficas, cambios ambientales y catástrofes.
  - Minimizar las amenazas de las actividades humanas a la diversidad genética.
  - Apoyar acciones que promuevan la diversidad genética en las poblaciones objetivo.
  - Garantizar el acceso de la población para la investigación y el fitomejoramiento.
  - Garantizar la disponibilidad de material de las poblaciones objetivo manejadas 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 y al uso seguro de la biotecnología, difundir el Centro de Intercambio de Información en Seguridad de la Biotecnología a nivel nacional. La finalidad es una comunicación efectiva con los actores (principalmente empresas productoras de OVM), de tal modo que asuman su responsabilidad frente a cualquier daño a la salud humana, el medio ambiente o la diversidad biológica, que se pueda generar al liberar al ambiente OVM, y la compensación económica de 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?, si se considera que la superficie sembrada de maíz no es importante, comparada con las mayores superficies sembradas de maíz en Brasil, Argentina y otros países de América del Sur.





## BIBLIOGRAFÍA


- FAO. (2011). *El Segundo Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en el Mundo*. Roma, Italia: Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Huamanchumo de la Cuba, C. (2013). *La cadena de valor de maíz en el Perú: diagnóstico del estado actual, tendencias y perspectivas*. Lima, Perú: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- Jarvis, D. I., Myer, L., Klemick, H., Guarino, L., Smale, M., Brown, A. H., Sadiki, M., Sthapit, B., and Hodgkin, T. (2006). *Guía de Capacitación para la Conservación in situ en Fincas, Versión 1*. Roma, Italia: IPGRI.
- Jarvis, D.I., Padoch, C., Cooper, H. D. (Ed). (2007). *El manejo de la biodiversidad en los sistemas agrícolas*. Roma, Italia: Bioversity International.
- Medina, T, Roldán, A. y Sigüeñas, M. (Ed). (2007). *Mecanismos tradicionales de intercambio de semillas*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria.
- Minagri. *Estadísticas agrarias. Series estadísticas históricas del Minagri*. Recuperado de http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/
- MINAM. (2013). *Distribución y concentración de las razas locales de maíz en la costa norte*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maíz1-Distribucion-y-concentracion-de-las-razas-locales-de-maiz-en-la-costa-norte.pdf
- MINAM. (2014). *Colecta, elaboración de mapas de distribución y estudio socioeconómico de la diversidad genética del maíz*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz3-Colecta-mapas-distribuci%C3%B3n-y-estudio-socioecon%C3%B3mico-de-la-diversidad-genetica-del-maiz-2014logo.pdf
- MINAM. (2015). *Prospección, colección, elaboración de mapas de distribución y estudio socioeconómico y de conocimientos tradicionales asociados al cultivo de las razas de maíz*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz5-Prospeccion-coleccion-elaboracion-de-mapas-de-distribucion-y-estudio-socioeconomico-de-conocimientos-tradicionales-asociados-al-cultivo-y-razas-de-maiz.pdf
- MINAM. (2016). *Servicio de consultoría para el análisis sobre organismos y microrganismos del aire y suelo del maíz.* Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz6-An%C3%A1lisis-sobre-organismos-y-microorganismos-del-aire-y-suelo-2016.pdf
- Quispe, C. (2013). *Caracterización y funcionamiento de la cadena productiva de maíz amiláceo*. Lima, Perú: Minagri.
- Quispe, C. (2017). *Importancia del maíz amiláceo en el Perú*. Presentación en PP. Minagri, Cajamarca, mayo 2017.
- Sánchez, H. (1983). *Informe Interno del Programa de Maíz*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Sevilla, R. y Holle, M. (2004). *Recursos genéticos vegetales*. Lima, Perú: Editorial Luis León Asociados.



# 4

# CAPÍTULO



# Agrobiodiversidad y ecosistemas



# Agrobiodiversidad y Ecosistemas

Existe una relación directa entre la agrobiodiversidad y 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 las acciones de los agricultores, lo cual se puede detectar con el examen del sistema de clasificación que los agricultores usan para describir los cultivares y las razas que cultivan (Sanchez-Vega, 2014).

## 4.1 Agrobiodiversidad y maíz

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 con el registro en un mapa isolíneas de una misma raza sobre el nivel del mar y la localización de las áreas donde se siembran las razas en esas altitudes. Pero, esa hipótesis se probará mejor cuando se compare las razas producidas en su propio ecosistema y en otros, se estime la variación que genera la interacción genotipo por localidad y se la elimine para precisar el efecto de la localidad.

## 4.2 Propuestas de zonificación de los 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 la temperatura media anual, la precipitación por año y la 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 agroecosistemas muy diversos.

En el Perú ha habido otros intentos de zonificar el ambiente, como los resume Mario Tapia (Cuadro 6).

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

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

**Cuadro 6.** Ecosistemas y razas

| AUTOR | FECHA | UNIDAD | ÉNFASIS | METODOLOGÍA |
|---|---|---|---|---|
| A. Weberbauer | 1946 | Zonas fitogeográficas | Fitogeografía | Censos botánicos |
| J. Pulgar Vidal | 1957 | Zonas de vida natural | Indicadores biológicos | Interpretación del conocimiento local |
| A. Brack | 1960 | Ecorregiones | Ecología | Evaluación de parámetros ecológicos |
| A. Caballero | 1978 | Zonas agroeconómicas | Uso de la tierra y economía | Evaluaciones agroeconómicas |
| M. Tapia | 1997-2008 | Zonas agroecológicas | Vocación ecológica | Uso potencial de la tierra |



## A. 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.

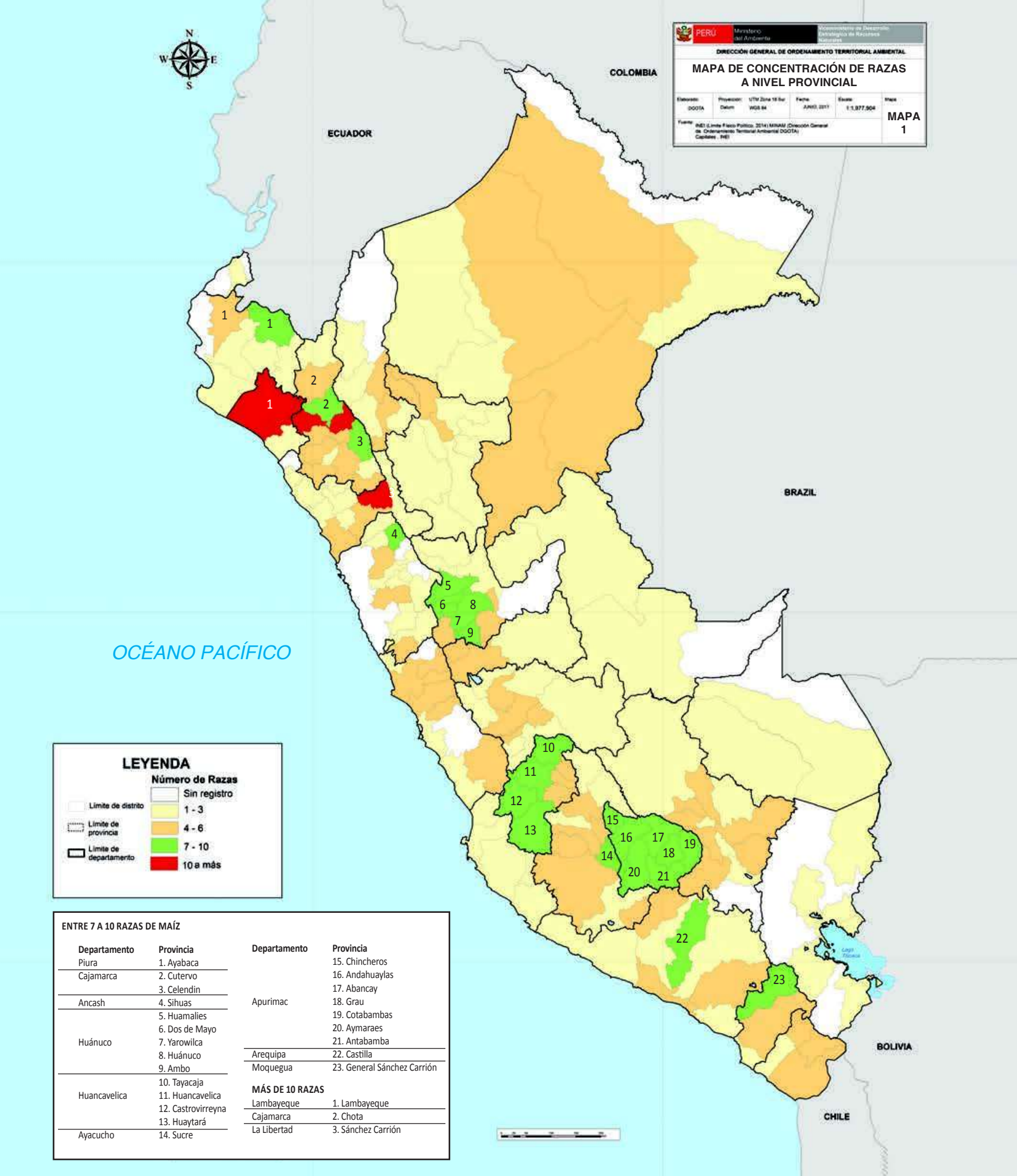
## B. Ecorregión

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, cuando se considera 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.

En ese sentido, se debe desarrollar una metodología para la clasificación de agroecosistemas basada en la adaptación de las razas de maíz. Para eso se están generando mapas de concentración de las razas. Los primeros intentos de elaboración de estos mapas se muestran a continuación (Mapa 1, 2). La prospección de la diversidad (MINAM, 2013, 2014, 2015) y las colecciones que se hicieron inmediatamente después han proporcionado información para elaborar los mapas del estado de la diversidad de maíz en el Perú. Hay mapas de los sitios de cultivos de las razas nuevas o recientemente descubiertas, de la distribución de todas las razas existentes en el Perú y de 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 que se ha encontrado maíz mezclado o contaminado, o sea cruzado con MAD, o cruzado con otras razas.

Se han realizado varios trabajos sobre la interacción genotipo-ambiente en el maíz, pero no lo suficiente, por lo que es necesario continuar con metodologías estadísticas (análisis de cluster), análisis a nivel molecular; análisis de efectos principales aditivos e interacción multiplicativa (AMMI), de modo que nos puedan dar una idea de la influencia de la interacción genotipo-ambiente en el comportamiento del cultivo.

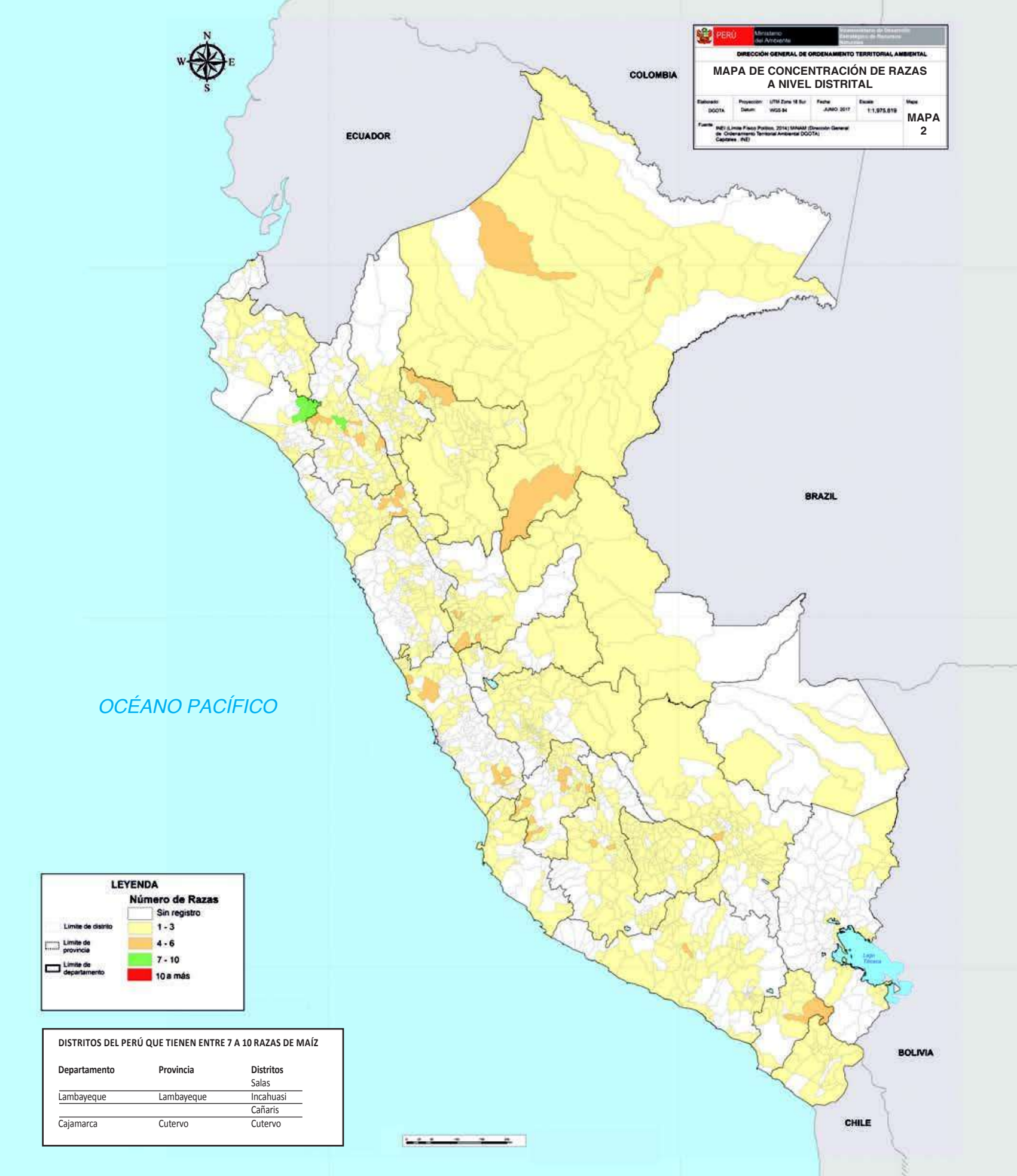



**ENTRE 7 A 10 RAZAS DE MAÍZ**

| Departamento | Provincia |
|---|---|
| Piura | 1. Ayabaca |
| Cajamarca | 2. Cutervo |
| | 3. Celendin |
| Ancash | 4. Sihuas |
| Huánuco | 5. Huamalies |
| | 6. Dos de Mayo |
| | 7. Yarowilca |
| | 8. Huánuco |
| | 9. Ambo |
| Huancavelica | 10. Tayacaja |
| | 11. Huancavelica |
| | 12. Castrovirreyna |
| | 13. Huaytará |
| Ayacucho | 14. Sucre |
| Apurimac | 15. Chincheros |
| | 16. Andahuaylas |
| | 17. Abancay |
| | 18. Grau |
| | 19. Cotabambas |
| | 20. Aymaraes |
| | 21. Antabamba |
| Arequipa | 22. Castilla |
| Moquegua | 23. General Sánchez Carrión |

**MÁS DE 10 RAZAS**

| Departamento | Provincia |
|---|---|
| Lambayeque | 1. Lambayeque |
| Cajamarca | 2. Chota |
| La Libertad | 3. Sánchez Carrión |




**DISTRITOS DEL PERÚ QUE TIENEN ENTRE 7 A 10 RAZAS DE MAÍZ**

| Departamento | Provincia | Distritos |
|---|---|---|
| Lambayeque | Lambayeque | Salas |
| | | Incahuasi |
| | | Cañaris |
| Cajamarca | Cutervo | Cutervo |

## 4.3 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 por épocas de siembra y densidades de siembra, entre otras, 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-ambiente tales como análisis de variancia y regresión, que fue la más utilizada, y el método de efectos principales aditivos e interacción, que actualmente es el que se utiliza más (AMMI), propuesto por Zobel et al. (1988). El método AMMI no solo permite estimar estabilidad, sino también evaluar localidades y, como consecuencia, clasificar los ambientes (Crossa et al., 1990).

Cuando la interacción genotipo-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-ambiente. Así, en la sierra media, las razas del Cusco son más productivas que las de Junín y Huancavelica si se prueban en el Cusco, pero estas son más productivas que las del Cusco si se prueban en las zonas altoandinas. Entonces, se podría dividir toda la sierra del Perú en diferentes ecosistemas, con base en el comportamiento de las razas. Cada raza o grupo de razas define un agroecosistema diferente.

Con la metodología desarrollada en Cimmyt (Crossa et al., 1990), se cruzan las razas de probada adaptación con los valores de las interacciones localidades por razas. Esta metodología se aplicó en los resultados experimentales obtenidos en pruebas de cultivares evaluados en diferentes localidades. En la década de 1980 se probaron en la sierra del Perú muchos cultivares y razas en experimentos para probar la hipótesis de que las razas interaccionan menos con las localidades que los cultivares mejorados, lo que permitiría definir áreas de la misma adaptación más fácilmente con las razas.

Se analizó la interacción genotipo ambiente de 13 poblaciones de tendencia tardía de maíz amiláceo, en los cuales se probaron compuestos raciales (CR) Sabanero, Capio, Ancashino, Huánuco, Marañon, Chullpi y Huayleño, en siete ambientes o localidades: Cauday, Celendín, Cajamarca, Cajabamba, Carhuaz, Andahuaylas y Huanta (Figura 3). En el análisis se apreció que los CR Chullpi, Marañon y Capio interaccionan más con las localidades. El CR Ancashino no interacciona con las localidades. En las 12 poblaciones de precocidad media, en las cuales se tiene seis CR (Paro, Pisccorunto, Huayleño, Ancashino, Sabanero y Huánuco) y cinco ambientes (Carhuaz, Pampas, Huancayo, Izcuchaca y Huanta), los CR Paro, Pisccorunto I y II se agrupan junto al CR Ancashino (Figura 4). En las 10 poblaciones de mayor precocidad, donde estuvieron incluidos dos CR (Piscorunto y Paro), en siete ambientes (constituidos por las localidades Carhuaz, Jauja, Huancayo, Quispicanchis, Huanta, Huamanga y Andahuaylas) (Figura 5), se observa que los CR Paro y Pisccorunto interaccionan más con las localidades que el cultivar mejorado PMS-635 y el CR 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 cultivares mejorados)

son diferentes en cada ambiente (Espinoza, 1987) tal como se puede observar en el cuadro 7, 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 3, 4 y 5 se muestran los rendimientos de los cultivares tardíos, medios 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 los tardíos (Figura 3), las razas tienden a juntarse (Huánuco, Marañón, Chullpí y Huayleño), lo que evidencia que tienen adaptación parecida. En el caso de las de precocidad media, los compuestos Huánuco, Sabanero y Canchero se encuentran más dispersos 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 por 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 por localidades.

Martínez et al. (2016) determinaron la interacción genotipo medio ambiente en maíces nativos de Chiapas, en ambientes contrastantes por sequía intraestival, al seleccionar poblaciones estables encontró interacción entre ambiente y genotipo. Lozano et al. (2015) indicaron que el análisis AMMI señaló a una localidad de Guatemala, una de México

**Cuadro 7**. Efecto genotípico medio ($\bar{X}_{EG}$), variancia de efectos ambientales ($S^2_{EA}$), y variancia de efectos de interacción ($S^2_{EI}$); Ciclo tardío, precocidad media y mayor precocidad.

| CICLO TARDÍO | | | | PRECODIDAD MEDIA | | | | MAYOR PRECOCIDAD | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| POBLACIÓN | $\bar{X}_{EG}$ | $S^2_{EA}$ | $S^2_{EI}$ | POBLACIÓN | $\bar{X}_{EG}$ | $S^2_{EA}$ | $S^2_{EI}$ | POBLACIÓN | $\bar{X}_{EG}$ | $S^2_{EA}$ | $S^2_{EI}$ |
| Compuesto Piurano | 0,733 | 1,058 | 0,604 | Compuesto amarillo harinoso | 1,621 | 7,773 | 3,123 | Compuesto amarillo harinoso | 1,466 | 14,579 | 1,658 |
| Umutu | 0,533 | 1,094 | 1,572 | Compuesto Terciopelo | 0,533 | 2,110 | 1,144 | CR Pisccorunto III | 0,414 | 16,765 | 0,300 |
| Capio | 0,373 | 2,854 | 0,338 | PMS-635 | 0,427 | 2,779 | 0,202 | Pool racial Paro | 0,300 | 20,956 | 1,247 |
| CR Sabanero | 0,352 | 2,467 | 0,421 | PMT-631 | 0,295 | 8,302 | 2,190 | Pool racial Pisccorunto | 0,271 | 16,840 | 0,210 |
| CR Capio | 0,192 | 3,017 | 0,961 | CR Paro I | 0,258 | 3,771 | 1,382 | PMS-635 | 0,248 | 18,402 | 0,634 |
| CR Ancashino | 0,179 | 1,653 | 0,291 | CR Pisccorunto I | 0,138 | 5,517 | 0,614 | CR Pisccorunto I | 0,144 | 21,286 | 0,978 |
| Compuesto Terciopelo | 0,144 | 3,350 | 1,000 | CR Huayleño | 0,094 | 4,680 | 1,442 | Apurimac-269 | -0,013 | 13,920 | 0,200 |
| Compuesto Amiláceo | –0,118 | 2,742 | 0,650 | Compuesto amarillo de Ancash | 0,039 | 4,537 | 0,826 | CR Paro I | –0,234 | 24,070 | 1,210 |
| CR Huayleño | –0,123 | 1,158 | 0,511 | CR Pisccorunto II | 0,019 | 5,772 | 0,959 | CR Pisccorunto IV | –0,700 | 11,865 | 0,517 |
| Compuesto amarillo de Áncash | –0,408 | 2,120 | 0,170 | CR Ancashino | –0,206 | 3,194 | 0,286 | Ancash–386 | –1,897 | 7,528 | 2,340 |
| CR Huanúco | –0,560 | 3,347 | 0,963 | Compuesto Canchero | –1,235 | 2,396 | 1,885 | | | | |
| CR Marañón | –0,592 | 1,571 | 0,568 | CR Sabanero | –1,984 | 1,281 | 2,033 | | | | |
| CR Chullpi I | –0,707 | 1,640 | 0,693 | | | | | | | | |

**Figura 3**. 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 periodo 1977-1979

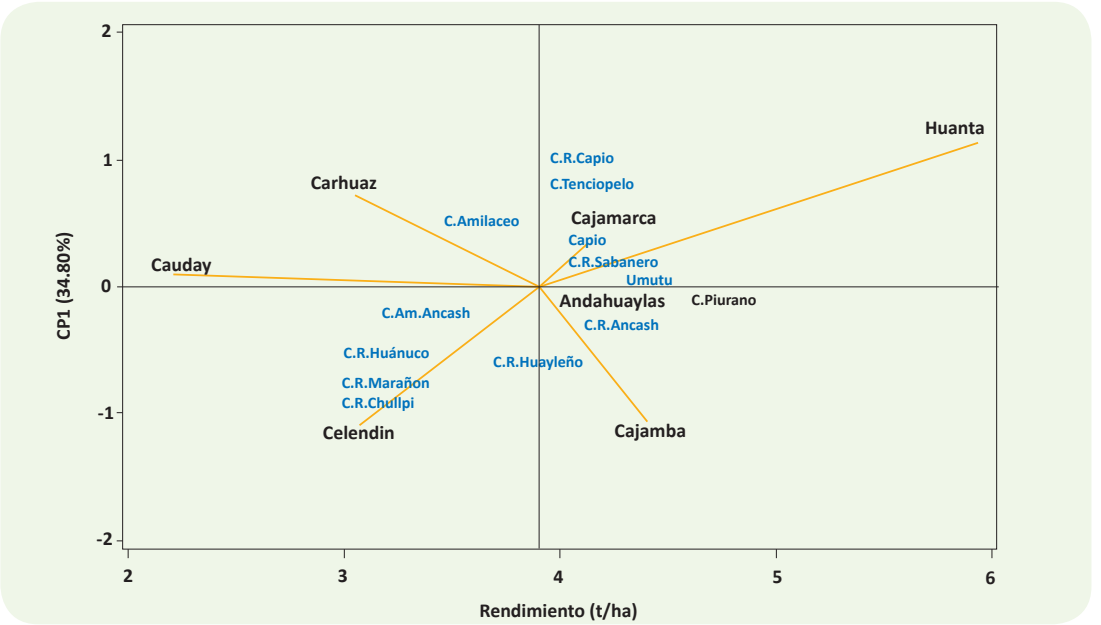
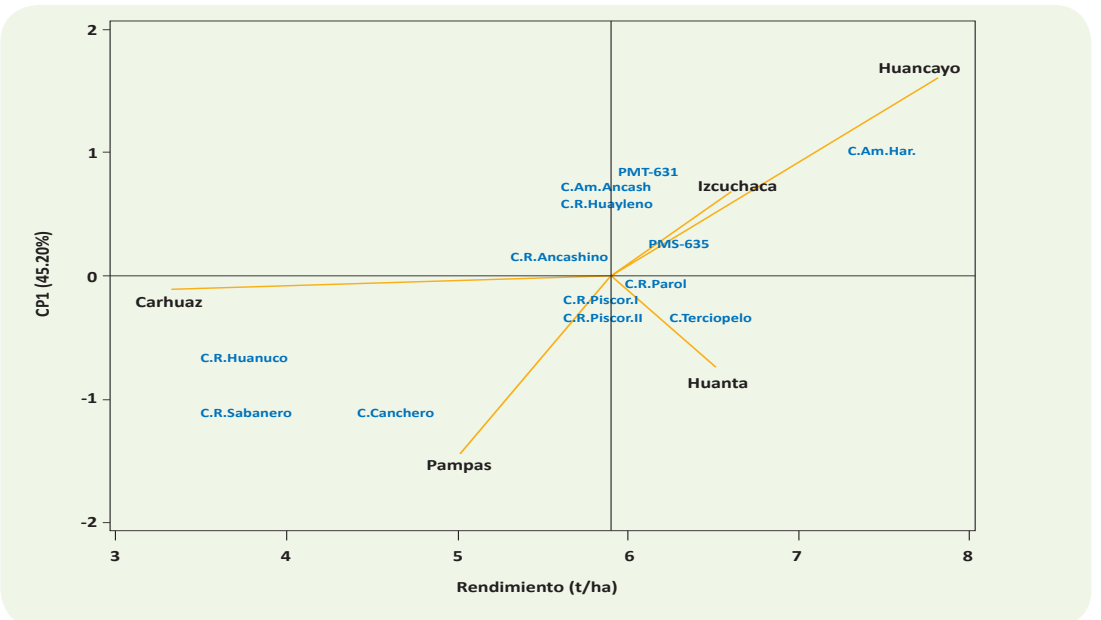



**Figura 4.** Biplot de AMMI con el primer componente principal (CP1) y el rendimiento promedio de 12 poblaciones de maíz amiláceo de precocidad media evaluados en cinco localidades (ambientes) de Perú durante el periodo 1978-1979





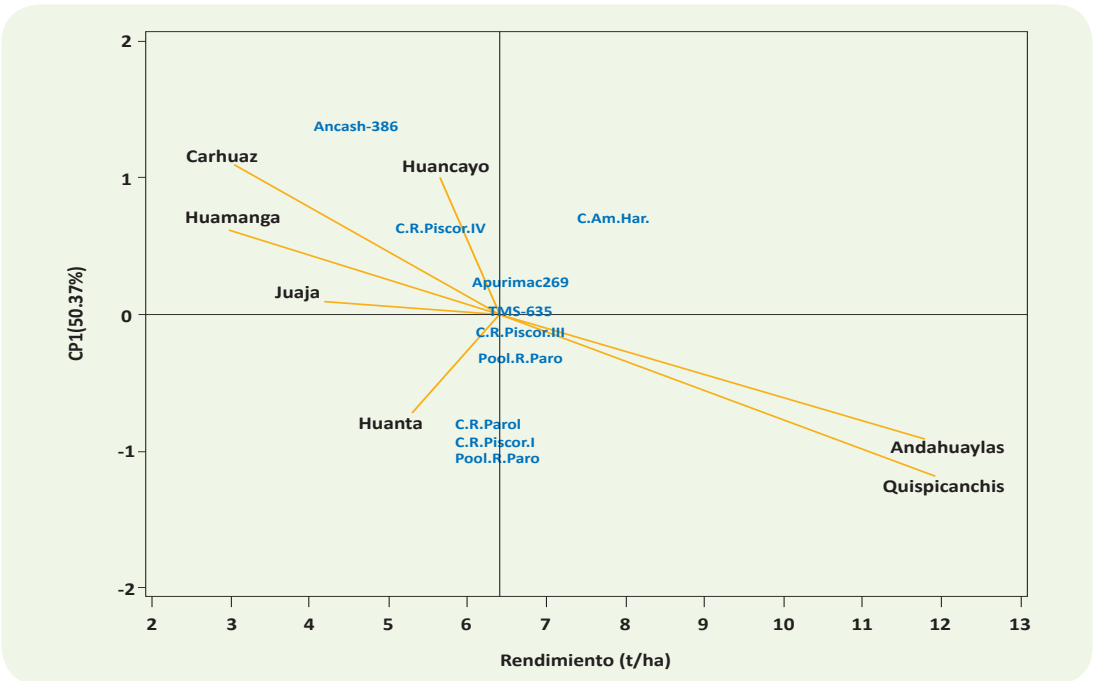
y una de Nicaragua como las de mayor interacción. Identificó cuatro mega-ambientes, y definió al híbrido más estable y con buen rendimiento. El método regresión en sitios (SREG) y factores analíticos (FA) resultó un buen predictor porque permitió identificar cuatro subgrupos y agrupó ambientes de diferentes países con características semejantes.

La metodología usada en esos experimentos nos permitieron analizar el efecto genotípico, la variancia ambiental y el componente de la interacción descompuesta para cada cultivar, lo que se muestra en el cuadro 7.

En este cuadro, en el grupo de los tardíos, se muestra que el CR Ancashino es el que menos interacciona con las siete localidades, lo que evidencia que todas ellas forman un mismo ecosistema para esa raza. Se observa también que el cultivar mejorado Compuesto Amarillo de Áncash acusa una interacción por localidades muy baja. El Umutu, por ejemplo, pertenece a otra ecorregión porque interacciona mucho con las localidades. En el grupo de precocidad media, otra vez el CR Ancashino muestra muy baja interacción, lo mismo que un cultivar relacionado: PMS-635. Casi todas las demás muestran alta interacción por localidades. Entre las precoces el que muestra menos interacción es el *pool* racial Pisccorunto (mezclas de los CR Pisccorunto) y Apurimac 269 que es una colección de la misma raza. De eso se desprende que la porción más precoz de la raza Pisccorunto 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.

**Figura 5.** 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 periodo 1979-1980








## 4.4 Distribución de las razas de maíz en el Perú

El análisis AMMI ha permitido ver que las razas similares se han agrupado juntas a pesar de la alta interacción genotipo por localidades. Entonces, sería posible generalizar que esta situación se pueda encontrar en toda la diversidad en maíz en el Perú. Como hipótesis de trabajo, se plantea que el comportamiento de un grupo de razas podría definir ecosistemas (Cuadro 8), y, para probar esta hipótesis, se planea realizar ensayos con las razas en localidades contrastantes.

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.

Con el análisis de 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 periodo 2013-2015, se propone en el cuadro 8 una primera aproximación, que servirá para proyectar una nueva descripción de los ecosistemas, basados en la adaptación de las razas de maíz.

Se presentan dos mapas comparativos de la distribución y concentración de las razas de maíz en el Perú, realizadas con colectas de 1952 a 1989 (Mapa 3) y colectas realizadas de 2013 a 2016 (Mapa 4).

**Cuadro 8**. Ecosistemas basados en la adaptación del maíz en el Perú

| ECOSISTEMA | RAZAS |
|---|---|
| Costa | Alazán, Chancayano, Huachano, Iqueño, Jora, Mochero, Pardo, Perla, Rienda |
| Selva baja | Alemán, Chimlos, Chuncho, Cubano Amarillo, Enano, Piricinco |
| Sierra alta | Ancashino, Chullpi, Confite Morocho, Confite Puntiagudo, Cusco Cristalino Amarillo, Huancavelicano, Huarmaca, Huayleño, Kculli, Marañon, Morocho, Paro, Piscorunto, San Gerónimo, San Gerónimo Huancavelicano, Shajatu, Ukchuquilla |
| Sierra muy alta | Confite Puneño, Granada |
| Selva media | Amarillo Huancabamba, Arequipeño, Arizona, blanco, Ayabaca, Coruca, Morocho, Cajabambino, Cusco Gigante, Sabanero |

# Mapa 3
# RAZAS DE MAÍZ DEL PERÚ

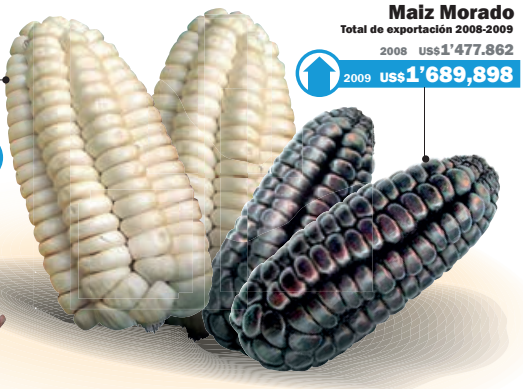
PERÚ Ministerio del Ambiente

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

## Los que más se exportan

**Cusco Gigante**
Total de exportación 2008-2009
2008 US$7'596.240
2009 US$9'782,821

**Maiz Morado**
Total de exportación 2008-2009
2008 US$1'477.862
2009 US$1'689,898



**AMAZONAS**
- Chuncho
- Cubano Amarillo
- Cusco
- Morocho
- Morocho Cajabambino
- Sabanero

**CAJAMARCA**
- Ancashino
- Confite Puntiagudo
- Cubano Amarillo
- Cusco
- Cusco Gigante
- Jora
- Kculli
- Morocho
- Morocho Cajabambino
- Rienda
- Sabanero
- Shajatu

**TUMBES**
- Arizona
- Tumbesino

**PIURA**
- Alazán
- Allajara
- Amarillo Huancabamba
- Arizona
- Blanco Ayabaca
- Colorado
- Confite Puntiagudo
- Huarmaca
- Mochero
- Morochillo
- Morocho

**LAMBAYEQUE**
- Alazán
- Arizona
- Huarmaca
- Kculli
- Mochero
- Pagaladroga

**LA LIBERTAD**
- Alazán
- Ancashino
- Arizona
- Colorado
- Confite Puntiagudo
- Kculli
- Marañón
- Morocho
- Mochero
- Pagaladroga
- Pardo
- Perla
- Rienda
- Sabanaero
- Shajatu

**ÁNCASH**
- Ancashino
- Arizona
- Chancayano
- Chullpi
- Confite Puntiagudo
- Cusco
- Cusco Cristalino Amarillo
- Granada
- Huancavelicano
- Huayleño
- Jora
- Kculli
- Marañón
- Morocho
- Paro
- Perla
- Piscorunto
- Rienda
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huacavelicano
- Sarco
- Shajatu

**LORETO**
- Cubano Amarillo
- Piricinco

**SAN MARTÍN**
- Cubano amarillo
- Perilla
- Piricinco

**UCAYALI**
- Cubano amarillo
- Piricinco

**HUÁNUCO**
- Alemán
- Ancashino
- Chuncho
- Cubano Amarillo
- Cusco
- Granada
- Huanuqueño
- Kculli
- Marañón
- Morocho
- Paro
- Perla
- Perlilla
- Rienda
- San Gerónimo
- Shajatu

**JUNÍN**
- Confite Puntiagudo
- Cusco
- Cusco Gigante
- Granada
- Huancavelicano
- Huayleño
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Piscorunto
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huancavelicano

**PASCO**
- Arizona
- Cubano amarillo
- Shajatu

**MADRE DE DIOS**
- Cubano Amarillo
- Enano
- Perilla
- Piricinco

**LIMA**
- Arequipeño
- Arizona
- Chancayano
- Chancayano amarillo
- Chaparreño
- Chullpi
- Cuszco
- Huachano
- Huancavelicano
- Jora
- Kculli
- Morado canteño
- Pardo
- Perla
- Piscorunto
- Rienda
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huancavelicano

**CUSCO**
- Chimlos
- Chullpi
- Chuncho
- Confite Puntiagudo
- Cubano Amarillo
- Cusco
- Cusco Cristalino Amarillo
- Cusco Gigante
- Granada
- Huancavelicano
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Piscorunto
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huancavelicano

**HUANCAVELICA**
- Chullpi
- Confite Morocho
- Confite Puntiagudo
- Cusco
- Cusco Cristalino Amarillo
- Huancavelicano
- Huayleño
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Perillla
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huancavelicano

**ICA**
- Chaparreño
- Coruca
- Kculli

**AYACUCHO**
- Arequipeño
- Arizona
- Chullpi
- Confite Morocho
- Confite Puntiagudo
- Cusco
- Cusco Cristalino Amarillo
- Cusco Gigante
- Huancavelicano
- Huayleño
- Morocho
- Piscorunto
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huancavelicano

**APURÍMAC**
- Ancashino
- Arequipeño
- Chimlos
- Chullpi
- Chuncho
- Confite Puntiagudo
- Cusco
- Cusco Cristalino Amarillo
- Cusco Gigante
- Huancavelicano
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Perillla
- Piscorunto
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huancavelicano

**AREQUIPA**
- Arequipeño
- Arizona
- Chaparreño
- Coruca
- Cusco
- Cusco Cristalino Amarillo
- Granada
- Kculli
- Morocho
- Piscorunto
- San Gerónimo
- Shajatu

**PUNO**
- Confite Puneño
- Cusco
- Cusco Cristalino Amarillo
- Uchuquilla

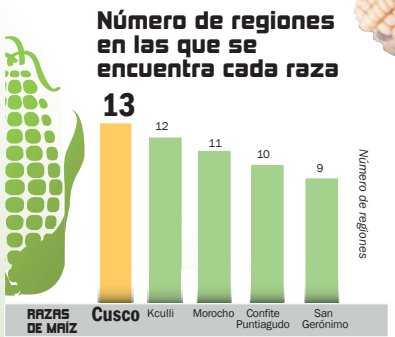
**MOQUEGUA**
- Arequipeño
- Coruca

**TACNA**
- Arequipeño
- Chaparreño
- Chullpi
- Confite Puntiagudo
- Coruca
- Cusco
- Cusco Cristalino Amarillo
- Huachano
- Pardo
- Perla
- Piscorunto
- Uchuquilla
- Tumbesino

## Cantidad de razas por provincia

- Sin registro
- De 1 a 3 razas
- De 4 a 6 razas
- De 7 a 10 razas
- De 11 a 14 razas

## Número de regiones en las que se encuentra cada raza




## El más grande y el más chico




La comparación aproximada ha sido hecha al tamaño real

Fuente: Este mapa muestra la distribución y concentración de las razas de maíz en el Perú. Ha sido elaborado por el Ministerio del Ambiente en base a la información proporcionada por el Programa Cooperativo de Investigación en Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Esta información incluye colectas de maíz realizadas desde 1952 a 1989, en las 24 regiones o departamentos y 118 provincias.

PERÚ MEGADIVERSO

# Mapa 4
# RAZAS DE MAÍZ DEL PERÚ

PERÚ Ministerio del Ambiente

## Los que más se exportan

**Cusco gigante**
Total de exportación 2017
6 058,2 toneladas
US$ FOB 12´111,492

**Maíz Morado**
Total de exportación 2017
890,8 toneladas
US$ FOB 1´286,7



### AMAZONAS
- Arizona
- Blanco harinoso
- Blanco semidentado
- Cubano amarillo
- Marañón
- Morocho
- Rienda
- Sabanero
- Tusilla

### CAJAMARCA
- Amarillo huancabamba
- Arizona
- Blanco harinoso
- Blanco semidentado
- Canchero Norteño
- Chullpi
- Cubano amarillo
- Cusco
- Kculli
- Morocho
- Morocho cajabambino
- Morocho norteño
- Piscorunto
- Sabanero
- Tusilla
- Umutu

### TUMBES
- Huachano
- Rienda

### PIURA
- Alazan
- Amarillo huancabamba
- Arizona
- Blanco harinoso
- Colorado
- Cubano amarillo
- Huachano
- Huarmaca
- Mochero
- Rienda
- Tumbesino
- Tusilla

### LORETO
- Cubano amarillo
- Piricinco
- Sabanero
- Tusilla

### SAN MARTÍN
- Blanco semidentado
- Cubano amarillo
- Piricinco
- Sabanero
- Tusilla

### UCAYALI
- Cubano amarillo
- Piricinco
- Sabanero
- Tusilla

### LAMBAYEQUE
- Alazan
- Amarillo huancabamba
- Arizona
- Blanco harinoso
- Blanco semidentado
- Chullpi
- Cubano amarillo
- Huachano
- Huarmaca
- Kculli
- Lambayeque
- Mochero
- Morocho
- Paro
- Rienda
- Sabanero
- Shajatu
- Umutu

### HUÁNUCO
- Alemán
- Ancashino
- Blanco harinoso
- Canchero Norteño
- Confite puntiagudo
- Cubano amarillo
- Cusco
- Huancavelicano
- Kculli
- Marañón
- Morocho
- Paro
- Piscorunto
- San Gerónimo Huancavelicano

### JUNÍN
- Chullpi
- Confite puntiagudo
- Cubano amarillo
- Cusco
- Granada
- Paro
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huancavelicano

### LA LIBERTAD
- Amarillo huancabamba
- Ancashino
- Arizona
- Chullpi
- Confite puntiagudo
- Huachano
- Huancavelicano
- Kculli
- Marañón
- Morocho
- Pardo
- Perla
- Sabanero
- Shajatu

### PASCO
- Blanco harinoso
- Cubano amarillo
- Cusco
- Huancavelicano
- Morocho
- Paro
- Piscorunto
- San Gerónimo Huancavelicano

### ÁNCASH
- Alazan
- Ancashino
- Chullpi
- Confite puntiagudo
- Cusco
- Granada
- Huayleño
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Piscorunto
- Rabo de zorro
- Shajatu

### MADRE DE DIOS
- Cubano amarillo

### LIMA
- Chancayano
- Chullpi
- Cusco
- Huachano
- Kculli
- Morocho
- Pardo
- Perla
- Piscorunto

### CUSCO
- Chullpi
- Cubano amarillo
- Cusco
- Cusco cristalino amarillo
- Cusco gigante
- Granada
- Granada Blanco
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Piscorunto

### HUANCAVELICA
- Chullpi
- Confite puntiagudo
- Cusco
- Cusco cristalino amarillo
- Huancavelicano
- Huayleño
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Piscorunto
- San Gerónimo Huancavelicano

### PUNO
- Confite morocho
- Confite puneño
- Cuzco
- Cuzco cristalino amarillo
- Piscorunto
- Uchuquilla

### ICA
- Arequipeño
- Chancayano
- Chaparreño
- Huachano

### MOQUEGUA
- Cabanita
- Coruca
- Cusco
- Cusco cristalino amarillo
- Granada
- Granada Blanco
- Kculli
- Pagaladroga
- Piscorunto

### AYACUCHO
- Chullpi
- Confite morocho
- Cuzco
- Cuzco cristalino amarillo
- Cusco gigante
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Piscorunto

### TACNA
- Arequipeño
- Cabanita
- Confite puntiagudo
- Coruca
- Cusco
- Kculli
- Piscorunto

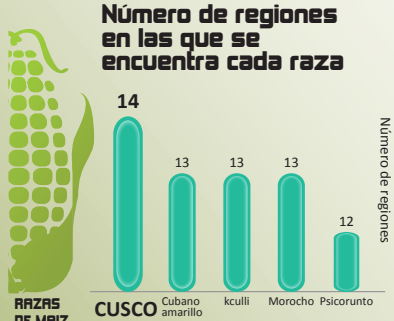
### APURIMAC
- Chullpi
- Confite
- Confite puntiagudo
- Cubano amarillo
- Cusco
- Cusco cristalino amarillo
- Granada
- Kculli
- Morocho
- Paro
- Piscorunto
- San Gerónimo
- San Gerónimo Huancavelicano

### AREQUIPA
- Arequipeño
- Cabanita
- Chaparreño
- Chullpi
- Coruca
- Cusco
- Granada Blanco
- Kculli
- Morocho

## Cantidad de razas por provincia

- Sin registro
- De 1 a 3 razas
- De 4 a 6 razas
- De 7 a 10 razas
- De 11 a 14 razas

## Número de regiones en las que se encuentra cada raza




## El más grande y el más chico




La comparación aproximada ha sido hecha al tamaño real

Este mapa muestra la distribución y concentración de las razas de maíz en el Perú. Ha sido elaborado por el Ministerio del Ambiente, con información obtenida de las prospecciones realizadas del 2013 al 2016, en las 24 regiones y 169 provincias.

## 4.5 Riesgos de conservación de agroecosistemas 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 se interactúa con otras especies y hábitats. Importa los efectos que la actividad humana tiene sobre el ambiente. El ambiente es afectado por el desarrollo de las tecnologías 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 y la intensidad de las heladas.

### 4.5.1 Cambio climático

La agricultura es extremadamente vulnerable a los cambios drásticos del clima. Las variaciones, como el aumento de las temperaturas, pueden reducir la producción de los cultivos deseados y causar a la vez el incremento de plagas. Así mismo, los cambios en los regímenes de lluvias aumentan la probabilidad de que las cosechas se arruinen, ya sea por sequías pronunciadas o por incrementos en la cantidad de lluvia. Aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo pudieran beneficiarse, en general se espera que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial (Nelson et al, 2009).

Por lo tanto, es necesario desarrollar métodos e instrumentos adecuados para caracterizar el clima y su impacto sobre la producción agropecuaria. Hay muchas expresiones cuantitativas (indicadores agroclimáticos) que establecen la relación entre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos con los elementos climáticos (temperatura, precipitación, humedad relativa, etc.) y que proporcionan tanto exigencias como relaciones de las plantas con dichos elementos. Un aspecto importante a desarrollar es medir la influencia del clima en cada etapa fenológica del cultivo.

Si bien las herramientas de información sirven de base para analizar los posibles impactos actuales y futuros del cambio climático, se hace necesario la articulación institucional con otras entidades tales como INIA, SENASA, gobiernos locales, universidades, entre otros; para realizar investigaciones científicas de como los agroecosistemas de maíz tendrían que adaptarse a las condiciones climáticas venideras.

En este contexto, es relevante lo que está sucediendo actualmente por efecto del cambio climático, sobre todo en la sierra del país. Su impacto sobre las zonas productoras de maíz nativo en los agricultores tradicionales 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 que puedan ser usadas 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) es muy difícil de generalizar. Si se basa la clasificación de los ecosistemas en la adaptación y el 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 CR 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 los cultivares nativos 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).

## 4.6 Propuestas ante riesgos identificados

Según el Centro Internacional de la Papa (CIP, 1992) se requiere, para un ordenamiento del agroecosistema lo siguiente:

- Complementar y concertar 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.
- Asociar ecosistemas y razas de maíz, para permitir entre otras cosas delimitar zonas específicas que estarían libres de OVM u otros cultivares mejorados que podrían desplazar a las razas nativas. Además, la estrategia que se propondrá para la defensa a las razas nativas consistirá en agregarles valor y, así, los agricultores y el mercado juntos le den sostenibilidad a las razas (ver Capítulo 6).
- Establecer 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

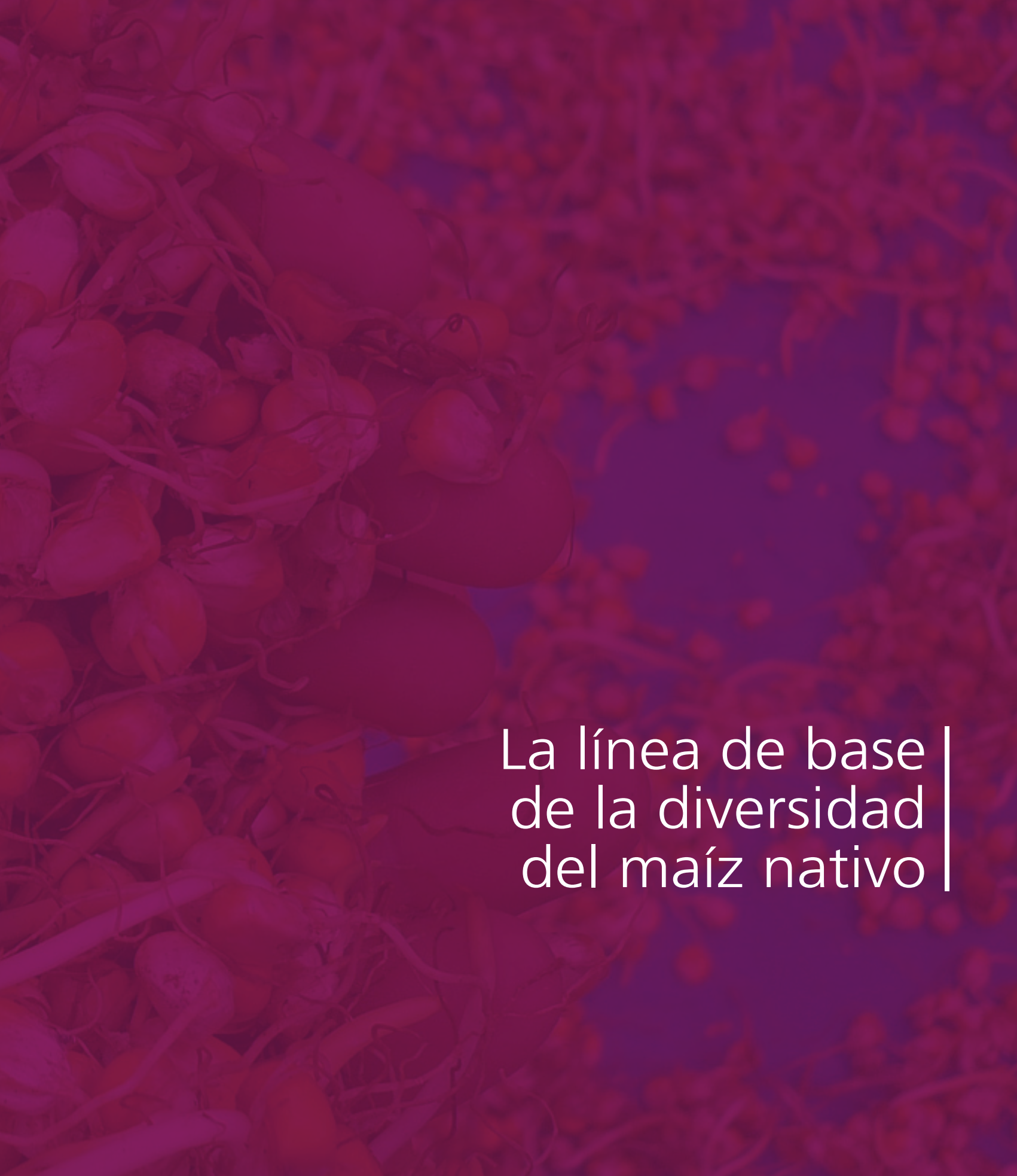
## BIBLIOGRAFÍA


- Banco Mundial. (2009). *Building Response Strategies to Climate Change in Agricultural Systems in Latin America*. Washington. D.C.
- 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., Gauch, H. y Zobel R. (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. Lima, Perú.
- FAO. (2011). *El Segundo Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura en el Mundo,* Recuperado de http://www.fao.org/docrep/014/i1500s/i1500s.pdf
- Hacquenghem, A.M. y Etienne, D. (2003). *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.
- Jarvis, D.I., Myer, L., Klemick, H., Klemick, H., Guarino, L., Smale, M., Brown, A. H. D., Sadiki, M., Sthapit, B., Hodgkin, T. (2006). *Guía de Capacitación para la Conservación in situ en Fincas*, Versión 1. Roma, Italia: IPGRI.
- Jarvis, D.I., Padoch, C., Cooper, H. D. (Ed). (2007). *El manejo de la biodiversidad en los sistemas agrícolas*. Bioversity International. Roma, Italia.
- Lozano-Ramírez, A., Santacruz-Varela, A., San-Vicente-García, F., Crossa, J., Burgueño, J., Molina-Galán, J. D. (2015). Modelación de la interacción genotipo x ambiente en rendimiento de híbridos de maíz blanco en ambientes múltiples. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 38(4), 337-347.
- Manzur, M. I. (Ed). (2011). *Biodiversidad, erosión y contaminación genética del maíz nativo en América Latina*. Recuperado de http://www.semillas.org.co/apc-aa-files/5d99b14191c59782eab3da99d8f95126/biodiversidad__erosion_contaminaciongenetica_maiznativo_al_1.pdf.
- Martínez Sánchez, J., Espinosa Paz, N. y Villegas Aparicio, Y. (2016). Interacción genotipo-ambiente en poblaciones de maíz nativo de Chiapas. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 3(1), 38-48.
- MINAM. (2013). *Distribución y concentración de las razas locales de maíz en la costa norte*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz1-Distribucion-y-concentracion-de-las-razas-locales-de-maiz-en-la-costa-norte.pdf
- MINAM. (2014). *Colecta, elaboración de mapas de distribución y estudio socioeconómico de la diversidad genética del maíz*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz3-Colecta-mapas-distribuci%C3%B3n-y-estudio-socioecon%C3%B3mico-de-la-diversidad-genetica-del-maiz-2014logo.pdf
- MINAM. (2015). *Prospección, colección, elaboración de mapas de distribución y estudio socioeconómico y de conocimientos tradicionales asociados al cultivo de las razas de maíz*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz5-Prospeccion-coleccion-elaboracion-de-mapas-de-distribucion-y-estudio-socioeconomico-de-conocimientos-tradicionales-asociados-al-cultivo-y-razas-de-maiz.pdf
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi,S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M., & D. Lee. (2009).Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias, IFPRI Washington, D.C. 19 p.
- Perez Irungaray, G. E., Gándara Cabrera, G. A., Pérez-Irungaray, G.E., Gándara-Cabrera, G.A., Rosito-Monzón, J.C., Maas-Ibarra, R.E., Gálvez-Ruano, J.J. (2016). Ecosistemas de Guatemala, una aproximación basada en el sistema de clasificación de Holdridge. Eutopía, 1(1), 25-68.
- Pulgar Vidal, J. (1967). *Geografía del Perú: Las ocho regiones naturales*. Lima: Editorial Ausonia.

- Sánchez Vega, M. (2014). *Diversidad genética de razas mexicanas de maíz de altitudes intermedias*. Tesis para Doctorado en Ciencias, Colegio de Posgraduados, 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. *Ecosistemas*, 16(1), 44-49.
- Sevilla, P. R., Holle, M. (2004) Recursos genéticos vegetales. Lima, Perú: Editorial Luis León.
- Tapia, M. (2016). Presentación Agro biodiversidad Andina, XIV Encuentro Nacional de Agricultura Ecológica, Arequipa, octubre 2016.
- Zobel, R., Wright, M,. and Gauch, H. (1988). Statistical analysis of a yield trial. *Agron. J.* 80,388-393.

# 5

# CAPÍTULO



# La línea de base de la diversidad del maíz nativo



# La Línea de Base de la Diversidad del Maíz Nativo

Entre los años 2013 y 2016 el MINAM realizó la prospección de la diversidad genética del maíz en el Perú. Uno de los resultados fue la colección de 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. La clasificación de estas razas dio lugar a la publicación de Grobman et al. (*Races of Maize in Perú*, 1961), que se está 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 384 muestras de 13 departamentos, y con el apoyo en la prospección (referencias de agricultores y funcionarios de las agencias agrarias de esos departamentos), se propone lo siguiente:

- Eliminar de la lista de razas de la clasificación de 1961, a las razas que la experiencia de más de 50 años ha indicado que no se siembran en la frecuencia requerida como para que sean un componente importante de la diversidad del maíz en el Perú y de los sistemas de producción en las regiones.

- Considerar nuevas razas a cultivares nativos que son identificadas como un grupo importante de cultivares reconocidos como diferentes por los agricultores y los 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 hayan 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 cultivares 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 se precisarán en el acápite que sigue.

Por otro lado, 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 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 cultivares mejorados que afectan la diversidad. Si los cultivares mejorados son muy buenos, 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, generalmente, los caracteres de valor están 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, así, se pierde para siempre la oportunidad de usar la diversidad en el interior de las especies.

La única manera que existe de saber cuánto se pierde de la diversidad de una especie es mediante la clasificación de su diversidad. Esta 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 et al.(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 las muestras para completar la segunda aproximación (MINAM, 2013, 2014, 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 (CR) y se seleccionan los mejores alelos que se deben hacer homocigotas en los cultivares mejorados 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 mediante el uso de un tamaño efectivo muy bajo. De manera que en pocos años, con el empleo de un método de selección apropiado, se puede contar con un cultivar mejorado proveniente de los mismos cultivares nativos, con lo que se asegura su aceptación y, a largo plazo, la conservación de la raza en una región.

Para generar los CR 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 socioeconómico 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 clasificación racial del maíz

Una raza está formada de individuos parecidos en morfología y 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, se debe aceptar que las diferencias en adaptación aún no son posibles de 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, etc. No existen casos en que se cuantifique la variabilidad 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 (MINAM, 2013, 2014, 2015).

Además del valor científico de la clasificación intraespecífica, la clasificación cerrada es muy útil para lo siguiente:

- Monitorear la diversidad en cada región, conservarla *in situ* para beneficio de agricultores y consumidores.
- Mejorar los cultivares nativos, previo aseguramiento suficiente de la variabilidad genética.
- Controlar la endocría cuando cada agricultor produce su propia semilla.
- Ligar con más posibilidades los productos de los cultivares nativos 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 los cultivares nativos.
- Mantener los sistemas conservativos de la diversidad y el ambiente propio de las culturas nativas.
- Realizar la vigilancia de los centros de origen y diversidad del maíz en el Perú.


CUS - 08

## 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 doctor Paul Mangelsdorf, en ese entonces, profesor de genética de la Universidad de Harvard. Se describieron 49 razas,38 principales, clasificadas de la siguiente manera:

- Razas primitivas
  - Confite Morocho
  - Confite Puntiagudo
  - Kculli
  - Confite Puneño
  - Enano

- Razas derivadas antiguamente
  - Huayleño
  - Chullpi
  - Granada
  - Paro
  - Morocho
  - Pagaladroga
  - Chaparreño
  - Rabo de Zorro
  - Piricinco
  - Ancashino
  - Shajatu
  - Alazán
  - Sabanero
  - Uchuquilla
  - Cusco Cristalino Amarillo
  - Cusco
  - Pisccorunto

- Razas derivadas últimamente
  - Arequipeño
  - Huachano
  - Chancayano
  - San Gerónimo Huancavelicano
  - Perla
  - Rienda
  - Marañón
  - Chimlos
  - Cusco 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
  - Perlilla
  - Tumbesino
  - Colorado
  - 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 Chaparreño, Enano, Jora, Morado Canteño, Pardo, Perlilla, 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 Mexico 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. Los que



hacen la clasificación racial del maíz aceptan que hay muchos caracteres internos que no se conocen, que están definiendo las diferencias. Así como aceptan 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 se le llama primera aproximación y, cada cierto tiempo, con más experiencia y conocimiento, se tendrá 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 sobre la existencia de nuevas razas, la validación de las razas previamente descritas, la dispersión de las razas, los mecanismos genéticos que las generaron y 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, resultado del trabajo actual de prospección y colección, se enfrentará con muchos otros vacíos, dudas e imprecisiones que se tratarán 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 colectar en América Latina se priorizó la colección de los cultivares diferentes. Ahora se es más exigente, cada muestra 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 1 000 msnm. En la segunda colección, en 1977, se colectó en Chiclayo, aproximadamente a 1 500 msnm. Gilberto Chávez hizo esa colección y él proporcionó la mejor referencia de lo que hay en la sierra de esa región.

**PASCO**

En la década de 1950 no se colectó Pasco porque recién existía como departamento desde 1944 y la región no era importante en la 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 Áncash. La mayoría de las muestras debieron clasificarse como una raza nueva que provisionalmente se denominó Huanuqueño, que podría ser Marañón 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 semidentados 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.

**CUSCO**

Es la oportunidad de cambiar de nombre al Cusco 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 cultivares de la raza muy importantes, como Sacsa que tienen granos con color de pericarpio variegado por la presencia del alelo *Pvv*, o con granos de color rojo capa-blanca por la presencia del alelo *Pcr*; el nombre más conveniente sería Morocho Cusco. Hay un cultivar 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 Cusco era costumbre sembrar varias razas en un mismo campo (por ejemplo Pisccorunto, para tener cancha, y Morocho de grano amarillo para tener mote), las cruzas 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 Sacsa 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 cruza 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 realizada por el MINAM en 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 de Sevilla con Alicia Medina[8] sobre el cultivar Umutu, cuyas características parecen ser similares a lo que se clasificó como Sabanero en la década de 1950, terminó de convencer que Umutu es una verdadera raza, lo que se corroboró con una visita que hizo Sevilla a la provincia de San Marcos en la región Cajamarca en la época de cosecha el 2017, permitiéndole 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.

8. Especialista en maíz de la Estación Experimental Baños del Inca del Inia en Cajamarca.

## 5.4 Las nuevas razas

En los proyectos citados ejecutados en la presente década se encontraron cultivares nativos diferentes a los 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:

- 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.
- Distribución de la raza con precisión de por lo menos las provincias donde se siembra.
- Análisis citológico, por lo menos la frecuencia y posición de los nudos cromosómicos.
- Origen y relaciones.
- Análisis de agrupamientos (*cluster analysis*), incluidas 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 necesarios 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, 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. 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 cultivares nativos (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[9], 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, 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.



9. 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, y se convierta en una "accesión".



**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. Áncash 34. Morocho de Áncash: Áncash 24, Áncash 31, Áncash 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.

## 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 (2013, 2014, 2015). 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 un cultivar de Arequipa, representa a cultivares similares que se encuentran en muchos sitios de la costa sur del Perú desde Ica hasta Tacna. Debe publicarse en la segunda aproximación, incluyendo los cultivares 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 un cultivar colombiano 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**
  El único cultivar encontrado 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 que analice las muestras nuevas y los estudios de prospección, para conocer mejor su origen y dispersión. Clasificada en 1961 como raza incipiente.

- **Granada Blanco**
  Cultivar de maíz muy típico, 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, antes de clasificar las razas, hay que conocer 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 los cultivares de la misma especie, la desaparición de las razas, la generación de nuevas razas y las introducciones son procesos dinámicos. Cuando se publicó la primera aproximación de la diversidad racial del maíz en el Perú, en 1961 (Grobman et al.), se reconoció ese dinamismo en la clasificación de las razas. Así, se agruparon en primitivas, antiguamente derivadas, tardíamente derivadas, introducidas, incipientes e imperfectamente definidas. Posteriormente, se colectó en 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, corresponden a razas que en 1961 fueron definidas como incipientes (Jora, Morado Canteño y Sarco), imperfectamente definida (Coruca se mantiene como tal) y raza nueva (Morocho Cajabambino posiblemente se integre a una raza nueva, Morocho Norteño; “nueva” significa que recién se describirá como raza, no que sea recientemente originada).

Posiblemente se dejen de considerar como razas a los cultivares Ajaleado, Perlilla, Colorado, Chancayano Amarillo, San Gerónimo y Tumbesino. Estas seis razas fueron clasificadas en 1961 como “imperfectamente definidas”.

Entre las razas primitivas, la única que habrá de ser cuestionada es Enano; no es que haya desaparecido, sino que su distribución es muy limitada, en una región, en Madre de Dios, 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, generalmente, los agricultores seleccionan las mazorcas 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 MINAM, corroboraron la primera clasificación y, además, mostraron razas que no se detectaron en la primera aproximación. Estas son las siguientes: Blanco Harinoso, Canchero Norteño, Morocho Norteño, Lambayeque e Introducidas.

- **Blanco Harinoso**
  Incluye una serie de cultivares de grano blanco harinoso, como el Blanco de Bambamanca, Blanco de Ayabaca y otras más, generalmente, confundidas erróneamente con la raza Cusco.

- **Canchero Norteño**
  Muchos cultivares cancheros como el Amarillo Cajatambino y otras de Huánuco, Pasco y Cajamarca forman una raza de muy amplia distribución calificada como canchero por su uso evidente.

- **Morocho Norteño**
  Todos los Morochos del norte son más grandes y de mazorcas más largas que la raza Morocho que se encuentra 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**
  Algunas razas que se están sembrando en el país son introducciones. Por ejemplo, las siguientes:
  - Harinoso Tarapaqueño, de Chile, que ya se cultiva en Tacna;
  - Huandango, de Ecuador, que se cultiva en la provincia de Huancabamba, distrito de Huarmaca;
  - Un cultivar llamado Pipoca (aunque no es Pipoca), proveniente de Brasil, que se cultiva en Ucayali.

  Si se demuestra que Tusilla es una raza distinta que Rienda, será una raza nueva en el Perú, proveniente probablemente de Colombia, Venezuela o algún país caribeño.

### 5.5.2 Metodología para probar las hipótesis de que un nuevo cultivar pertenece a una raza ya descrita o es una nueva raza

- 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.

- Estudiar, si es posible, el número y la posición de los nudos cromosómicos.

- Realizar análisis de grupos para ver si dos razas supuestamente iguales se distribuyen diferente en un dendrograma. Pero los criterios culturales, por lo general, no son morfológicos ni citológicos, sin embargo, son muy importantes para definir las razas.

- Análisis moleculares con métodos estadísticos discriminativos, que solo consideren las razas analizadas previamente con criterios morfológicos o citológicos, para probar 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.

### 5.5.3 Cultivares que no tienen categoría de raza

- **Enano**
  La única muestra que se obtuvo de esta raza en la primera colección fue Madre de Dios 03. La raza existe todavía, pero siempre se ha sembrado en una baja frecuencia. Se recomienda que en la segunda aproximación (SA), los cultivares locales que se siembran en baja frecuencia no se incluyan como raza, sino como “raza sembrada en baja frecuencia”.

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

- **Morado canteño**
  Solo se encuentra en áreas muy limitadas, en el valle de Canta, en la costa central. Es un cultivar de la raza Cusco. Clasificada en 1961 como raza incipiente. Se debe eliminar de la SA.

- **Chancayano Amarillo**
  Lo más probable es que el cultivar Chancayano Amarillo sea más bien una variante de la raza Perla. No hay mayores diferencias entre esas dos razas. Clasificada en 1961 como imperfectamente definida; se debe eliminar de la SA.

- **Alemán**
  Debe ser eliminada 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 un cultivar similar a la que se publicó en 1961. Sin embargo, hay varios cultivares que no se publicaron en 1961 que merecen estar en la SA. Hay un cultivar en las zonas bajas del Valle del Mantaro, en el camino hacia la selva, que se clasifica como Chimlos, pero que posteriormente se concluyó que era diferente al Chimlos. Hay que sugerir a César Oscanoa[10] que la describa como una raza nueva y que la bautice con un nombre representativo de la región donde la colectó.

- **Perlilla**
  Raza pobremente definida, más parece una serie de segregantes de cruzas 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.

Asimismo, existe 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 CR para mejorar la raza y expandir su mercado.

10. Especialista en maíz de la Estación Experimental Santa Ana del Inia.



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

Los asuntos relacionados a la conservación, la clasificación y la 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 se pueda 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 colectar toda la diversidad, se clasifica con criterios botánicos (morfológicos, fenológicos, citológicos), ecológicos (adaptación) y culturales (usos y costumbres). En la década de 1950 se hizo la primera colección de maíz en América Latina 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 o parientes silvestres. Los cultivares nativos en su conjunto hacen toda la diversidad de la especie. Los cultivares mejorados son parte de la diversidad de las especies, pero, por lo menos en el caso del maíz, en el Perú, los cultivares no han tenido transcendencia; son cambiados 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 ha pasado lo mismo.

Se acepta que en un solo proceso no se puede 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.

El análisis de cada duda es una hipótesis. Las dudas que pueden ser analizadas con métodos científicos son las siguientes:

- Los cultivares muy localizadas propios y exclusivos 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.

- 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, razas clasificadas y en paréntesis la raza más importante: Alemán (Chuncho), Sarco (Ancashino), Ajaleado (Ancashino).

- Jora no es una raza de la costa, parece una introducción procedente de la sierra, que fue colectada en la costa.

- Rabo de zorro es una malformación de la mazorca, que también se encuentra en otras razas.

- Confite Puneño, o más bien Altiplano, como ha sido clasificado en Bolivia, se encuentra no solo en Puno, sino también en la sierra de Moquegua y Tacna. Existen varios casos más que deben ser analizados en esta segunda aproximación.

- El nombre de algunas razas debe de ser cambiado. Además del caso de Altiplano, a Sabanero, que es el nombre de una raza colombiana, se le podría denominar Umutu.

Aproximadamente 40 razas están bien determinadas. Entre ellas están todas las razas de costa, tampoco hay dudas con las razas de la sierra Central (César Oscanoa) ni de la sierra Sur (Estación Experimental Andenes del Inia, en Cusco), ni con las de la selva, con excepción de una nueva raza introducida desde Brasil (Chávez et al., 2004).

No hay posibilidades de confundir las razas por nombres de cultivares nativos. Hay por supuesto muchas dudas con las criollas, debido a que la clasificación se hizo con las razas nativas. De una cruza 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 mediante selección natural, por la 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 (Oscanoa y Sevilla, 2010). Si se colecta bien, con muestreo estratificado, es posible encontrar zonas de concentración de la diversidad y localizar 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 tipo de riesgo: 1) riesgos climáticos, principalmente sequías y heladas, hay muchos ejemplos, como el 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 y heladas; 2) Cultivares como el Blanco del Cusco, que debido a su mejor precio de mercado se siembra en todas partes y, actualmente, en el Perú es 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 ejemplo, Blas et al., 2002, localizaron al San Gerónimo 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, orientan 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 MAD. Mientras que en otros cultivos los caracteres de valor son internos. Por ejemplo, la cantidad de lisina en el grano de la quinua, la cantidad de hierro en la cañiwa, la cantidad de calcio en la ñuña. Algo debe tener la chicha de jora hecha con la raza Amarillo de Oro[11] que la hace tan sabrosa. No en vano, la principal conclusión del Foro que Inia y *Bioversity International* 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 zonas de cultivo productos con valor agregado.

11. Otra raza que debe cambiar de nombre, en vez de Cusco Cristalino Amarillo, porque el grano de Morocho y el de Amarillo de Oro no son cristalinos.





## 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 los cultivares nativos preservadas en campo de los agricultores, en condiciones especiales, que permitan la viabilidad de las semillas el mayor tiempo posible. Por lo general, 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, con cámaras que mantienen condiciones de 5 °C y aproximadamente 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. Existe 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 la semilla a largo plazo, en cámaras con temperaturas de –18 °C a –20 °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 racial

La diversidad del maíz necesita caracterizarse para elaborar el expediente técnico de las razas nuevas o modificar la primera aproximación. Para esto, la mazorca y la planta de aproximadamente 400 muestras necesitan ser caracterizadas. La caracterización de la mazorca se hará en la 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 y la preparación del expediente técnico, para proponerlas como razas nuevas y prepararlas para formar los CR y empezar la selección una vez que estén bien descritas y publicadas. Las nuevas razas (subrayadas) y el conjunto de cultivares 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 Áncash.
- 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 Colección de semilla de las razas costeñas

Para tener una mayor representación de la diversidad de la raza en los compuestos se colectarán 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 colectar; en los otros casos de sierra y selva se cuenta con suficiente muestra para hacer los compuestos y para otros usos.

### 5.8.4 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 todos los cultivares nativos que tienen importancia por lo menos a nivel regional y que son identificados por agricultores y consumidores. Además, se incluirán las razas que tienen importancia como ancestros de otras razas más modernas.

### 5.8.5 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 subproyectos.

### 5.8.6 Uso de los marcadores moleculares en la diferenciación de razas

El primer intento de clasificar la diversidad del maíz peruano en razas mediante el uso del análisis molecular fue el de Blas et al. (2002). Se analizaron 36 accesiones del banco de germoplasma de maíz del Perú. Los agrupamientos de las razas con el uso de 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 Pisccorunto, con AFLP, pero es inexplicable la cercanía entre Huarmaca, una raza introducida, y Pisccorunto. En general, hay coincidencias entre las cercanías de razas clasificadas con métodos morfológicos, ecológicos y culturales y la clasificación molecular.

López (2012) presentó los resultados de los análisis moleculares aplicados en varias razas de maíz de la costa y en varios híbridos foráneos de 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 grande grupos separan a las muestras de razas de costa de los híbridos MAD foráneos y del Inia. Existe una pequeña diferencia entre las 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 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 Ilimo 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 un mayor acercamiento a la verdadera diversidad de la especie en el país.

## BIBLIOGRAFÍA


- Blas, R., Ribaut, J., Warburton, M., Chura, J. y Sevilla, R. (2000). *Análisis molecular de razas de maíz peruano con marcadores AFLP y microsatélites (SSR)*. IV Congreso Peruano de Genética. Lima, Perú.
- Brown, A. H., and Marshall D. R. (1995). A basic sampling strategy: theory and practice. En: V. Guarino, R. Ramanatha y R. Reid (Eds). *Collecting Plant Genetic Diversity. Thecnical guidelines* (pp. 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. (2014). *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., Salhuana, W. y Sevilla, R. (1961). Race of maize in Perú. Nat Academy of Science. Nat Research council. Pub n.° 915. Washington D. C., USA: Nat Academy of Science.
- Crossa, J., and Venkovsky, R. (1997). Variance effective population size for two stage sampling of monoecious species. *Crop Science* 37,1426.
- Leujene, M., and Calinsky, T. (2000). Canonical analysis applied to multivariate analysis of variance. *Journal of Multivariate Analysis*, 72,100-109.
- 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 L. Aragón, J. Castillo, V. Romero, C. López, F Fernández-Nothcote (Eds). *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*. Lima, Perú: Proyecto Lac Biosafety.
- 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*. Mass. USA: Harvard University Press.
- Marshall, D. R., and Brown, A. H. (1975). Optimum sampling strategies in Genetic Conservation. En G. Frankel y J. Howkes. *Crop Genetic Resources for today and tomorrow* (pp. 53-80). Londres, U.K.
- Mayr, E. (1974). *Population Species and Evolution*. Mass. USA: The Belknap Press of Harvard University Press.

- MINAM. (2013). *Distribución y concentración de las razas locales de maíz en la costa norte*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz1-Distribucion-y-concentracion-de-las-razas-locales-de-maiz-en-la-costa-norte.pdf
- MINAM. (2014). *Colecta, elaboración de mapas de distribución y estudio socioeconómico de la diversidad genética del maíz*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz3-Colecta-mapas-distribuci%C3%B3n-y-estudio-socioecon%C3%B3mico-de-la-diversidad-genetica-del-maiz-2014logo.pdf
- MINAM. (2015). *Prospección, colección, elaboración de mapas de distribución y estudio socioeconómico y de conocimientos tradicionales asociados al cultivo de las razas de maíz*. Recuperado de http://genesperu.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Maiz5-Prospeccion-coleccion-elaboracion-de-mapas-de-distribucion-y-estudio-socioeconomico-de-conocimientos-tradicionales-asociados-al-cultivo-y-razas-de-maiz.pdf
- 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 Sevilla, R. (2010). *Mejoramiento conservativo del maíz en la sierra del Perú*. Lima, Perú: Inia, Incagro.
- Sevilla, R. y Holle, M. (2004). *Recursos genéticos vegetales*. Lima, Perú: Editorial Luis León.
- Vega. M. (1972). *Análisis discriminantes para la diferenciación de razas de maíz*. Tesis Ing. Estadístico. UNA La Molina, Lima, Perú.



# 6

# CAPÍTULO



# Propuestas para la gestión de la diversidad del maíz



# 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–. Estos 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, se revisa la diferencia entre diversidad y variabilidad.

La diversidad es el conjunto de diferencias entre los elementos distintos de una especie, razas, cultivares, ecotipos y morfotipos y el número de ellos en un determinado ecosistema. Una especie cultivada es más o menos diversa cundo tiene más o menos razas; mientras que 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 Cusco 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, sobre todo, tolerancia a factores abióticos y resistencia a enfermedades y plagas. La suma de la frecuencia de los alelos es 1. En un cultivar mejorado, por ejemplo, si hay dos alelos, generalmente, uno de ellos tiene alta frecuencia y el otro, baja frecuencia. En una población de la raza Chullpi, el alelo responsable de los granos arrugados dulces, que es un recesivo al normal no arrugado, tiene frecuencia 1, o sea el normal tendrá 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, de acuerdo a 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, es decir, 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 puede observar en una parcela simple que se usa para evaluar las accesiones del germoplasma, o no se captan cuando se colectan, o, si ha sido captado en la colección, se pierden por muestreo en la regeneración y otras actividades propias del manejo de germoplasma. Mientras tanto, esa riqueza escondida está en las manos de los agricultores más pobres del Perú.

## 6.1 Conceptos previos

### 6.1.1 La estructura genética de los cultivares nativos de maíz

Los cultivares nativos de maíz son sembradas por pequeños agricultores y las poblaciones de maíz que cultivan estos 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 (Ne) y genera endocría (Falconer y Mackay, 1997), que es el primer paso a la erosión genética que sufren casi todos los cultivares de los pequeños productores.

Un modelo muy simple puede explicar la pérdida de alelos, es decir, la erosión genética. Si se supone que un principio activo muy valioso, que se encuentra en un nivel medio en un cultivar nativo de maíz, es gobernado por un solo gen con dos alelos: *A* = alto nivel, a = muy bajo nivel; y no hay dominancia, entonces, el genotipo *AA* es alto, el genotipo *Aa*, medio y el genotipo *aa*, 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, se empieza con una población



donde *A* y *a* tienen la misma frecuencia, 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 (Ne 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 endocría, que produce depresión por endocría, lo que debilita a la planta, baja su productividad y genera otros efectos adversos, que en el maíz son muy graves. La solución es juntar las muestras para controlar la endocría, o sea reunir los cultivares 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

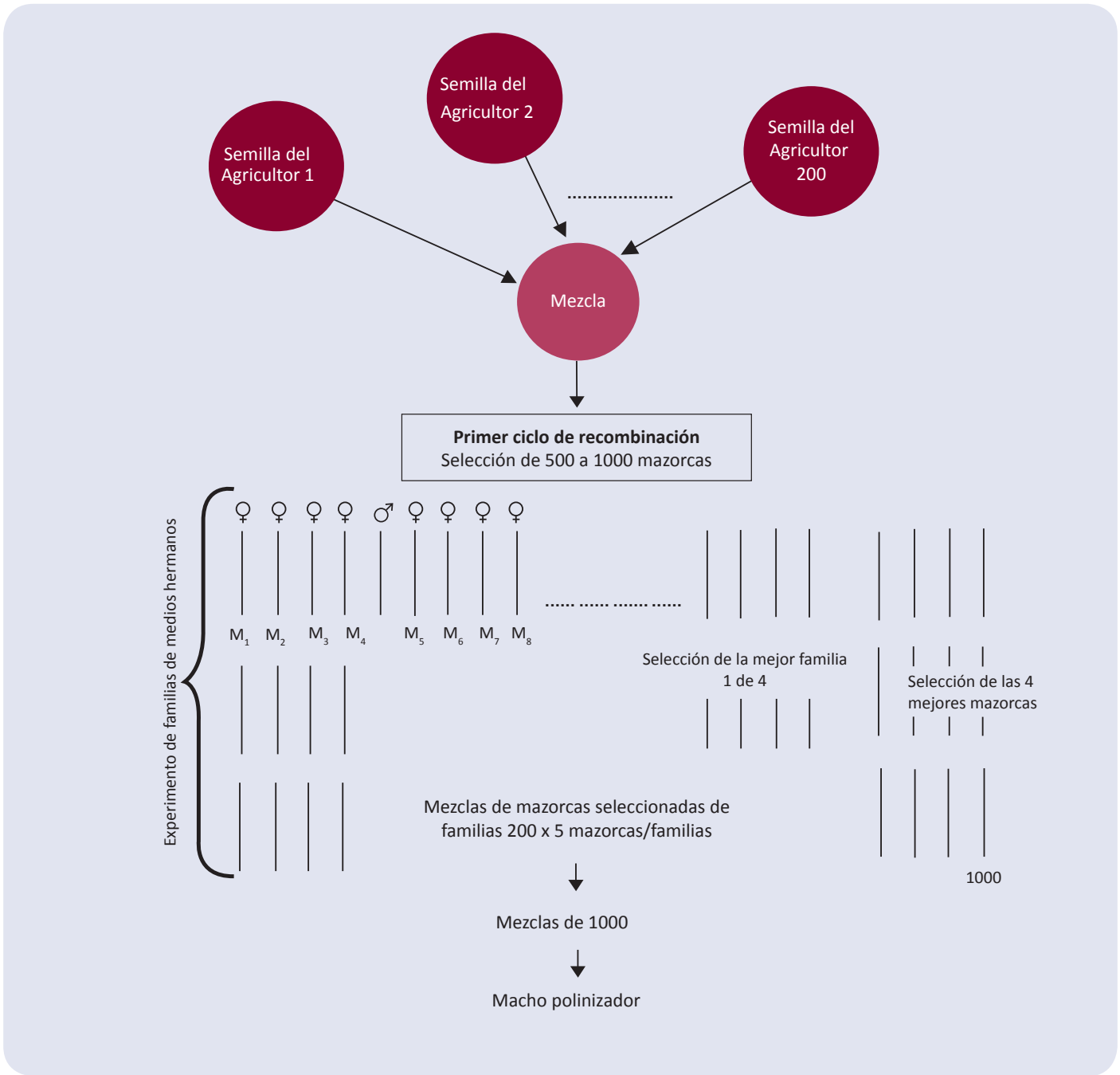
Los CR se forman cuando se juntan en una misma población las semillas de los agricultores de una misma raza, para no perder identidad, y de un mismo ecosistema, para no perder adaptación. Como las diferencias entre agricultores han sido producidas al azar, no hay buenas ni malas, todas se consideran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

El procedimiento ha sido usado en muchas ocasiones en América Latina (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 mude a las ciudades ya no puede usar sus cultivares nativos y cambia su alimentación por alimentos producidos en grandes extensiones y comercializados en grandes volúmenes, lo que abarata el precio de mercado. Además, 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 los cultivares nativos 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 los cultivares nativos no se contaminen. 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 productores de semilla híbrida, serán cumplidas 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 la figura 6 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

**Figura 6.** Flujo de actividades y productos en el compuesto racial.



la sierra). Las parcelas tienen aproximadamente 10 metros cuadrados; 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 que le da un valor agregado al producto.

Cuando se forma por primera vez el CR 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 Chullpi en Ayacucho, sería Aya/Chullpi C0; el siguiente ciclo, Aya/Chullpi C1 y así sucesivamente.

### 6.1.3 El mejoramiento participativo

El trabajo para los agricultores que solo saben cultivar la tierra es necesariamente precario Se puede reducir la emigración del campo a la ciudad, si lo que sabe hacer el agricultor en el campo presenta una demanda estable, fácilmente comercializable a precios razonables y con perspectivas de mercados más seguros y rentables. El objetivo es transformar los CR en cultivares mejorados. 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 los cultivares son adaptados, situación que está asegurada en un CR. Cuando algún cultivar empieza a tener más demanda, se siembra en otros lugares lejos de su lugar de origen y se pierde adaptación. La principal consecuencia de esto es que aumentan los costos de producción y se pierde rentabilidad; se aplica más fertilizantes, insecticidas y fungicidas, riego tecnificado 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 mediante el uso de 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 cultivares, sin mayores costos, no más que su propio trabajo porque el mejoramiento será participativo (Rincón, 2002). Hay una serie de ventajas que se consiguen con el manejo apropiado de la diversidad de los cultivos.Una de ellas es que se usa la adaptación específica, es decir, se utiliza la adaptación que ya existe en los cultivares 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 en el mejoramiento moderno. La adaptación específica es un problema solo cuando se quiere adaptar un cultivar 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 cultivar. Él la integra a un cultivar más complejo y de propiedad comunitaria, pero de alguna forma se siente dueño de la semilla y de todo el proceso porque la gestión es participativa. Es responsable en alguna medida del mejoramiento del cultivar. Esto es muy importante en 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 y de la región y, lo más importante, 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 los gobiernos regionales y locales. Todos los miembros de la cadena pueden conocer el valor de los futuros cultivares. Entre otros, los caracteres para analizar los granos son la calidad proteica y el contenido de ácidos grasos, de amilosa y amilopectinas en los almidones, de algunos aminoácidos importantes del maíz como la metionina, que se usa en alimentación de aves, de tocoferoles y otras vitaminas y de polifenoles, antocianinas y otros antioxidantes.

Todas las muestras se sacarán según los cánones establecidos, los que serán transmitidos en talleres de capacitación a los agricultores. A medida que se avanza en la selección, el producto puede ser vendido 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 cultivar 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 solo en algunas características. La ganancia de selección estará garantizado porque el método de selección asegura 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 si se cuenta 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, si se selecciona para tolerancia al frío, se toman 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). Esto

ha permitido mejorar la tolerancia al frío en cultivares andinos (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 fenotipeo, será posible usar la selección asistida por marcadores para localizar QTL (*quality trait loci*: loci de caracteres cuantitativos) como 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 la produce, debido a que no se vende. La inversión es muy grande para tan poco mercado. Resulta mucho más rentable producir choclo. El choclo se vende fácilmente a buen precio y, además, se evitan los riesgos ambientales como heladas, granizadas, exceso de lluvia en las cosechas y pudriciones de mazorca, los robos en los campos o tendales y los daños de animales.

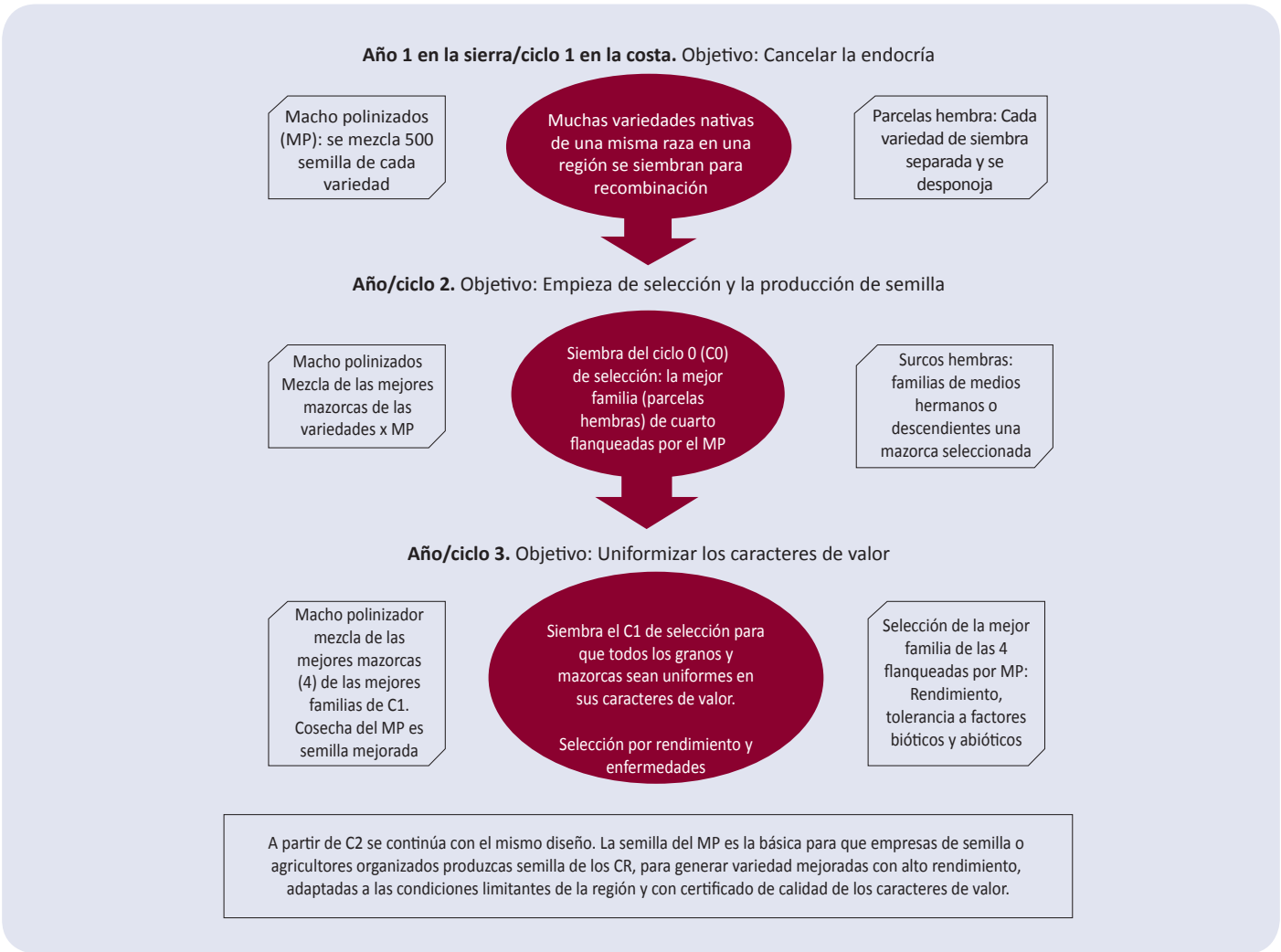
Los agricultores aprecian y son muy exigentes con la calidad física y sanitaria de la semilla. Aprecian mucho la uniformidad y el tamaño de la semilla. Los productores de semilla tienen que eliminar la semilla de la punta y la base de las mazorcas con lo que pierden aproximadamente la mitad de la producción. 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 limpiada 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, sobre todo por la endocría, por haber sido producida con pocos progenitores, es decir, la semilla salió de pocas mazorcas.

Un CR es un cultivar formado 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 capacitarlos como semilleristas; 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

**Figura 7.** Flujo de actividades en un campo donde se recombinan las variedades nativas, se selecciona y produce semilla de una raza en una región




solución es apoyarlos para que produzcan y seleccionen su semilla y las vendan a precios razonables y estables, favorecidos por que se certificará que lo que venden es maíz de muy buena calidad. La gestión para lograrlo se trata a continuación. La figura 7 muestra el flujo de actividades de campo que es necesario hacer, que garantizará la calidad de la semilla y del 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 cultivares mejorados. Los agricultores organizados pueden generar un cultivar propio y proteger sus derechos vía Indecopi, de uso exclusivo con la legislación propia de la protección a los obtentores de variedades vegetales. 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 cultivares mejorados.

## 6.2. Propuestas para la gestión de la diversidad de maíz

A continuación se expone una serie de ideas que facilitarán la gestión de la diversidad del maíz. Se empezará con los compromisos que hay que hacer, en el marco de las políticas de conservación y utilización sostenible de la diversidad, responsabilidad del MINAM, con los gobiernos y 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 y 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 de la diversidad del maíz en la costa y selva

La gestión varía según la región. En la costa es muy urgente aislar los cultivares nativos de la contaminación con los híbridos de MAD 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. Por ejemplo, el Alazán se usa para la chicha; el Mochero es maíz de estación, que se siembra con aguas de avenida y es muy tolerante a la sequía y resistente al cañero. La prioridad es descubrir los caracteres de valor interno de naturaleza bioquímica.

En la costa es muy urgente colectar los cultivares nativos porque hay indicios que se están perdiendo o, por lo menos, disminuyendo en frecuencia. La gestión específica será igual a la usada en la sierra.

En la selva, a pesar de que hay pocas razas en riesgo de erosión genética, la gestión será parecida a la costa. Se priorizará las razas Piricinco y Chuncho, con una estrategia similar a la de las razas de la costa.

### 6.2.2. Gestión de la diversidad del maíz en la sierra

A continuación se presenta con más detalle la gestión de la diversidad de maíz en la sierra. El mejoramiento genético del maíz en la sierra del Perú ha sido intenso y variado. Dos instituciones, la Unalm y el Inia han generado aproximadamente 50 cultivares mejorados, de las que muy pocos se usan porque la producción de semilla no es rentable. La costumbre ancestral de eliminar tanto la punta y la base de las mazorcas –por lo general, de forma cónica o globular– y el daño de muchas mazorcas por daños de plagas, pudriciones y 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.

La Unalm y el Inia se dedicaron en décadas pasadas a producir semilla de sus cultivares. En la actualidad, 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 en producir semilla y, consecuentemente, los cultivares mejorados están desapareciendo por pérdida de su poder germinativo.

Las condiciones de la sierra del Perú son tan diversas y la adaptación de los cultivares es tan específico que la interacción genotipo-ambiente limita la produc-

tividad de los cultivares mejorados. En general, el mejoramiento de los cultivares debe continuar en áreas diferentes a donde se hizo la selección, lo que agrava la situación y hace insostenible la producción de semilla. Todos los cultivares mejorados para la sierra del Perú son muy heterogéneos, lo que 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 estos métodos requiere el conocimiento de procedimientos especiales que los agricultores aún 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-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 cultivares heterogéneos en campos de selección es que, según la ley de semillas y sus reglamentos, es de categoría común. Se intentará aplicar el concepto de semilla de calidad declarada (QDS, siglas en inglés), 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 todos los demás cultivares mejorados.

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 kg/persona y en la actualidad es menor de 10 kg/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 cultivares mejorados por la Unalm mostró que, en general, la selección aumentó el rendimiento por ciclo en 5 %; y como en promedio se aplicaron cuatro ciclos por cultivar, se puede estimar un mejoramiento promedio de 20 %. Cada vez que se incluye un cultivar mejorado en un experimento comparativo de cultivares de los agricultores, los cultivares mejorados ocupan los primeros lugares. Todo lo que indica que el cambio de semilla producirá un incremento considerable.

En general, los cultivares mejorados en la Unalm y el Inia han sido seleccionados 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 la Unalm. Casi todos son cultivares precoces y algunos han sido seleccionados para condiciones de sequía. En buenas condiciones ambientales, los cultivares mejorados alcanzan altos rendimientos, hasta 10 toneladas por hectárea, y, además, son más estables a través de los años, soportan mejor las variaciones ambientales que son comunes en la sierra. Los cultivares mejorados tienen el tipo y los caracteres de grano de los cultivares nativos. No se espera ningún impedimento que limite su consumo por la población. En otros países se están usando estrategias similares (Núñez et al., 2002), sin embargo, en el Perú hay una ventaja adicional que asegura el éxito: los cultivares nativos ya tienen demanda y actualmente ya tienen un precio en chacra que es muy superior al MAD. Eso es algo con que no cuentan otros proyectos, que, aun

sin esa ventaja, son ejemplos exitosos de manejo de la diversidad en las chacras de los agricultores. Se están desarrollando metodologías para medir, manejar y mantener la diversidad genética de los cultivos en fincas (Brown y Hodgkin, 2011). Estas metodologías tienen la dificultad de estimar la diversidad de los cultivos en las chacras, situación que no es el caso del maíz, porque se usa el concepto racial.

Las agencias agrarias de la región, las estaciones experimentales del Inia, la organización de las comunidades campesinas o asociaciones de agricultores y las 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 esto, 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 CR 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, para crear las condiciones técnicas, con apoyo de las estaciones experimentales del Inia, y económicas, con el apoyo de los gobiernos regionales, para que se continúe la selección y la producción de semilla. Se espera que la unidad de Informática del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la Unalm cree un sistema para monitorear la conservación, selección y producción de semilla de los CR de maíz, que representan en su conjunto toda la diversidad del maíz en la sierra peruana.

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 cultivarse en lugares muy secos o muy fríos, en suelos pobres en fertilidad 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, donde se cultiva el maíz 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 la alimentación humana y 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 como endospermo suelto y harinoso, pericarpio esponjoso, glumas suaves, granos grandes y vistosos y raquilla chica y frágil, que une el grano a un raquis delgado. Asimismo, 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 de 70 % de la población vive en las ciudades, las que presionan al campo para tener más alimentos. Esa demanda está haciendo que



los agricultores cambien sus cultivares por otros de mayor valor en el mercado. Se estima que este cambio podría causar la pérdida de sus cultivares. Es notable el cambio actual de los cultivares nativos del agricultor por cultivares de la raza Cusco Gigante que tienen un precio superior en el mercado de choclo. La solución está en el mejoramiento de las razas o cultivares nativos 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 y el color y la forma del grano, se encuentran en alta frecuencia, pero los genes responsables de los caracteres adaptativos, incluida 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, lo que asegura 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 los cultivares nativos. En la actualidad, ese mercado es cubierto parcialmente por intermediarios que acopian granos en los mercados de consumo, lo que le quita uniformidad al producto y limita el ingreso a mercados más exigentes dentro del país o en el extranjero.

El maíz amiláceo, según la raza, tiene un precio que varía de dos a seis veces más que el del MAD. 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. Así, se constituiría un ejemplo de mejoramiento conservativo y de superación de la pobreza mediante la utilización de toda la diversidad de un cultivo.

Como la gestión será muy descentralizada, 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 este sistema de información será el banco de germoplasma de maíz a cargo del Programa de Investigación y Proyección Social en Maíz de la Unalm. Esa institución cuenta con la única colección nacional de maíz, registrada en un archivo de aproximadamente 4 000 colecciones o muestras de semilla de agricultores, incluidas la localización geográfica y la forma y el tamaño de las muestras colectadas. Aproximadamente la mitad de esas muestras cuentan con fotos a color, donde se aprecian los caracteres de la mazorca y los granos. Este archivo estará disponible en medios electrónicos para aquellos interesados en ejecutar esta propuesta o proyecto, podrán cotejar las muestras nuevas con las colectadas hace aproximadamente 50 años. Se pretende que las futuras colectas sean dirigidas y específicas solo 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.

Este llamado a la acción 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. Este 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 CR, 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 por recombinación se caracterizarán en las dos formas siguientes: frecuencia de los caracteres de valor, en el caso de los caracteres cualitativos, y 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 los departamentos. La formación de los CR que será coordinado por el Programa de Investigación y Proyección Social en 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 solo con germoplasma de la misma raza. La colección y la 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 el ámbito particular de los departamentos. Las agencias agrarias de los gobiernos regionales facilitarán el contacto con las comunidades o asociaciones de agricultores así como la organización de cadenas productivas. El Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri) facilitará sus contactos para ligar a los productores con los mercados interno y externo.

En la costa y la selva, la gestión será similar a la de 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.

## BIBLIOGRAFÍA


- Bänziger, M., Mugo, S., and Edmeades, G. O. (1999). Breeding for drought tolerance in Tropical maize·Convencional approaches and Challenges to molecular approaches. In J. M. Ribaut, and D. Poland (Eds). *Molecular approaches for the Genetic improvement of cereals for stable production in water-limited environments* (pp. 69·72). El Batán, México: Cimmyt.
- Bernardo, R. (2008). Molecular markers and selection for complex traits. Learning for the past 20 years. *Crop Sci*. 48, 1649·1664.
- Brown, A. H., and Hodgkin, T. (2011). Medición, manejo y mantenimiento en fincas de la diversidad genética de los cultivos. En: D. Jarvis, C. Padoch y H. Cooper (Eds). *Manejo de la Biodiversidad en los Ecosistemas Agrícolas*. (pp. 14·36). Roma, Italia: Bioversity Int.
- Chapman, S.C., Edmeades, G. O., and Crossa, J. (1996). Pattern analysis of gains from selection for drought tolerance in tropical maize populations. In M. Cooper, and G. L. Hammer (Eds). *Plant adaptation and crop improvement* (pp. 5 13·527). Cambridge, UK: CAB Int. Un. Press.
- Ceccarelli, S. (1996). Positive interpretation of genotype by environment interactions in relation to sustainability and biodiversity. In M. Cooper and G. L. Hammer (Eds). *Plant adaptation and crop improvement. Cambridge*, UK: CAB Int. IRRI. Icarda. Un. Press.
- Edmeades, G. O., Bolaños, J. y Chapman, S. C. (1996). Value of secondary traits in selecting for drought tolerance in tropical maize. In G. Edmeades, M. Bänziger, H. Mickelson y C. Peña·Valdivia (Eds) (pp. 222·234). El Batán, México: Bioversity Int.
- 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., and Mackay, T. F. (1997). *Introduction to Quantitative Genetics*. Malasya: Longman.
- Greenblatt, I. (1985). The ear of maize as a heat conserving device. En: *Northeastern Corn Improvement Conference*. University of Massachusetts. USA.,
- Núñez, I., Ortega, R., Castillo, F., Salinas, Y. y Ramírez, P. (2002). Diversidad de grano y formas de uso del maíz en el Sureste del Estado de México. En: J. L. Chávez, L. M. Arias, D. I. Jarvis, J. Tuxil, D. Lope·Alzina y C. Ayzaguirre (Eds). *Resumen del Simposio Manejo de la Diversidad Cultivada en los Agro-ecosistemas Tradicionales* (pp. 68·69). Mérida, México. IPGRI. Roma, Italia.
- Rincón, F., De León, H., Ruiz, N. y Herrera, J. (2002). Avances en el mejoramiento de germoplasma de maíz bajo el enfoque del mejoramiento participativo. En J. L. Chávez, L. M. Arias, D. I. Jarvis, J. Tuxil, D. Lope·Alzina y C. Ayzaguirre (Eds). *Resumen del Simposio Manejo de la Diversidad Cultivada en los Agro-ecosistemas Tradicionales* (pp. 53·54). Mérida, México. IPGRI. Roma, Italia.
- Sevilla, R. (1995). *Mantenimiento de los mecanismos de defensa de la mazorca de maíz para protegerse contra el frío en la sierra del Perú*. III Congreso Peruano de Genética. Sociedad Peruana de Genética. UNA La Molina. Lima, Perú.
- Sevilla, R. (2006). Use of native and introduced maize diversity to improve cold tolerance in Andean Maize. *In Enhancing the use of crop genetic diversity to manage abiotic stress in agricultural production systems* (pp. 84·91). Proceedeing of a workshop. 2005. Budapest, Hungary. IPGRI. Rome, Italy.
- 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* (pp. 27·36). Santa Cruz, Bolivia.
- Sevilla, R., Damilano, A., Avila, G., Paratori, O., Feldman, R., Fernández, G. y Machado, V. (1984). *Evaluación del germoplasma de maíz del Cono Sur de Sudamérica con fines de agrupación racial*. Inf del Maíz n.° 24. Lima, Perú: UNA La Molina.
- Sevilla, R. y Holle, M. (2004). *Recursos genéticos vegetales*. Lima, Perú: Editorial Luis León.

# Anexo
## Relación de Razas de Maíz y su Distribución en el Perú

| | RAZA | DEPARTAMENTO |
|---|---|---|
| 1 | **Alazán** | Ancash, Lambayeque, Piura |
| 2 | **Alemán** | Huánuco |
| 3 | **Amarillo huancabamba** | Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Piura |
| 4 | **Ancashino** | Ancash, Huánuco, La Libertad |
| 5 | **Arequipeño** | Arequipa, Ica, Tacna |
| 6 | **Arizona** | Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Piura |
| 7 | **Blanco harinoso** | Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Lambayeque, Pasco, Piura |
| 8 | **Blanco semidentado** | Amazonas, Cajamarca, Lambayeque, San Martín |
| 9 | **Cabanita** | Arequipa, Moquegua, Tacna |
| 10 | **Canchero Norteño** | Cajamarca, Huánuco |
| 11 | **Chancayano** | Ica, Lima |
| 12 | **Chaparreño** | Arequipa, Ica |
| 13 | **Chullpi** | Ancash, Apurimac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima |
| 14 | **Colorado** | Piura |
| 15 | **Confite** | Apurimac |
| 16 | **Confite morocho** | Ayacucho, Puno |
| 17 | **Confite puneño** | Puno |
| 18 | **Confite puntiagudo** | Ancash, Apurimac, Huancavelica, Huánuco, Junin, La Libertad, Tacna |
| 19 | **Coruca** | Arequipa, Moquegua, Tacna |
| 20 | **Cubano amarillo** | Amazonas, Apurimac, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junin, Lambayeque, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, San Martín, Ucayali |
| 21 | **Cusco** | Ancash, Apurimac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junin, Lima, Moquegua, Pasco, Puno, Tacna |
| 22 | **Cusco cristalino amarillo** | Apurimac, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Moquegua, Puno |
| 23 | **Cusco gigante** | Ayacucho, Cusco |

| | | |
|---|---|---|
| 24 | **Granada** | Ancash, Apurimac, Cusco, Junin, Moquegua |
| 25 | **Granada Blanco** | Arequipa, Cusco, Moquegua |
| 26 | **Huachano** | Ica, La Libertad, Lambayeque, Lima, Piura, Tumbes |
| 27 | **Huancavelicano** | Huancavelica, Huánuco, La Libertad, Pasco |
| 28 | **Huarmaca** | Lambayeque, Piura |
| 29 | **Huayleño** | Ancash, Huancavelica |
| 30 | **Kculli** | Ancash, Apurimac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, La Libertad, Lambayeque, Lima, Moquegua, Tacna |
| 31 | **Lambayeque** | Lambayeque |
| 32 | **Marañón** | Amazonas, Huanuco, La Libertad |
| 33 | **Mochero** | La Libertad, Lambayeque, Piura |
| 34 | **Morocho** | Amazonas, Ancash, Apurimac, Arequipa, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, La Libertad, Lambayeque, Lima, Pasco |
| 35 | **Morocho cajabambino** | Cajamarca |
| 36 | **Morocho norteño** | Cajamarca |
| 37 | **Pagaladroga** | Moquegua |
| 38 | **Pardo** | La Libertad, Lima |
| 39 | **Paro** | Ancash, Apurimac, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junin, Lambayeque, Pasco |
| 40 | **Perla** | La Libertad, Lima |
| 41 | **Piricinco** | Loreto, San Martin, Ucayali |
| 42 | **Piscorunto** | Ancash, Apurimac, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huanuco, Lima, Moquegua, Pasco, Puno, Tacna |
| 43 | **Rabo de zorro** | Ancash |
| 44 | **Rienda** | Amazonas, Lambayeque, Piura, Tumbes |
| 45 | **Sabanero** | Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Loreto, San Martin, Ucayali |
| 46 | **San Gerónimo** | Apurimac, Junin |
| 47 | **San Gerónimo Huancavelicano** | Apurimac, Huancavelica, Huánuco, Junin, Pasco |
| 48 | **Shajatu** | Ancash, La Libertad, Lambayeque |
| 49 | **Tumbesino** | Piura |
| 50 | **Tusilla** | Amazonas, Cajamarca, Loreto, Piura, San Martín, Ucayali |
| 51 | **Uchuquilla** | Puno, otal Uchuquilla |
| 52 | **Umutu** | Cajamarca, Lambayeque |

El Perú Primero

**Ministerio del Ambiente**
Av. Javier Prado Oeste N.° 1440
San Isidro. Lima, Perú
(511) 611 6000
**www.minam.gob.pe**

ISBN: 978-612-4174-31-5