



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

# Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad



PERÚ  
NATURAL





**Línea de base de la  
diversidad genética de  
la papa peruana con  
fines de bioseguridad**



## **Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad**

### **Autor:**

Ministerio del Ambiente  
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales  
Dirección General de Diversidad Biológica  
[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)

### **Editado por:**

© Ministerio del Ambiente (MINAM)  
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales  
Dirección General de Diversidad Biológica  
Av. Antonio Miroquesada 425, Magdalena del Mar, Lima – Perú

Primera edición, Noviembre de 2019  
Tiraje: 1000 ejemplares

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2019-16485  
ISBN N.º 978-612-4174-34-6

### **Impreso por:**

Servicios Graficos Rosales  
Av. Canevaro 370 - Lince  
R.U.C. 10076113721

Noviembre, 2019

Todos los derechos reservados. Permitida la reproducción total o parcial por cualquier medio siempre y cuando se cite la fuente.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) entregó sus bases de datos para facilitar la realización de este estudio. Las bases de datos de "Papas peruanas" y "Papas silvestres del Perú" contienen información de pasaporte e información morfológica de 3767 accesiones de papa. Esta data es propiedad del Centro Internacional de la Papa (CIP), quien se reserva todos los derechos y es usada y/o reproducida bajo licencia. El uso adicional de la información deberá contar con la autorización previa y por escrito del CIP, debiendo contactarse al correo electrónico [CIP-DG@cgiar.org](mailto:CIP-DG@cgiar.org) y/o a la Av. La Molina N.º 1895, La Molina.

#### **EQUIPO DE EDICIÓN TEMÁTICA**

DELICIA CAÑEDO TORRES  
TULIO MEDINA HINOSTROZA  
CÉSAR PALOMINO AYQUIPA  
CARLOS AGUIRRE ASTURRIZAGA  
HERNÁN TELLO FERNÁNDEZ  
JESSICA AMANZO ALCÁNTARA  
JOSÉ ÁLVAREZ ALONSO

#### **ELABORACIÓN DE MAPAS**

ORLANDO CARDOZA RAMOS  
SABBY ARAUJO PÉREZ

DIRECCIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL ORDENAMIENTO TERRITORIAL AMBIENTAL

#### **AGRADECIMIENTOS**

A WILLIAM ROCA (CONSULTOR DEL CENTRO INTERNACIONAL DE LA PAPA) Y A ROLANDO EGÚSQUIZA (UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA), POR LA REVISIÓN DE LA SISTEMATIZACIÓN DE LA LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD GENÉTICA DE LA PAPA PERUANA CON FINES DE BIOSEGURIDAD.

A LAS SIGUIENTES INSTITUCIONES POR HABER PROPORCIONADO INFORMACIÓN PARA LA ELABORACIÓN DE LA PRESENTE LÍNEA DE BASE:

CENTRO REGIONAL DE INVESTIGACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD ANDINA (CRIBA)  
EXTERNAL BRANCH NORTH OF THE DEPARTMENT GENE BANK, IPK, POTATO COLLECTION IN GROSS-LUESEWITZ  
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA (INIA)  
CENTRE FOR GENETIC RESOURCES, THE NETHERLANDS PLANT RESEARCH INTERNATIONAL  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUÁNUCO HERMILIO VALDIZAN (UNHEVAL)  
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS (UNMSM)  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA (UNALM)  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA (UNC)  
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA (UNSCH)  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO (UNT)  
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ (UNCP)  
UNIVERSIDAD NACIONAL FEDERICO VILLARREAL (UNFV)  
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA (UNAS)  
UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DE CUSCO (UNSAAC)  
POTATO GERMPLASM INTRODUCTION STATION, USDA-ARS (USA 004)





# Línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad

## Presentación

En el Perú, la papa es parte de nuestra cultura, de nuestra historia, de nuestros colores y juegos; es el sustento con el que miles de familias han logrado hacer estudiar a sus hijos y, para muchos, su cultivo es la actividad que los conecta con los ancestros. En mi caso, por ejemplo, mi abuela tuvo como principal sustento el sembrío de papas, y mi madre, quien pasó su infancia a su lado, estuvo vinculada principalmente a este cultivo en su comunidad campesina.

La agricultura familiar representa una de las actividades más importantes y culturalmente más relevantes en nuestro país, y la papa es un eje fundamental de esta agricultura familiar. Los miles de hombres y mujeres conservacionistas de papa nos han permitido mantener nuestra agrobiodiversidad, y esta Línea de Base debe convertirse en un instrumento que ponga en valor el trabajo que han desarrollado durante años.

La papa es el tercer cultivo alimenticio más importante del mundo, después del trigo y del arroz, por su aporte en calorías, alta producción y fácil manejo. Su larga historia de uso por el hombre se inicia hace más de 7000 años en los alrededores del Lago Titicaca, al sur del Perú, donde los antiguos pobladores comenzaron la domesticación de las papas silvestres, dando como resultado siete especies y cuatro subespecies de papas cultivadas, que incluyen a la fecha más de 4000 variedades. Adicionalmente, en nuestro territorio existe una notable biodiversidad de papas que alcanza casi las cien especies, que son parientes silvestres de las papas cultivadas. Es clave mantener los parientes silvestres y el hábitat donde estos se desarrollan.

Es así que los Andes peruanos se constituyen en las zonas de mayor riqueza genética de la papa en el mundo, siendo este cultivo un componente estratégico de la agrobiodiversidad andina. Luego de la llegada de los españoles a América, la papa fue introducida en nuevos territorios, y actualmente se cultiva en más de cien países. No debemos olvidar que luego de su llegada a Europa y Asia salvó de la hambruna a millones de personas, y a la fecha son estos continentes los principales productores de papa a nivel global. Su valor es tan importante que países del continente asiático como China, actualmente el mayor productor de papa del mundo, donde el cultivo del arroz es tan arraigado, está migrando áreas de cultivo de arroz a cultivo de papa, considerada más nutritiva y con mayor eficiencia en el riego.

La diversidad de especies y variedades de este cultivo nos brinda alternativas más productivas, resistentes a plagas y resilientes para enfrentar los efectos del cambio climático que ponen en riesgo la seguridad alimentaria. Sin embargo, los recursos genéticos de la papa, y en general de la agrobiodiversidad, se están perdiendo o degradando a un ritmo alarmante, a causa del abandono del campo, y la falta de oportunidades de mercado y de incentivos para su cultivo.

Es por ello que, con la finalidad de fortalecer las capacidades nacionales, desarrollar la infraestructura adecuada y generar líneas de base de la biodiversidad nativa potencialmente afectada por la liberación de los organismos vivos modificados (OVM) al ambiente, el Ministerio del Ambiente está levantando información sobre la diversidad genética de cultivos priorizados en el marco de la Ley 29811, que establece la moratoria al ingreso y producción de OVM en el territorio nacional por un periodo de diez años, promulgada por el Estado Peruano el 09 de diciembre de 2011.

Este documento corresponde a la segunda línea de base con fines de bioseguridad en el marco de la mencionada norma, siendo la primera la del cultivo del maíz. La línea de base de la papa peruana corresponde al estudio de la diversidad genética, los ecosistemas donde se encuentran las especies silvestres y los agroecosistemas de las papas cultivadas, los organismos y microorganismos relacionados con el cultivo de la papa, así como los aspectos socioeconómicos y culturales que giran en torno a su cultivo.

Con el avance de la biotecnología moderna se han desarrollado OVM, también conocidos como transgénicos, que tienen en muchos casos como finalidad mejorar las condiciones de manejo de los cultivos frente a ciertos factores bióticos y abióticos. Sin embargo, la posibilidad de la liberación de OVM al ambiente ha generado preocupación sobre los posibles efectos en los cultivos nativos y en su entorno biológico, socioeconómico y cultural. Esta preocupación es mayor en aquellos países considerados como centros de origen y de diversificación genética de especies vegetales de importancia global, como es el caso del Perú con las especies de papa.

El desarrollo y la publicación de esta línea de base ayudarán en la toma de decisiones adecuadas respecto a los potenciales impactos de la liberación de los OVM al ambiente en un marco apropiado de bioseguridad; asimismo, proporcionará información para la conservación y puesta en valor de la diversidad genética de la papa peruana.

FABIOLA MUÑOZ DODERO  
MINISTRA DEL AMBIENTE

# Índice

<b>1. Marco normativo asociado a los recursos genéticos, OVM y bioseguridad</b>	<b>8</b>
Normas internacionales relacionadas con recursos genéticos.	10
Normas de alcance nacional relacionadas con recursos genéticos	11
<b>2. Aspectos biológicos de la diversidad genética de la papa</b>	<b>14</b>
2.1 Origen y diversificación	16
2.1.1 Papas cultivadas	16
2.1.2 Papas silvestres	20
2.2 Reproducción	22
2.2.1 Estructura floral	22
2.2.2 Floración y fructificación	24
2.3 Flujo de genes, semilla sexual y semilla vegetativa (tubérculos)	28
2.3.1 Flujo de genes	28
2.3.2 Flujo de semilla sexual	32
2.3.3 Flujo de semilla vegetativa	33
<b>3. Aspectos socioeconómicos y ambientales de la conservación y uso de la diversidad genética de la papa</b>	<b>36</b>
3.1 Distribución de la diversidad genética de la papa	38
3.2 Los agroecosistemas de las papas cultivadas	51
3.3 Los ecosistemas de las papas silvestres	55

<b>4. Organismos y microorganismos relacionados al cultivo de la papa</b>	58
4.1 Organismos y microorganismos blanco	61
4.2 Organismos y microorganismos no blanco	62
<b>5. Propuesta para la gestión de la diversidad genética de la papa</b>	68
5.1 El cultivo de papa frente al cambio climático	71
5.2 Mejoramiento genético	72
5.3 Sistema de conservación de la diversidad biológica de la papa	74
5.3.1 Institucionalidad y conservación de la biodiversidad de la papa	75
5.3.2 Retos a futuro	75
5.4 Propuesta de lineamientos para la gestión de la diversidad biológica	76
5.4.1 Conservación <i>in situ</i>	76
5.4.2 Conservación <i>ex situ</i>	79
5.4.3 Institucionalidad	79
5.4.4 Mercados alternativos	81
<b>Referencias bibliográficas</b>	82
<b>Anexo 1. Clasificación taxonómica de la papa según Hawkes (1990)</b>	90
<b>Anexo 2. Especies silvestres y cultivadas de papa</b>	101
<b>Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas aprobadas a nivel mundial, según el tipo de evento y uso</b>	108
<b>Anexo 4: Información de germoplasma y herbarios de especies silvestres y cultivadas de papa en la cual se ha basado la presente línea de base</b>	122
<b>Listado de siglas y acrónimos</b>	123



**1** Marco normativo  
asociado a  
los recursos  
genéticos, OVM  
y bioseguridad



El marco normativo asociado a los recursos genéticos comprende normas internacionales, nacionales y regionales que se han dado desde la década de 1990. La mayoría de las normas nacionales se basan en compromisos sobre documentos de alcance global por la importancia y naturaleza del tema. A su vez, las normas de alcance regional se basan en las normas nacionales, en armonía con sus competencias en esos temas.

## **Normas internacionales relacionadas con recursos genéticos**

En 1992, la Conferencia de la Organización de la Naciones Unidas (ONU) sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, llamada “Cumbre de la Tierra”, adoptó el Convenio de Diversidad Biológica (CDB), que entró en vigor el 29 de diciembre de 1993. El Perú firmó el Convenio el 12 de junio de 1992 y lo ratificó el 7 de junio de 1993, mediante Resolución Legislativa N.º 26181. Este convenio tiene como objetivos: i) la conservación de la diversidad biológica, ii) la utilización sostenible de sus componentes, y iii) la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.

Asimismo, como un acuerdo suplementario al CDB, fue adoptado el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. Este protocolo es el marco normativo internacional de protección del comercio y del medio ambiente con relación al uso de los organismos vivos modificados (OVM). A la fecha, lo han suscrito 178 países. El Perú lo adoptó el 29 de enero de 2000 en la ciudad de Montreal, y lo ratificó mediante Resolución Legislativa N.º 28170, el 15 de febrero del 2004.

De conformidad con el enfoque de precaución que figura en el Principio 15 de la Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, el objetivo del citado Protocolo es contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización segura de los OVM resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos.

En noviembre de 2001, la Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), mediante la Resolución 3/2001, adoptó el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, en consonancia con el CDB. Los objetivos del presente tratado son la conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización, en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, para una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria.

El Tratado reconoce la contribución enorme que los agricultores y sus comunidades han aportado y siguen aportando a la conservación y el desarrollo de los recursos fitogenéticos. Esta es la base de los derechos de los agricultores, que incluyen la protección de los conocimientos tradicionales, y el derecho a participar equitativamente en la distribución de los beneficios y en la adopción de decisiones nacionales relativas a los recursos fitogenéticos.

Una preocupación en el entorno internacional sobre la responsabilidad y compensación por los daños ocasionados resultantes de los OVM, se evidenció tanto antes como después de la adopción del Protocolo de Cartagena. Por lo que, en la primera reunión de la Conferencia de las Partes del Protocolo de Cartagena que se celebró en Kuala Lumpur, del 23 al 27 de febrero de 2004, se estableció un grupo de trabajo especial de composición abierta de expertos jurídicos y técnicos en responsabilidad y compensación en el contexto del Protocolo de Cartagena para analizar las cuestiones, elaborar opciones y proponer normas y procedimientos internacionales sobre el tema. Después de varios años de negociaciones, se completó un acuerdo internacional conocido como Protocolo de Nagoya-Kuala Lumpur sobre Responsabilidad y Compensación Suplementario al Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología. Este documento fue adoptado en Nagoya, Japón, el 15 de octubre de 2010, en la quinta reunión de la Conferencia de las Partes que actúa como reunión de las Partes en el Protocolo. Entró en vigor el 5 de marzo de 2018.

Con este Protocolo suplementario se adoptan medidas de respuesta para aquellos casos en que haya daños o probabilidad suficiente de daños a la conservación y utilización sostenible

de la diversidad biológica como resultado de organismos vivos modificados cuyo origen provenga de movimientos transfronterizos.

### **Normas de alcance nacional relacionadas con recursos genéticos**

La Constitución Política del Perú vigente de 1993, en su título III del Régimen Económico, y Capítulo II, del Ambiente y los recursos naturales, artículos del 66 al 68, establece el marco legal para los temas ambientales y de los recursos naturales:

- **Artículo 66°.** Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal.
- **Artículo 67°.** El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.
- **Artículo 68°.** El Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

En cumplimiento del artículo 67 de la Constitución Política del Estado, se crea el Ministerio del Ambiente (MINAM) en mayo del 2008, y el 22 de mayo del 2009 se publica el Decreto Supremo 012-2009-MINAM que aprueba la Política Nacional del Ambiente, que en sus capítulos 2 y 3 señala los lineamientos de política para los recursos genéticos y la bioseguridad:

### **Recursos genéticos – Lineamientos de política**

- a. Impulsar la conservación de los recursos genéticos nativos y naturalizados y fomentar la investigación, desarrollo y su utilización sostenible, para el incremento de la competitividad de los sectores y actividades productivas.
- b. Incentivar la conservación in situ de los recursos genéticos y desarrollar, promover y alentar diferentes formas de conservación ex situ.

- c. Impulsar la identificación y protección de las zonas del territorio nacional de elevada diversificación genética, declarándolas libres de transgénicos.
- d. Fomentar el desarrollo de la biotecnología priorizando el uso de los recursos genéticos nativos y naturalizados.
- e. Fomentar de manera estratégica la obtención y uso de recursos genéticos no nativos de importancia económica para el país.
- f. Promover la participación pública y privada, nacional y extranjera, así como las alianzas estratégicas, en la investigación, conservación y utilización de los recursos genéticos en el marco de la normatividad nacional vigente.
- g. Impulsar el uso de mecanismos para la protección de los conocimientos tradicionales y el conocimiento científico, relacionados con los recursos genéticos, mediante la propiedad intelectual.

### **Bioseguridad – Lineamientos de política**

- a. Establecer mecanismos para regular, bajo parámetros científicos, toda actividad que involucre el uso de organismos vivos modificados, así como el uso seguro y responsable de la biotecnología moderna y de sus productos derivados.
- b. Identificar las aplicaciones de la biotecnología moderna y evaluar su pertinencia y oportunidad en la solución de problemas específicos en los procesos productivos nacionales o en la generación de servicios, de forma inocua, competitiva y sostenible.
- c. Promover la utilización responsable de la biotecnología moderna sin que perjudique procesos productivos que ya son competitivos y sostenibles, y cuyos bienes y productos sean apropiados y apropiables.
- d. Construir y desarrollar un sistema regulatorio basado en la aplicación de análisis de riesgos transparentes y científicos; capaces de garantizar la inocuidad y trazabilidad de los bienes y/o servicios obtenidos a través de la aplicación

de la biotecnología moderna, respondiendo a las demandas de los consumidores, a nuestra condición de país megadiverso y al contexto de continuos desarrollos tecnológicos.

- e. Establecer criterios científicos, ambientales, socioeconómicos y políticos, para un sistema de bioseguridad y uso responsable de la biotecnología, con niveles de seguridad compatibles con la política nacional de comercio exterior y de promoción de la innovación local y nacional.
- f. Generar, usar y difundir información de calidad sobre bioseguridad, para contribuir a la toma responsable de decisiones entre proveedores y usuarios y en aras de la construcción de una opinión pública adecuadamente informada.
- g. Generar y fortalecer las capacidades científicas y tecnológicas de gestión y de infraestructura de las instituciones que tengan como ámbito de acción la regulación de la biotecnología moderna, necesarias para la implementación de los marcos legales nacionales e internacionales de bioseguridad.

Además, en el 2009, se aprobó el Reglamento de Acceso a los Recursos Genéticos (Decreto Supremo N.º003-2009-MINAM) a través del cual se regula y desarrolla las disposiciones contenidas en la Decisión N.º391 del Acuerdo de Cartagena, que aprueba el Régimen Común de Acceso a los Recursos Genéticos.

Con el adelanto de la biotecnología y la ingeniería genética, se empezó a trabajar en los OVM (llamados también organismos genéticamente modificados o transgénicos), en la década de 1990. Es así que empezó una preocupación, principalmente, en los países megadiversos que son centro de origen, como es el caso del Perú.

Por esa razón, el 9 de diciembre del 2011, se promulga la Ley N.º29811, que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un periodo de 10 años, y su Reglamento (Decreto Supremo N.º008-2012-MINAM). Esta ley tiene por objeto impedir

el ingreso y producción en el territorio nacional de OVM con fines de cultivo o crianza, incluidos los acuáticos, a ser liberados en el ambiente.

La Ley tiene por finalidad el fortalecimiento de las capacidades nacionales, el desarrollo de infraestructura y la generación de las líneas de base respecto de la biodiversidad nativa, que permita una adecuada evaluación de las actividades de liberación al ambiente de OVM.

Designa al MINAM como el Centro Focal Nacional, cuya finalidad es la de generar las capacidades que permitan cumplir con los requerimientos de bioseguridad en forma eficaz y transparente y con los mecanismos pertinentes de protección y fomento a la biodiversidad nativa. También designa al MINAM como Autoridad Nacional Competente, con el encargo de proponer y aprobar las medidas necesarias para el cumplimiento del objetivo de la Ley. Además, el MINAM establece el ordenamiento territorial ambiental para garantizar la conservación de los centros de origen y la biodiversidad.

En lo que respecta a las líneas de base, el reglamento indica específicamente en su artículo 28 que las Líneas de Base son producto de la investigación dirigida hacia la obtención de información científica y tecnológica, relativa al estado de la biodiversidad nativa, incluyendo la diversidad genética de las especies nativas, que puede potencialmente ser afectada por OVM y su utilización, con fines de regulación; estas líneas de base forman parte de los insumos necesarios en los análisis de riesgo para la liberación de OVM al ambiente.

Existen otros dispositivos legales e instrumentos de gestión, en los que están enmarcados los estudios de la línea de base de la papa con fines de bioseguridad.

- **Ley N.º26839**, Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica, 1997. Norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes en armonía con nuestra Constitución Política y el Convenio sobre Diversidad Biológica.

Privilegia la conservación de nuestra diversidad biológica *in situ*, siendo una sus herramientas las Áreas Naturales Protegidas. También reconoce y promueve la conservación *ex situ* a través de jardines botánicos, banco de genes, etc.

- **Ley N.º 27104**, Ley de Prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología, 1999, y su reglamento (D.S. N.º 108-2002-PCM). Otorga a las autoridades sectoriales competentes las responsabilidades en el manejo de la seguridad de la biotecnología en las actividades de investigación, producción, introducción, manipulación, transporte, almacenamiento, conservación, intercambio, comercialización, uso confinado y liberación de OVM, bajo condiciones controladas.
- **Ley N.º 27811**, Ley del régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos, 2002. Establece un régimen especial de protección de los conocimientos

colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos, sin afectar el intercambio tradicional entre ellos.

- **Ley N.º 28245**, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA), 2004. Busca asegurar el cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas; asimismo, fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestión ambiental, el rol que le corresponde al Consejo Nacional del Ambiente (hoy MINAM), y a las entidades sectoriales, regionales y locales en el ejercicio de sus atribuciones ambientales a fin de garantizar que cumplan con sus funciones y de asegurar que se evite en el ejercicio de ellas superposiciones, omisiones, duplicidad, vacíos o conflictos.

Además, a la fecha, quince gobiernos regionales de nuestro país han emitido ordenanzas en contra o restringiendo la producción y/o consumo de OVM en sus territorios (Cuadro 1); aunque estas no han sido implementadas por ellos.

Cuadro 1. Ordenanzas Regionales sobre Organismos Vivos Modificados (OVM) en el Perú.

Región	Ordenanza	Moratoria o prohibición
Ancash	008-2011-REGIÓN ANCASH-CR	Prohibición
Arequipa	Acuerdo Regional 066-2011	Moratoria
Ayacucho	015-2009-GRA/CR	Prohibición
Cajamarca	025-2011-GRCAJ-CR	Prohibición
Cusco	010-2007-CR/GRC.CUSCO	Prohibición
Huancavelica	187-GOB.REG-HVCA/CR	Prohibición
Huánuco	097-2010-GRH-CR	Prohibición
Junín	114-2011-GRJ-CR	Prohibición
Lambayeque	001-2011-GR.LAMB	Prohibición
Lima Región	006-2010-CR-RL	Prohibición
Loreto	006-2011-GRL-CR	Prohibición
Madre de Dios	012-2011-GRMDD/CR	Prohibición
Puno	016-2011-GRP-CRP	Prohibición
San Martín	035-2009-GRSM/CR	Prohibición
Tacna	005-2012-CR/GOB.REG.TACNA	Moratoria



# 2 Aspectos biológicos de la diversidad genética de la papa



## 2.1 Origen y diversificación

La diversidad genética de la papa ha merecido numerosos, profundos y reflexivos estudios científicos hasta la fecha. El término “papa” designa a especies del género *Solanum* L. sección *Petota* Dumort del continente americano, que pueden cultivarse o no, para el aprovechamiento de sus tubérculos en la alimentación humana o en la industria.

Las papas cultivadas se han originado en los alrededores del lago Titicaca (Perú-Bolivia) y se han diversificado en dos sub regiones: (i) desde Venezuela hasta el norte de Argentina, y (ii) en el centro y sur de Chile, en la isla Chiloé y el archipiélago Los Chonos (Spooner & Hetterscheid, 2005; Spooner et al., 2010; Spooner et al., 2014; Chávez, 2006; Rodríguez, 2010; Bonavia, 1993). Estas últimas, las del centro y sur de Chile, se adaptaron a fotoperiodos largos, característica determinante para la difusión de la papa cultivada en Europa y otros países del hemisferio norte por los colonizadores españoles y otros a partir del siglo XVI.

Las papas que no se cultivan se conocen como papas silvestres, y su diversificación llega hasta Estados Unidos en Norteamérica, y hasta Chile, Argentina, Paraguay, Uruguay y sur de Brasil en Sudamérica. No obstante, el género *Solanum* comprende otras especies cultivadas como la berenjena (*S. melongena*), el pepino dulce (*S. muricatum*) y, probablemente, llegue a incluir géneros hasta ahora separados (*Lycopersicum*, *Cyphomandra*, *Normania* y *Triguera*), que a su vez incluyen a cultivos como el tomate (*S. lycopersicum*) y tomate de árbol o berenjena (*C. betacea*), entre otras. Särkinen et al. (2015) presentan una lista revisada de 276 especies de *Solanum* para el Perú, de las cuales 253 son nativas, mientras que 23 son introducidas o cultivadas.

### 2.1.1 Papas cultivadas

Las papas cultivadas probablemente fueron seleccionadas hace unos 6000 u 8000 años al norte del lago Titicaca, a partir de especies silvestres diploides del complejo *S. brevicaulis* (*S. bukasovii*, *S. canasense* y *S. multisectum*), que dieron origen a *S. stenotomum*, considerada la primera papa domesticada. Esta, a su vez, habría dado origen a *S. andigena* a través de poliploidización sexual e hibridación interespecífica e intervarietal, procesos que ampliaron la diversidad genética y adaptabilidad ambiental de la papa. Un grupo de este *pool* genético fue llevado hacia más al sur (Chile), donde se cruzó con la especie silvestre *S. tarijense* dando lugar a los cultivares chilenos (Rodríguez, 2010).



**LAS PAPAS QUE NO SE CULTIVAN SE CONOCEN COMO PAPAS SILVESTRES, Y SU DIVERSIFICACIÓN LLEGA HASTA ESTADOS UNIDOS EN NORTEAMÉRICA, Y HASTA CHILE, ARGENTINA, PARAGUAY, URUGUAY Y SUR DE BRASIL EN SUDAMÉRICA.**

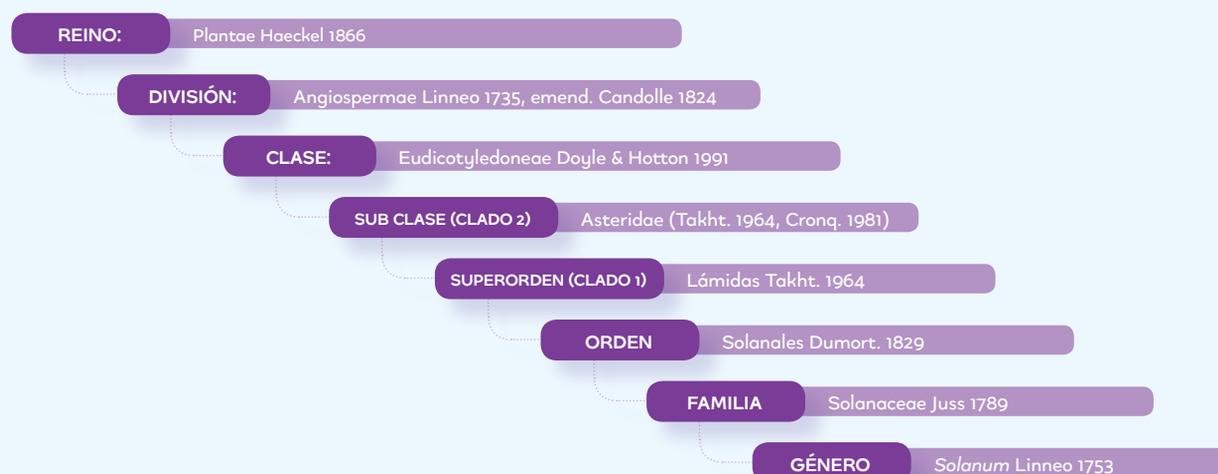
Las especies cultivadas de papa reconocidas dependen del tratamiento taxonómico, aunque se reconoce que el genoma (x) está compuesto por 12 cromosomas, y la serie poliploide comprende especies diploides ( $2n=2x=24$ ) hasta pentaploides ( $2n=5x=60$ ) (Cuadro 2). El proceso de especiación y diversificación de la papa cultivada ha sido complejo y ha comprendido fenómenos que son fuente de la variabilidad genética, como la recombinación sexual, las mutaciones, la poliploidización sexual, las migraciones, la selección natural y humana,

fenómenos que se dieron durante miles de años y en diversos ecosistemas (Figuras 1 y 2).

*Solanum tuberosum* con las subespecies *tuberosum* y *andigena* (y sus híbridos) componen más del 98% del área cultivada de papa a nivel mundial, mientras que las otras especies cultivadas están restringidas a la zona andina de Sudamérica (Estrada, 1999).

Para el presente documento se utilizará la clasificación propuesta por Hawkes (1990) y Ochoa (1990, 1999).

### Ubicación taxonómica de la papa *Solanum spp.*



**Cuadro 2.** Principales tratamientos taxonómicos de las papas cultivadas. Adaptado de Machida-Hirano (2015).

Hawkes (1990)		Ochoa (1990, 1999)		Spooner et al. (2007)	
Especie	Ploidía	Especie	Ploidía	Especie	Ploidía
<i>Solanum ajanhuiri</i>	$2n=2x=24$	<i>S. x ajanhuiri</i>	$2n=2x=24$	<i>S. ajanhuiri</i>	$2n=2x=24$
<i>S. curtilobum</i>	$2n=5x=60$	<i>S. x curtilobum</i>	$2n=5x=60$	<i>S. curtilobum</i>	$2n=5x=60$
<i>S. juzepczukii</i>	$2n=3x=36$	<i>S. x juzepczukii</i>	$2n=3x=36$	<i>S. juzepczukii</i>	$2n=3x=36$
<i>S. tuberosum</i>	$2n=4x=48$	<i>S. tuberosum</i>	$2n=4x=48$	<i>S. tuberosum</i>	$2n=4x=48$
subsp. <i>andigena</i> Hawkes		subsp. <i>andigena</i> Hawkes		Grupo Andigenum	
subsp. <i>tuberosum</i> Hawkes		subsp. <i>tuberosum</i> Hawkes		Grupo Chilotanum	
<i>S. chaucha</i>	$2n=3x=36$	<i>S. x chaucha</i>	$2n=3x=36$	<i>S. tuberosum</i> (Grupo Andigenum)	
<i>S. phureja</i>	$2n=2x=24$	<i>S. phureja</i>	$2n=2x=24$		
		<i>S. stenotomum</i>	$2n=2x=24$		
<i>S. stenotomum</i>	$2n=2x=24$	<i>S. goniocalyx</i>	$2n=2x=24$		

**Relación evolutiva de especies cultivadas de papa y sus parientes silvestres**

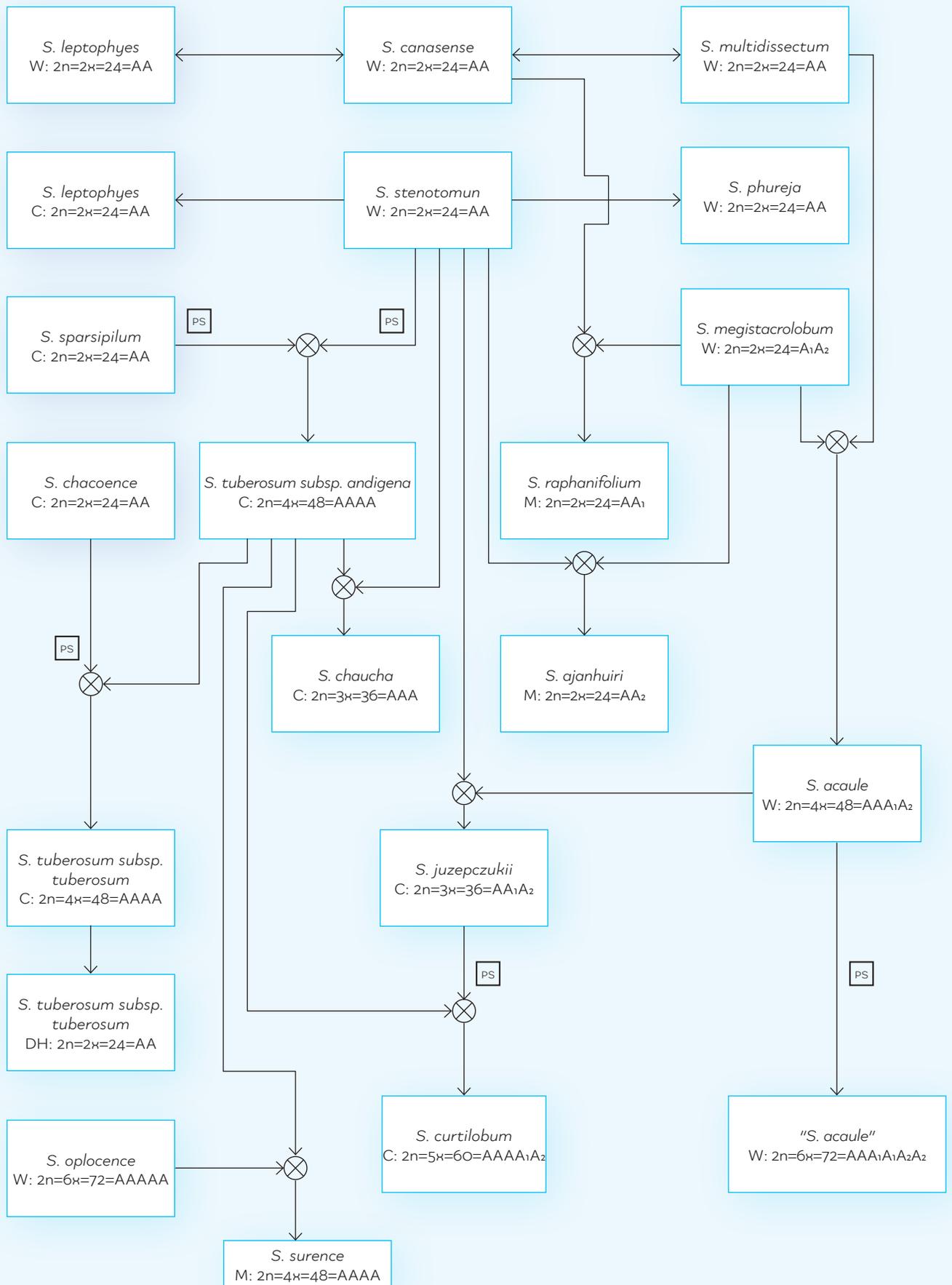


Figura 1. Relaciones de parentesco de la papa cultivada y sus ancestros silvestres (Chávez, 2006, basado en Hawkes y otros).



## 2.1.2 Papas silvestres

Análogamente a las papas cultivadas, la clasificación taxonómica de las papas silvestres difiere entre los especialistas. El enfoque morfológico se enriqueció al principio con hibridaciones, análisis de isozimas y electroforesis de proteínas y, más recientemente, con análisis de ADN (ácido desoxirribonucleico) nuclear, mitocondrial y de plastidios (Spooner & van den Berg, 1992; Ovchinnikova et al., 2011; Camadro, 2013; Spooner et al., 2014).

Hijmans et al. (2002) indica que el esquema de 19 series tuberíferas de Hawkes (1990), en consenso, es un tratamiento taxonómico formal y ampliamente utilizado para las relaciones dentro de la sección Petota<sup>1</sup>. Ochoa (1989) describió, además,

la nueva serie *Simplicissima* para *S. simplicissimum*, y más tarde colocó a *S. guzmanguense* en esta serie (Ochoa, 1999) e introdujo cambios adicionales en la pertenencia a la serie de especies peruanas (Cuadro 3).

Según Hawkes (1990), el número de especies silvestres de papa es 228 y el de especies cultivadas 7, dando un total de 235 para la sección Petota y comprendiendo especies diploides ( $2n=2x=24$ ) hasta hexaploides ( $2n=6x=72$ ), que se presentan en el Anexo 1. Más recientemente se reconocen solo 107 (Chakrabarti et al., 2017; Spooner et al., 2014), que se presentan en el Anexo 2 junto sus equivalencias según Hawkes (1990) y autores posteriores.

**Cuadro 3.** Nombre de las series en la sección Petota del género *Solanum*, y número de especies en cada serie (Hijmans et al., 2002).

n	Serie	Número de especies
1	<i>Acaulia</i> Juz.	4
2	<i>Bulbocastana</i> (Rydb.) Hawkes	2
3	<i>Circaeifolia</i> Hawkes	2
4	<i>Commersoniana</i> Bukasov	2
5	<i>Conicibaccata</i> Bitter	38
6	<i>Cuneolata</i> Hawkes	4
7	<i>Demissa</i> Bukasov	8
8	<i>Ingifolia</i> Ochoa	3
9	<i>Lignicaulia</i> Hawkes	1
10	<i>Longipedicellata</i> Bukasov	7
11	<i>Maglia</i> Bitter	1
12	<i>Megistacroloba</i> Cárdenas & Hawkes	7
13	<i>Morelliformia</i> Hawkes	1
14	<i>Olmosiana</i> Ochoa	1
15	<i>Pinnatisecta</i> (Rydb.) Hawkes	11
16	<i>Piurana</i> Hawkes	13
17	<i>Polyadenia</i> Bukasov ex Correll	2
18	<i>Simplicissima</i> Ochoa	2
19	<i>Tuberosa</i> (Rydb.) Hawkes	81
20	<i>Yungasensa</i> Correll	6
	<b>Total</b>	<b>196</b>

<sup>1</sup> Hawkes incluyó también dos series no tuberíferas.



1. *S. brevicaule* (*S. alandiave*) | 2. *S. acaule* | 3. *S. acroglossum* | 4. *S. cajamarquense* | 5. *S. albicans* (*S. acaule* subsp. *palmirensis*) | 6. *S. chacoense* | 7. *S. huancabambense* | 8. *S. laxissimum* | 9. *S. lignicaule* | 10. *S. medians* | 11. *S. stenotomum* subsp. *stenotomum* | 12. *S. ajanhuiri*.

Fotografías: ©Centre for Genetic Resources the Netherlands (CGN)

## 2.2 Reproducción

Las papas cultivadas y silvestres se reproducen sexualmente a través de semillas y se propagan vegetativamente a través de tubérculos, estolones y otros órganos, así como *in vitro* a través de meristemos y células no diferenciadas. No obstante, el medio común de propagación es a través de tubérculos, que provoca que todos los individuos derivados sean genéticamente idénticos (clones), salvo que ocurra una mutación.

### 2.2.1 Estructura floral

La flor es la estructura aérea de la planta que alberga los órganos de reproducción sexual, androceo y gineceo, y estructuras complementarias, que dan lugar al fruto luego de la fecundación de los óvulos. Forma parte de una inflorescencia, la cual nace en el ápice caulinar (Figura 3).

#### a. Inflorescencia

El pedúnculo de la inflorescencia está dividido generalmente en dos ramas, cada una de las cuales se subdivide en otras dos, formando una inflorescencia llamada tipo cima. De las ramas de la inflorescencia salen los pedicelos, en cuyos ápices están los cálices de la flor. Cada pedicelo tiene una articulación (codo de absición) de la cual penden las flores o los frutos. Esta articulación es pigmentada en algunas variedades cultivadas. La posición de esta articulación es uno de los caracteres taxonómicos más útiles de la papa.

#### b. Flor

Las flores de la papa son hermafroditas y poseen las cuatro partes esenciales de una flor: cáliz, corola, estambres y pistilo (Figura 4):

- **Cáliz.** Consta de cinco sépalos que se unen parcialmente en la base para formar una estructura con forma de campana debajo de la corola. La forma y el tamaño de los lóbulos o partes no unidas de los sépalos varían según la variedad. El cáliz puede ser de color verde, o estar parcial o totalmente pigmentado.
- **Corola.** Es pentámera (tiene cinco pétalos), ligados en la base para formar un tubo corto y una superficie plana de

cinco lóbulos. Cada lóbulo termina en una punta triangular (acumen). Generalmente es redonda. Algunas variedades nativas tienen corolas pentagonales o estrelladas. Su color es variado: blanco, azul claro, azul, rojo o morado, en diferentes tonos e intensidades, y es un carácter para diferenciar variedades (Figura 5).

- **Estambres.** Son el órgano masculino llamado androceo. Consta de cinco estambres que alternan con los pétalos. Cada estambre comprende una antera y su correspondiente filamento, que está unido al tubo de la corola. Las anteras generalmente están unidas en una columna cónica alrededor del pistilo, pero en algunas variedades cultivadas pueden estar separadas. El color de las anteras varía de amarillo claro a naranja intenso, aunque en las variedades androesteles el color es blanquecino. Los granos de polen son esparcidos a través de poros ubicados en la punta de la antera (Figura 6).
- **Pistilo.** Es el órgano femenino llamado gineceo. Consta de un solo pistilo, que está compuesto de ovario, estilo y estigma.
  - **Ovario.** Es súpero, es decir, los sépalos, pétalos y estambres están unidos al receptáculo justo debajo del ovario. Es bilocular porque presenta dos cavidades (lóculos) en donde generalmente hay numerosos óvulos distribuidos en la periferia de la placenta (placentación axilar).
  - **Estilo.** Es una prolongación del pistilo que conecta el estigma y el ovario. La longitud del estilo puede ser mayor, igual o menor que la de los estambres. El estigma es la parte receptiva del pistilo, donde germinan los granos de polen, que crecerán a través del estilo. Después de la fecundación, los óvulos fertilizados se desarrollan para convertirse en semillas.
  - **Estigma.** Generalmente es exerto sobre el anillo de las anteras, con longitud variable del estilo y de color verde, aunque puede ser pigmentado. La receptividad del estigma y la duración de la producción de polen es de dos días aproximadamente.

Las características de la flor de la papa son constantes, pero la floración y la fertilidad del polen y del óvulo pueden ser modificados por el ambiente (Egúsqiza, 2000).

Figura 3. Partes de la inflorescencia de la papa (Huamán, 1986).

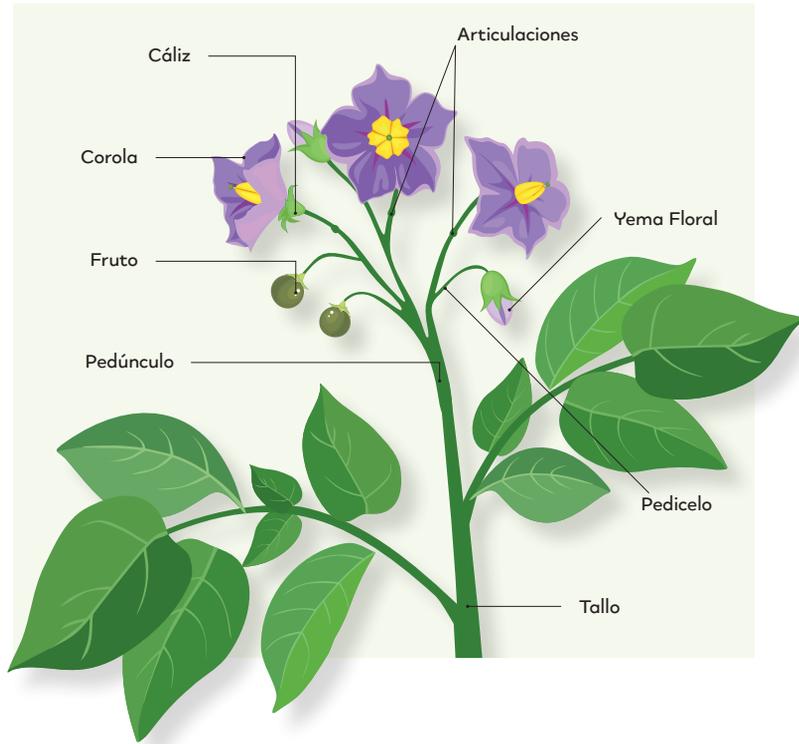


Figura 4. Partes de la flor de la papa (Huamán, 1986).

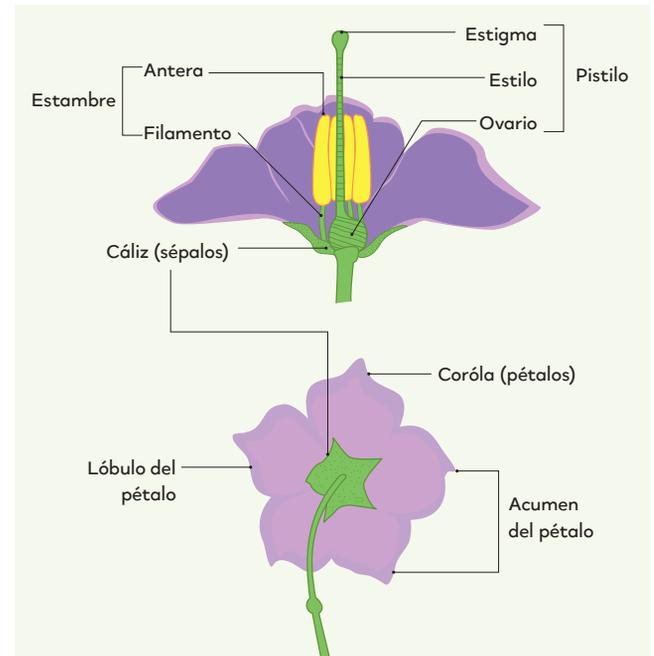
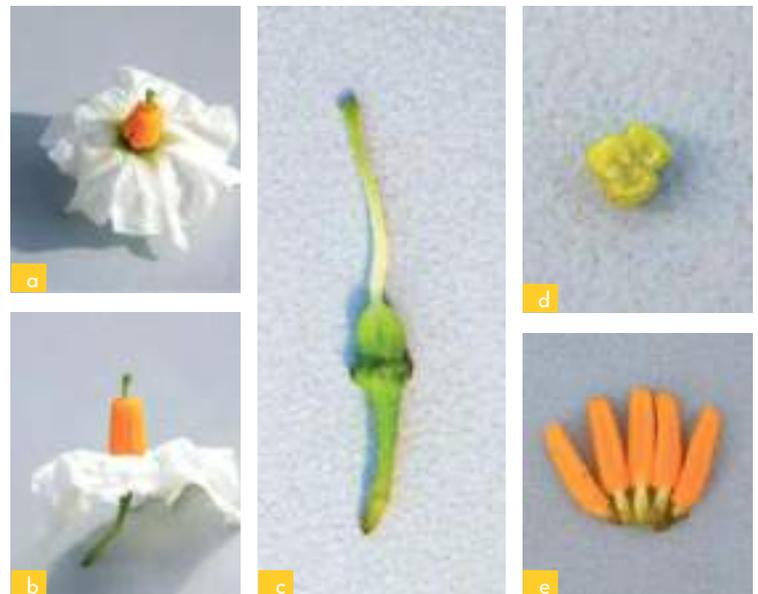


Figura 5. Variabilidad de colores de la corola de la flor de papa (Egúsqiza, 2000).



Figura 6. Morfología floral de una flor de papa. a) Corola (vista frontal), b) Corola (vista lateral), c) Estambres (androceo), d) Ovario (corte transversal), e) Pistilo (Ordóñez et al., 2017).





## 2.2.2 Floración y fructificación

### a. Fisiología

La floración y la fructificación están condicionadas por factores ambientales y genéticos, que pueden tener efectos independientes o de interacción, y cuya ocurrencia en la papa la hace muy particular.

- **Factores ambientales**

El grado de floración, la duración de la floración y la respuesta del comportamiento de floración a las condiciones ambientales están muy influenciados por la variedad, especialmente en las papas tetraploides cultivadas. Las condiciones ambientales, que influyen en el inicio y desarrollo de las flores, son la intensidad, calidad y duración de la luz (fotoperiodo), la temperatura, el suministro de agua y los nutrientes disponibles del suelo. Las flores de algunas variedades pueden caer prematuramente. En cuanto al fotoperiodo, *S. tuberosum* ssp. *andigena* es indiferente a este factor, pero *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* usualmente no florece bajo días cortos y fríos, y los clones precoces son más difíciles para producir flores sostenidamente (Turner & Ewing, 1988; Estrada, 1999).

La calidad de la luz que promueve la floración es la roja (600 a 700 nm) y roja lejana (700 a 800 nm). La abundancia de agua y de nitrógeno en el suelo promueve el crecimiento vegetativo en detrimento de la floración.

Por otro lado, ante la ausencia de nectarios florales, que hace que las flores solo produzcan polen, el peso relativamente alto de los granos de polen, la presencia activa de insectos polinizadores resulta necesaria para asegurar la polinización.

En la sierra de Perú (Cajamarca, Cusco, Junín y Puno), Scurrah et al. (2008) identificaron 12 especies de insectos visitando flores de papa, siendo *B. funebris* el único presente en todos los lugares de estudio. En Puno observaron 8 especies de insectos, siendo los principales la abeja negra andina, *Lonchopria* spp. (Hymenoptera: Colletidae), *B. opifex* y *B. funebris* (Hymenoptera: Apidae), los cuales han sido reportados como polinizadores en nuestro país (Lizárraga et al., 2008). La mayoría de las visitas de insectos ocurren entre las 09:00 y 14:00 horas, con una temperatura entre 15 y 27 °C.

## • Factores genéticos

- Poliploidía: las especies poliploides florecen menos que las diploides, y las triploides y pentaploides son además estériles, aunque pueden producir gametos no reducidos ( $2n$ ) en baja frecuencia (Estrada, 1999; Camadro & Espinillo, 1999).
- Autoincompatibilidad (AI): donde la interacción entre el tubo polínico y el estilo está determinada por el genotipo del polen (gameto) y la inhibición del crecimiento del tubo polínico ocurre en el estilo. La papa presenta un locus *S* multialélico de autoincompatibilidad gametofítica que determina que las especies diploides sean alógamas obligadas, y que las poliploides puedan ser alógamas pero también autóгамas.
- Esterilidad masculina: es un fenómeno común en muchas variedades comerciales de papas cultivadas tetraploides. En contraste, la esterilidad femenina no es tan frecuente. Es la consecuencia de las interacciones entre el núcleo y el citoplasma: el gen dominante *Ms* interactúa con el citoplasma de *S. tuberosum* ssp. *tuberosum* para causar esterilidad masculina, y el gen *Rt* gene dominante restablece la fertilidad (Iwanaga et al., 1991; Watanabe, 2015).
- Diferenciación genómica: todas las especies de papa tienen un genoma común A, aunque se diferencian en genomas homeólogos (i.e., parcialmente homólogos) B, C, D y E.
- Producción de polen y/u oóferas  $2n$ : La formación de gametos  $2n$  está ampliamente difundida entre las papas diploides. Está controlada por genes recesivos de herencia simple que dan lugar a husos paralelos (*ps*) y citocinesis prematura (*pc*) en la microsporogénesis. Estos, a su vez, están asociados a los fenómenos de la meiosis conocidos como primera y segunda división de restitución (FDR y SDR por sus siglas en inglés), que producen gametos con heterocigocidad diferenciada según la posición del entrecruzamiento (*crossing over*) con respecto al centrómero (Watanabe, 2015).
- Producción de haploides (esporofitos con el número cromosómico del gametofito): ciertos clones de *S. phureja*, empleados como progenitores masculinos en

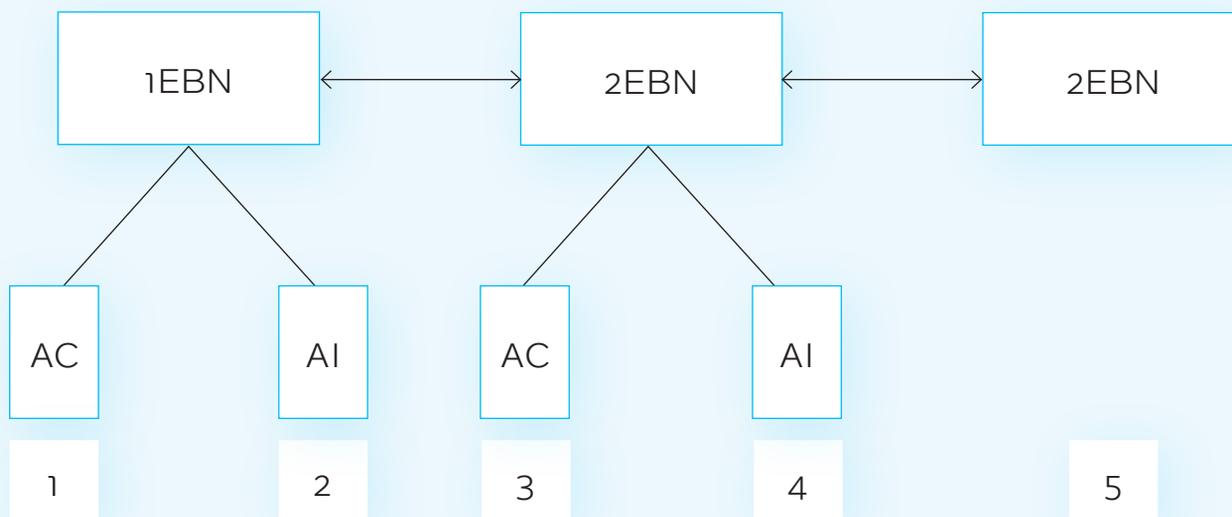


cruzamientos con *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*, pueden dar lugar a individuos haploides ( $2n=2x=24$  en este caso) (Mendiburu & Camadro, 1990; Watanabe, 2015). Para fines de fitomejoramiento, también puede inducirse su formación con partenogénesis pseudogamética usando polinizadores especiales (Watanabe, 2015).

– Número de Balance del Endospermo (*Endosperm Balance Number – EBN*): la falla del endosperma es la razón principal de la falla en cruzamientos intra e interespecíficos. La hipótesis del EBN es un concepto unificador para predecir la función del endosperma en cruces intraespecíficos, interploides e interespecíficos. En el sistema EBN, cada especie tiene una «ploidía efectiva» (EBN), que debe estar en una relación materno/paterna de 2:1 en el endosperma para que los cruzamientos tengan éxito. El conocimiento de EBN es muy útil en la transferencia de genes de germoplasma exótico y en el desarrollo de nuevos esquemas de mejoramiento en papa (Ortiz & Ehlenfeldt, 1992). Se producirán semillas viables a partir de cruzamientos entre plantas con valores de EBN coincidentes, siempre que no existan otras barreras de hibridación. Las combinaciones de ploidía y EBN en las papas incluyen 6x (4EBN), 4x (4EBN), 4x (2EBN), 2x (2EBN)

y 2x (1EBN). Si dos especies difieren en EBN por un factor de dos, duplicar el genoma de la especie con el número cromosómico más bajo duplicará su valor de EBN e incrementará la probabilidad de éxito de la hibridación. La duplicación se puede lograr a través de la duplicación del genoma somático con algún tratamiento, o seleccionando individuos que producen gametos  $2n$  (Spooner et al., 2014).

La Figura 7 muestra la cruzabilidad en papa con base en el EBN y la cruzabilidad compatibilidad sexual. Las flechas de doble punta conectan los grupos EBN, sea que se crucen duplicando el número de cromosomas o a través de gametos  $2n$ . Dentro de los grupos 1EBN y 2EBN, las especies autocompatibles pueden separarse de las autoincompatibles. Todas las especies de 4EBN son autocompatibles. En los niveles 1EBN y 2EBN, los cruces autocompatibles (femeninos) por los autoincompatibles (masculinos) son típicamente exitosos, mientras que los cruces recíprocos fallan. Por lo tanto, las flechas de una sola cabeza conectan estos grupos. Se espera que la hibridación dentro de cada uno de los cinco grupos sea exitosa, aunque ocasionalmente ocurren fallas. Si bien es menos probable que la hibridación intergrupal sea exitosa en comparación a la hibridación intragrupal, ninguna barrera es completa.



**Figura 7.** Cinco grupos de cruzabilidad en papas cultivadas y silvestres con base en los grupos EBN y la compatibilidad sexual. AC = Autocompatible; AI = Autoincompatible (Spooner et al., 2014).

Adicionalmente, otros factores externos (espaciales, temporales, ecológicos y mecánicos), también condicionan la reproducción sexual (Camadro, 2011a). Por otro lado, las siguientes barreras internas postcigóticas condicionan la supervivencia de los híbridos: (i) inviabilidad o debilidad del híbrido F1, (ii) problemas en la floración del híbrido F1, (iii) esterilidad del híbrido F1, (iv) inviabilidad o debilidad de la generación F2 y generaciones segregantes avanzadas.

### b. Fruto

Luego de la fecundación de los óvulos, el ovario se desarrolla y convierte en un fruto tipo baya. Generalmente es esférico, aunque puede ser también ovoide o cónico, y verde o con tonalidades moradas, algunas veces con puntos blancos o pigmentados (Figura 8).

### c. Semilla

La semilla es el óvulo fecundado, desarrollado y maduro. Es plana, ovalada y pequeña (1000 a 1500 semillas/g). Cada fruto puede tener desde 0 (frutos partenocárpicos) hasta aproximadamente 500 semillas, según la fertilidad de cada variedad. Cada semilla está envuelta en una capa llamada testa y un tejido de reserva (endosperma). La forma del embrión es abastionada o como una "U" y orientada hacia el punto de unión con la placenta (hilium). El embrión tiene dos polos opuestos: la radícula, que constituye el primordio radicular, y la plúmula, que contiene el primordio caulinar y los dos cotiledones (Figura 9).



Figura 8. Fruto tipo baya de la papa. A) En desarrollo, B) Corte mostrando la placentación axilar (Egúsquiza, 2000).

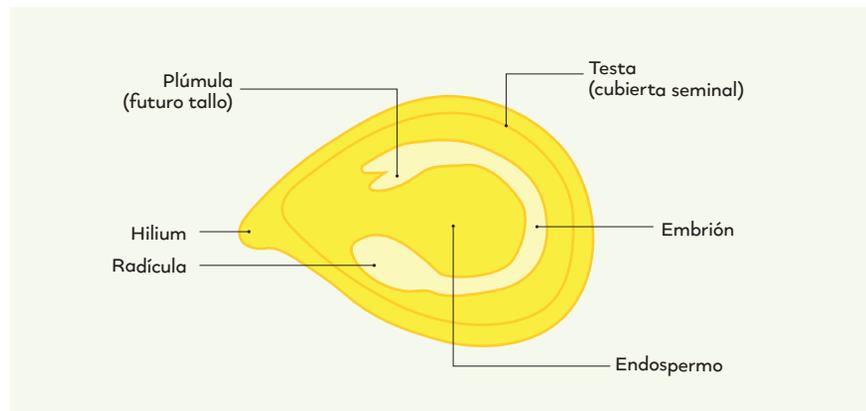


Figura 9. Semilla sexual de papa (Egúsquiza, 2000).



## 2.3 Flujo de genes, semilla sexual y semilla vegetativa (tubérculos)

El flujo de genes es la transferencia de información genética (ADN y ARN) entre individuos de poblaciones vegetales que han superado las barreras de cruzabilidad prevalentes entre ellas. Naturalmente ocurre por polinización. En programas de mejoramiento genético o investigaciones *ad hoc*, este flujo se puede forzar a través de cruzamientos dirigidos bajo condiciones controladas.

En papa, este flujo puede darse mediante flujo de genes o flujo de semilla sexual o vegetativa (especialmente tubérculos).

### 2.3.1 Flujo de genes

Los factores indicados en la sección anterior (genéticos y ambientales) han dado lugar a la hibridación y flujo de genes en papa (dentro y entre niveles de ploidía), y a la consiguiente introgresión, es decir, el movimiento de genes de una especie a otra como resultado de un proceso de hibridación interespecífica seguido de retrocruzamiento, que se perpetúa gracias a la sobrevivencia y fertilidad de los híbridos. Específicamente, la incompatibilidad gametofítica, producción de gametos no reducidos e incompatibilidad debida al EBN, son los factores de origen genético que más explican la evolución, poliploidización sexual y diversidad en papa.

La frecuencia de hibridación bajo condiciones naturales dependerá de la cercanía filogenética y el patrón de dispersión del polen, así como de los niveles de alogamia y sincronía de la floración, escala de emisión y dispersión del polen, actividad de los vectores de polinización, viabilidad y competitividad del polen, barreras de cruzabilidad pre y postcigóticas, y condiciones medio

ambientales (Arnold, 1997; Ellstrand et al., 1999). Estas barreras pueden ser diferentes en los cruzamientos recíprocos y tener efectos significativos en la cruzabilidad (Scurrah et al., 2008).

La existencia de diversos sistemas agrícolas en pequeña escala en los Andes (aynocas, chacros, etc.), que incluyen diversas especies con abundante floración, atraen a los insectos polinizadores de papa (abejas, abejorros, entre otros), lo cual favorece el flujo de polen y la producción de semilla sexual de papa, lo que a su vez contribuye a sustentar la diversidad de la papa en el tiempo (MINAM, 2017).

La eventual introducción de una papa genéticamente modificada (OVM) al medio ambiente supone un riesgo en mayor o menor grado, según el control del flujo del gen de interés de la papa modificada a poblaciones naturales (cultivadas o silvestres). Esto requerirá de un proceso como el siguiente (Roca, 2013):

- Emisión de polen de la planta donante (progenitor masculino).
- Polinización a través del vector de polinización (insecto).
- Fecundación.
- Crecimiento, desarrollo y producción de semilla híbrida viable, es decir, que haya una incorporación estable (exitosa) del gen diferencial en el genoma.
- Establecimiento de la progenie híbrida  $F_1$  en campo.
- Selección. Este punto es crítico desde el punto de vista ambiental y evolutivo (Londo et al., 2010; Guan et al., 2015).

En vista de que la mayoría de las variedades de papa comerciales son tetraploides, la posible liberación de una papa genéticamente modificada en nuestro país también lo será, al menos en una primera etapa, lo cual añade al proceso anterior:

- La probabilidad de autofecundación en el segundo paso, que de hecho se vuelve predominante, seguida

de la polinización cruzada por insectos (entomófila) y, con mucha menor frecuencia, por el viento (anemófila), con diferencias entre sub especies. La autoincompatibilidad no se da en *S. tuberosum* ssp. *tuberosum*, pero la polinización cruzada natural en *S. tuberosum* ssp. *andigena* puede estar presente entre 21 y 74%, con un promedio de 40%, condicionada en parte por la esterilidad masculina total o parcial (Brown, 1993; Muthoni et al., 2012).

- Una menor probabilidad de establecimiento y selección del  $F_1$  debido a:

Su menor vigor como resultado de la depresión por endocría, aunque este es un fenómeno más bien típico de alógamas y no de autógamias (Muthoni et al., 2012).

- Que los individuos  $F_1$  provendrán de semilla sexual y, por tanto, serán poco vigorosas en comparación con las plantas cultivadas, que provendrán de tubérculos. Por ser plantas débiles y "fuera de tipo", serían consideradas como malezas y eliminadas de los campos en producción. Pero, en el caso de que lleguen a producir tubérculos y estos queden en el campo, hay una probabilidad de que puedan ser seleccionados por los agricultores, si exhiben uno o más atributos favorables.
- A modo de ejemplo, Scurrah et al. (2008) encontraron que 312 plántulas emergieron a partir de 39 bayas de las 420 que fueron enterradas, lo que equivale al 0,74%, asumiendo un promedio de 100 semillas por baya. En este ensayo, por alguna razón no determinada, las bayas de las variedades cultivadas produjeron más plántulas que las bayas de las variedades silvestres. Adicionalmente, la sequía, las heladas y la ranca afectaron a las plántulas, que nunca llegaron a la etapa de floración. Sin embargo, entre 60-70% establecieron pequeños tubérculos, de los cuales 39 nuevas plantas emergieron el año siguiente, así como también 11 nuevas plántulas (lo que daría un total de 323, *i.e.*, 0,77%). En este segundo año, todas las plantas murieron antes de la floración debido a las heladas.

- Por otro lado, estos autores hicieron que los agricultores seleccionaran clones a partir de familias de tubérculos. En la cosecha, los agricultores eligieron 21 de 917 (2,3%). Las selecciones fueron en su mayoría autofecundaciones de *S. tuberosum* ssp. *andigena* (16), aunque hubo 5 híbridos interespecíficos que muestran que es posible que las especies estrechamente relacionadas que crecen alrededor de los campos de los agricultores puedan hibridar y la progenie pueda ser seleccionada. No se prosiguió el estudio por más años para ver el destino de estos clones seleccionados.

La selección natural así como la selección artificial (sea por agricultores en campos productivos o fitomejoradores en campos experimentales) está fundada en la superioridad de ciertos individuos sobre la variedad testigo o referencial. Esta superioridad podría estar relacionada con una mayor productividad de tubérculos, resistencia a plagas, enfermedades o herbicidas, tolerancia a factores abióticos, o calidad. En ese sentido, la herencia del gen de interés determinará su segregación y expresión en la generación  $F_1$  y sucesivas (siempre que sea fértil). En el caso de la papa cultivada tetraploide, la  $F_1$  es muy importante, pues se trata de un cultivo de propagación vegetativa a través de tubérculos, por lo que mantiene su identidad genética indefinidamente.

La segregación de un gen de dominancia simple en tetraploides presenta ratios ya establecidos, pero que pueden variar según el número de copias del gen de interés (dosis), su distancia relativa al centrómero y su grado de ligamento, si aplica (Estrada, 1999; Watanabe, 2015).

Distinto sería el caso de las papas cultivadas diploides, que producen mucha semilla sexual y no presentan depresión por endocría, pero su propagación para fines productivos es igualmente a través de tubérculos. Para estos casos, entonces, la probabilidad de escapes sería mayor.

Aunque se podría esperar que las papas cultivadas triploides y pentaploides sean estériles por completo, la realidad es que presentan cierto nivel de fertilidad gracias a la producción de gametos  $2n$  (Spooner et al., 2010). De hecho, además de la frecuente hibridación natural entre el *pool* diploide y el

tetraploide en la zona andina, y la consiguiente producción de tetraploides y triploides, también ocurren en forma natural hibridaciones entre (i) triploides y diploides e incluso tetraploides, y (ii) pentaploides con tetraploides, al extremo de que autores han llegado a replantearse el concepto de especie (Camadro, 2011b), y preguntarse si las variedades nativas deben considerarse una sola especie biológica (Spooner et al., 2010):

- a. ¿Son grupos sexualmente compatibles y, por lo tanto, capaces de intercambio genético?
- b. Si es así, ¿están en realidad sujetos a recombinación sexual en su entorno natural, resultando en una sola especie biológica? Porque las variedades nativas existen en una serie poliploide, tanto intraploide como interploide.

El rol desempeñado por los agricultores en la selección, además de la respuesta al estrés biótico y abiótico, ha sido crucial para la sostenibilidad de las variedades, a través de prácticas agrícolas y costumbres culturales tales como: siembra de varios tipos de papa por golpe u hoyo, compra-venta o intercambio de semillas-tubérculo y, en mucho menor grado, donaciones de semilla sexual. El resultado final habría sido la selección de individuos superiores merecedores de

su incorporación al *pool* de variedades nativas. De hecho, es frecuente observar en campos de pequeños agricultores andinos una mezcla de variedades nativas de papa como un mecanismo de seguridad alimentaria, en coexistencia o no con las variedades mejoradas (Quiros et al., 1990; Spooner et al., 2010).

En vista de los vacíos de información local sobre el flujo de genes a través del polen en papa, se plantean dos propuestas<sup>2</sup> (Capurro et al., 2013):

- a. Protocolo para la evaluación rápida de flujo de polen y cruzabilidad en papa (cultivadas y/o silvestres) para siete zonas de estudio. El protocolo sigue la metodología de Capurro et al. (2013) y comprende 5 fases:
  - Evaluación del flujo de genes.
  - Monitoreo de las condiciones ambientales.
  - Evaluación de la presencia de polinizadores.
  - Evaluación de viabilidad del polen
  - Confirmación de la hibridación.



<sup>2</sup>Estas propuestas podrían ser objeto de revisión.



**b.** Plan Experimental para el estudio de flujo de polen e introgresión genética en zonas productoras representativas de papa. El plan comprende tres experimentos bajo la metodología de Capurro et al. (2013):

- **Experimento 1:** Evaluación de distancias del flujo de polen y factores responsables de la dispersión.
- **Experimento 2:** Evaluación de la biología de insectos polinizadores en el cultivo de la papa.
- **Experimento 3:** Evaluación de la introgresión genética.

Estas propuestas y su implementación, por su complejidad y la previsible interacción genotipo x ambiente, deberían estar a cargo de un equipo multidisciplinario. Se sugiere la priorización de localidades, de especies y variedades cultivadas (modernas o nativas), así como de especies silvestres a emplear en los experimentos, pues las especies y variedades cultivadas difieren entre las localidades y agroecosistemas de papa, y en muchas zonas de la sierra es común la presencia de especies silvestres próximas a campos cultivados, que también difieren entre localidades (Egúsquiza & Catalán, 2011).

Rimachi et al. (2012, 2013) desarrollaron varios modelos de hibridación entre variedades cultivadas y especies

silvestres de papa bajo el supuesto que “la coexistencia es una condición necesaria, pero no suficiente para modelar el posible flujo génico”. Estos modelos podrían enriquecer las propuestas planteadas.

Asimismo, en el planeamiento experimental se podrían considerar varios escenarios, teniendo en cuenta que: (i) tanto una variedad moderna como una nativa pueden ser objeto de transformación genética; (ii) existe gran diversidad genética y ambiental de los agroecosistemas en los que se cultiva la papa y los ecosistemas en los que crecen naturalmente las especies silvestres; (iii) el donante de polen normalmente se siembra en menor proporción que el receptor; y (iv) los efectos recíprocos pueden determinar resultados significativamente diferentes:

Receptor de polen (Hembra)	Donante de polen (Macho), supuestamente modificado (OVM)
Variedad moderna Variedad nativa Especie silvestre	Variedad moderna
Variedad moderna Variedad nativa Especie silvestre	Variedad nativa

El número de variedades actualmente cultivadas en nuestro país es alrededor de 15 a 20, considerando las recientemente liberadas (INIA, 2012; Sevilla, 2010), y el de variedades nativas de importancia comercial es de 10 (Egúsquiza, 2000). El número de variedades nativas de importancia regional y local puede contarse por centenas en nuestras regiones de la sierra, y su variabilidad genética está más bien dentro y no entre subpoblaciones geográficamente distanciadas (de Haan et al., 2010; CIP y FDCC, 2006). Estos hechos y la diversidad de agroecosistemas pueden hacer compleja la decisión de selección de los tratamientos (parentales).

### 2.3.2 Flujo de semilla sexual

La semilla sexual de papa (SSP o *True Potato Seed – TPS* en inglés) se origina por la unión de los gametos masculino y femenino, a través de polinización cruzada o autopolinización. Su variabilidad genética puede ser muy alta. No se utiliza para fines de producción, pues las plántulas son débiles, de productividad baja y presentan dormancia. No obstante, debe considerarse que la semilla sexual tiene una alta tasa de multiplicación/unidad de peso, no es portadora de enfermedades virales ni de otra naturaleza, y ciertas progenies exhiben una productividad relativamente alta.

El Centro Internacional de la Papa (CIP) promovió en las décadas de 1970 y 1980 el mejoramiento genético para desarrollar progenies superiores, como alternativa a la producción con tubérculos-semilla (Cabello, 1996). Este programa tuvo cierto impacto inicial en Asia y América Latina, pero no prosperó más por la baja calidad de los tubérculos y el no aseguramiento sostenible de semilla de calidad genética adecuada y otras desventajas (Monares & Achata, 1988; Hinojosa, 2015). El uso principal de la SSP es en programas de mejoramiento genético.

Los tubérculos producidos por medio de semilla sexual, si exhiben características superiores, pueden dar lugar a clones y eventualmente variedades (nativas o modernas) luego de un proceso de selección. Aquí radica el potencial de la SSP, que ha sido reconocido por ciertos agricultores observadores, motivo por el cual las SSP son ofrecidas

como un regalo muypreciado. Bajo este contexto, hay que considerar que:

- Las semillas germinarán recién entre 2 a 7 años bajo condiciones naturales, debido a la dormancia (Conner, 2006) y, por tanto, requerirán de un espacio reservado para su propagación.
- Las plántulas exhibirán una alta segregación de genes cualitativos y cuantitativos, que las harán muy diversas, y entre los cuales estará el gen de interés en una frecuencia determinada. En los programas de mejoramiento genético de papa son necesarias más de 10 000 plántulas para iniciar la selección que terminará, con suerte, en una variedad mejorada cuya vida útil generalmente no llegará a las dos décadas. De las 67 variedades de papa generadas en el país de 1956 al 2000 solo 15 (22.4%) permanecen en cultivo (Sevilla, 2010).

Lo más común es la aparición de plantas híbridas (resultado del flujo de genes no controlado) en campos de cultivo como malezas y, por lo tanto, más susceptibles de ser eliminadas. Fuera de los campos de cultivo, estos híbridos no deseados portantes del gen de interés se convertirían en plantas semi cultivadas (*Araq*), cuya capacidad de sobrevivencia sería una función de su capacidad de competir con la flora endógena (poblaciones maleza) y de adaptación al ambiente (clima, suelo, seres vivos), los cuales son variables en el espacio y tiempo (Meza, 2014). Es decir, el gen de interés, de darse el caso, tendría que otorgarle al híbrido no deseado (i) una ventaja competitiva para su sobrevivencia, o (ii) una superioridad sobre las variedades cultivadas reconocible por los agricultores, de modo tal que sea seleccionado y mantenido clonalmente.

Todos los agricultores de Ancash, Apurímac, Huancavelica, Huánuco, Junín y Lima entrevistados en el estudio hecho por el MINAM (2017) reconocieron la mayor producción de bayas y semillas en las variedades nativas en comparación con las cultivadas, pero informaron que en ningún caso las extraen ni les dan uso. No obstante, Torres (2007) indica que la SSP también es usada como sistema de renovación alternativo a los de semilla vegetativa por algunas familias



conservacionistas, especialmente en la sierra del sur del Perú. Representa, *“un camino derecho o más corto que exige mayor esmero y acuciosidad en quienes lo emplean, pero que les permite abreviar los caminos de las semillas, como “camino derecho” en estos ámbitos de altas pendientes y quebradas profundas”*.

### 2.3.3 Flujo de semilla vegetativa

La papa se propaga típicamente por tubérculos. También lo hace a través de esquejes de tallo, esquejes de brotes, hojas y tejidos meristemáticos *in vitro*, sobre todo en programas de producción de semilla libre de virus y de conservación de germoplasma, etc. La renovación de la semilla-tubérculo es anual para los productores de la costa, y cada 3 a 4 años para los de la sierra, o inclusive no se puede dar en absoluto. Esta renovación es importante en términos de pureza genética y sanidad. Esto es muy relevante en papa, porque las variedades cultivadas son clones propagados a través de tubérculos y estos, a su vez, son potenciales fuentes de inóculo de plagas y enfermedades que pueden reducir significativamente la productividad y la calidad de las cosechas.

Los mecanismos de compra-venta y de intercambio de semilla-tubérculo son los principales responsables de la dispersión, en términos de fuentes de diversidad genética. La dinámica de adopción y descarte de variedades nativas por parte de los agricultores es tan antigua como el proceso de domesticación del cultivo de la papa, es decir, tiene varios miles de años. De ahí que el fenómeno de erosión genética, o sea, la pérdida de la diversidad genética, debe tomarse como el balance resultado de lo ganado y lo perdido en términos de diversidad en genes, individuos (genotipos), poblaciones y taxa superiores, y que tiene como factores de selección al medio ambiente y al ser humano, y a su interacción. Con respecto al ser humano, son los propios agricultores, en la medida de sus posibilidades y bajo diversas modalidades, los que se han encargado de conservar y utilizar la variabilidad genética disponible a lo largo del tiempo.

La introducción de variedades modernas de papa a partir de finales de la década de 1950 significó un punto de quiebre para el equilibrio relativo de variedades nativas, cuyo retroceso en área y diversidad cultivada se exacerbó por el sistema de compra-venta de semilla-tubérculo, predominantemente informal, y para variedades

modernas, los cambios en los hábitos de consumo y la economía de mercado en general (Proexpansión, 2011). En contrapartida, se han adoptado en el país sistemas de conservación de germoplasma *in situ* y *ex situ*, así como mecanismos de repatriación de variedades a sus lugares originarios (Huamán, 2002). La selección obrada por el medio ambiente puede deberse a condiciones extremas de estrés biótico o abiótico, que pueden eliminar por completo variedades que no tienen la adaptación del caso.

Los mecanismos de renovación de semilla arriba indicados pueden coexistir con el de autoconsumo de semilla, en mayor o menor grado y sus principales características son:

#### a. Sistema de compra-venta de semilla-tubérculo

La producción de semilla-tubérculo está localizada en las zonas altas (> 2500 msnm) por la menor presencia de enfermedades y plagas, principalmente en la región Junín, y está orientada a la siembra de variedades modernas de las zonas bajas, incluyendo la costa. El uso de semilla certificada de papa es solamente 0,2% del total (≈ 1200 t,

para unas 600 ha), a pesar de los esfuerzos significativos para fortalecer el sistema de producción y uso de semilla de alta calidad de parte de los organismos públicos (MINAGRI, INIA), entidades de cooperación internacional y ONG (CIP, USAID, COTESU, GIZ, CARE, Caritas, etc.) y semilleristas privados (Quevedo et al., 2012). En nuestro medio predomina la producción informal (artesanal), la cual no garantiza la calidad genética, sanitaria ni fisiológica (Ezeta, 2001). No obstante, el INIA es la Autoridad Nacional en Semillas y se encarga de la certificación y registro de semilleristas, entre otras funciones.

#### b. Sistemas de intercambio

Los intercambios de semilla son las acciones predominantes a nivel nacional. Es una práctica usual en las zonas altas, donde estos intercambios están orientados al abastecimiento de los productores de variedades nativas, sobre todo cuando la semilla “está cansada”, es decir, cuando su potencial de producción ha disminuido. Las características de estos mecanismos, rutas y modalidades varían entre regiones y actores involucrados (Cuadro 4).

Cuadro 4. Rutas y modalidades del intercambio de semillas (INIA, 2007).

Rutas	Modalidades
• Ferias	• Trueque
• Rutas o caminos de semillas	• Herencia
• Fiestas	• Regalo
	• Compra-venta
	• Pago por trabajo
	• Siembra al partir
• Mercados locales	• Préstamo
	• Hallazgo
	• Robo o sustracción
	• Intercambio familiar



The background of the image shows several large sacks filled with various types of potato tubers. The tubers are in different colors, including brown, red, and yellow, and have different shapes and sizes. The sacks are made of a light-colored, textured material, possibly burlap or canvas. The lighting is somewhat dim, highlighting the texture of the tubers and the sacks.

3

Aspectos  
socioeconómicos  
y ambientales de  
la conservación y  
uso de la diversidad  
genética de la papa



En este capítulo se revisan los aspectos sociales, culturales, económicos y ambientales que caracterizan el escenario del agricultor tradicional que cultiva y conserva la biodiversidad de la papa.

### 3.1 Distribución de la diversidad genética de la papa

Con la consolidación de las bases de datos de pasaporte de las accesiones de bancos de germoplasma y muestras herborizadas de papa y sus parientes silvestres, conservadas en diversas instituciones de 21 regiones del Perú, se ha podido determinar la distribución de la diversidad genética de la papa, el Centro Internacional de la Papa (CIP) es el que presenta la información más completa de cada accesión.

Según Pradel et al. (2017), el 62% del área cultivada con papa en el Perú corresponde a las variedades modernas. De ellas, la variedad Yungay, liberada en 1971 por la UNALM, lidera la lista con 22% del área cultivada, seguida por INIA 303, Canchán, e INIA 302 Amarilis, liberadas por el CIP en colaboración con el INIA en 1990 y 1993, con 12 y 11% respectivamente. El porcentaje del área total estimada que está sembrada con variedades provenientes de la colaboración entre el CIP y sus socios nacionales es de 33%. Las variedades nativas cubren el 38% restante del área cultivada. En la región Puno, que representa aproximadamente el 17% del área cultivada de papa, más del 90% del área está sembrada con variedades nativas. Esto se debe a que presenta sistemas de producción significativamente diferentes al resto del país, a la altitud de los campos cultivados y a los factores abióticos que se presentan como sequías y heladas, que no permiten que las variedades mejoradas se adapten fácilmente.

Se han realizado los mapeos de las especies cultivadas, los que nos muestran la concentración de las especies a nivel departamental, provincial y distrital así como la distribución de las especies cultivadas (Figuras 10, 11 y 12).

Del total de especies cultivadas de papa (siete especies con cuatro subespecies), los distritos que tienen la mayor concentración de especies son Chongos bajo (Chupaca,



Junín), Marcapata (Quispicanchi, Cusco), Yauli (Huancavelica, Huancavelicia), Pazos (Tayacaja, Huancavelica) y La Unión (Dos de Mayo, Huánuco) (Figura 12).

Los distritos en los que se cultiva la papa tienen una demografía baja (< 10 000 habitantes), con un Índice de Desarrollo Humano medio, pero con una brecha entre el ámbito urbano y rural (que prevalece en más de la mitad de los casos), en donde el primero suele contar con acceso a servicios básicos (salud y educación) e ingresos mayores que los del ámbito rural (MINAM, 2014). En lugares donde la economía campesina se encuentra más vinculada al mercado, las instituciones, saberes colectivos y cultivos se suelen modernizar y homogenizar; mientras que en aquellos lugares donde la presencia de las instituciones del mercado es menor, predomina la economía de subsistencia y los saberes tradicionales tienen mayor presencia, junto con una mayor diversidad de especies cultivadas y ciclos de producción, como estrategia frente al reto de la diversidad de microecosistemas en los Andes (Mayer, 1981).

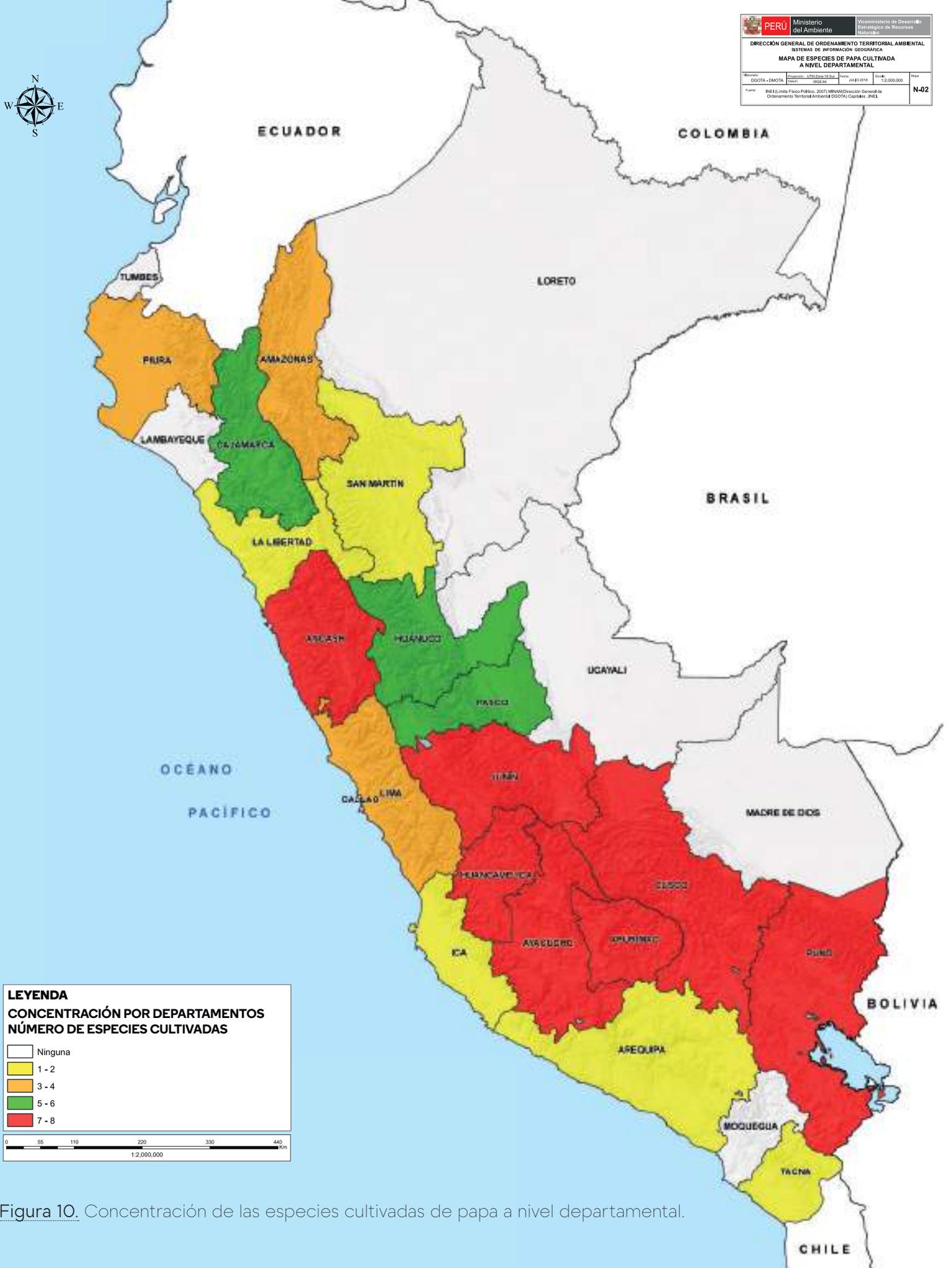
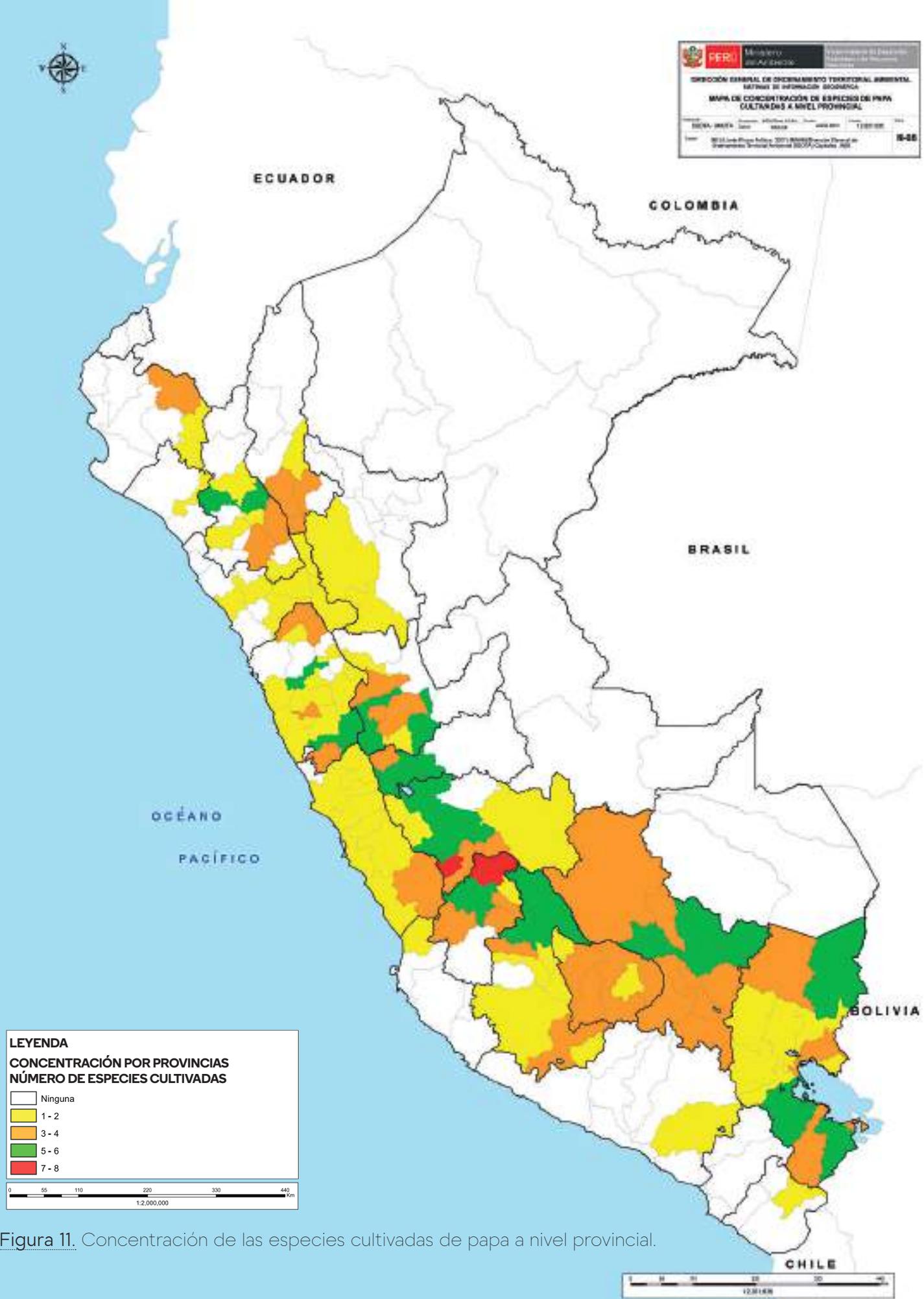


Figura 10. Concentración de las especies cultivadas de papa a nivel departamental.



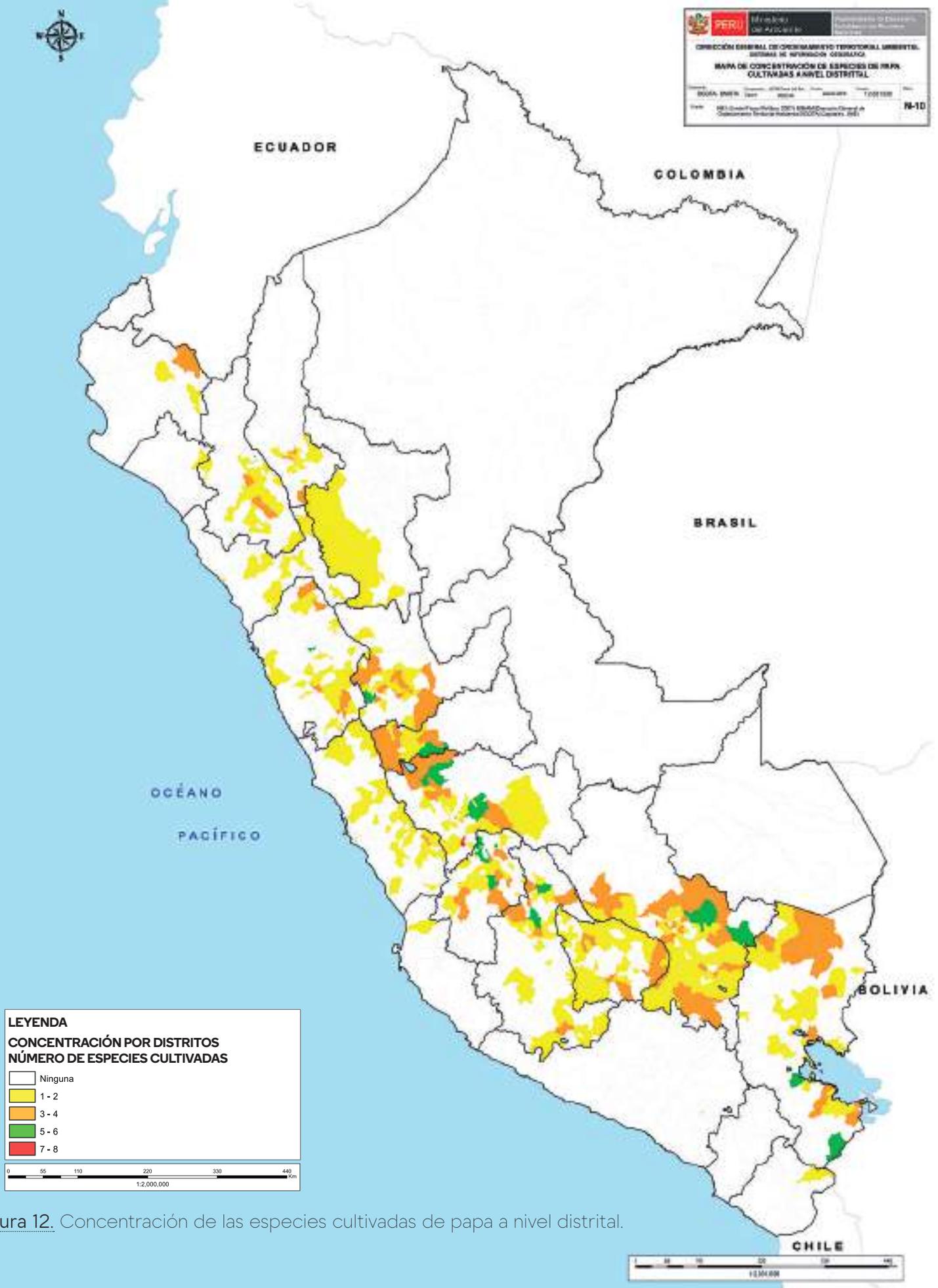
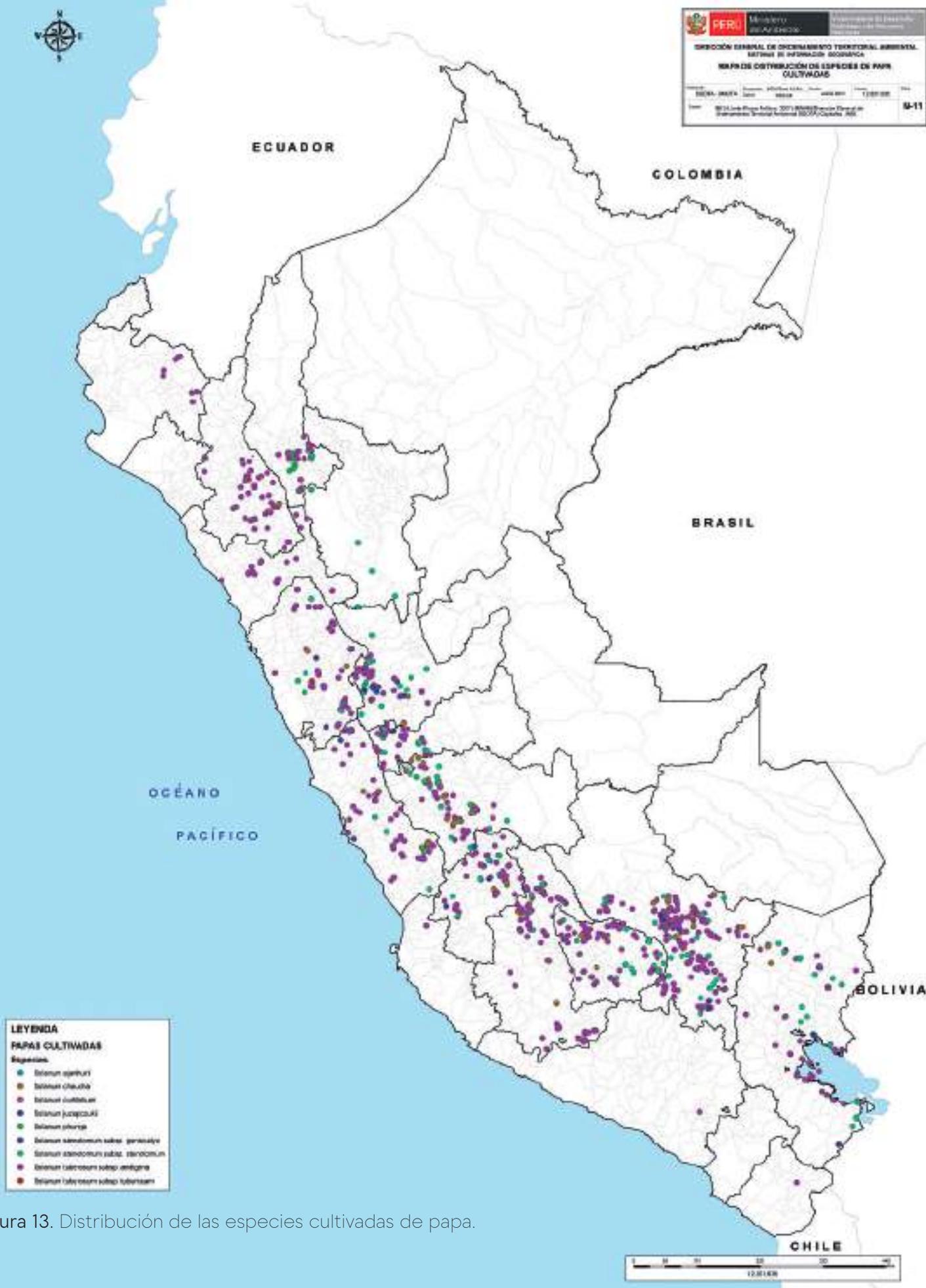


Figura 12. Concentración de las especies cultivadas de papa a nivel distrital.

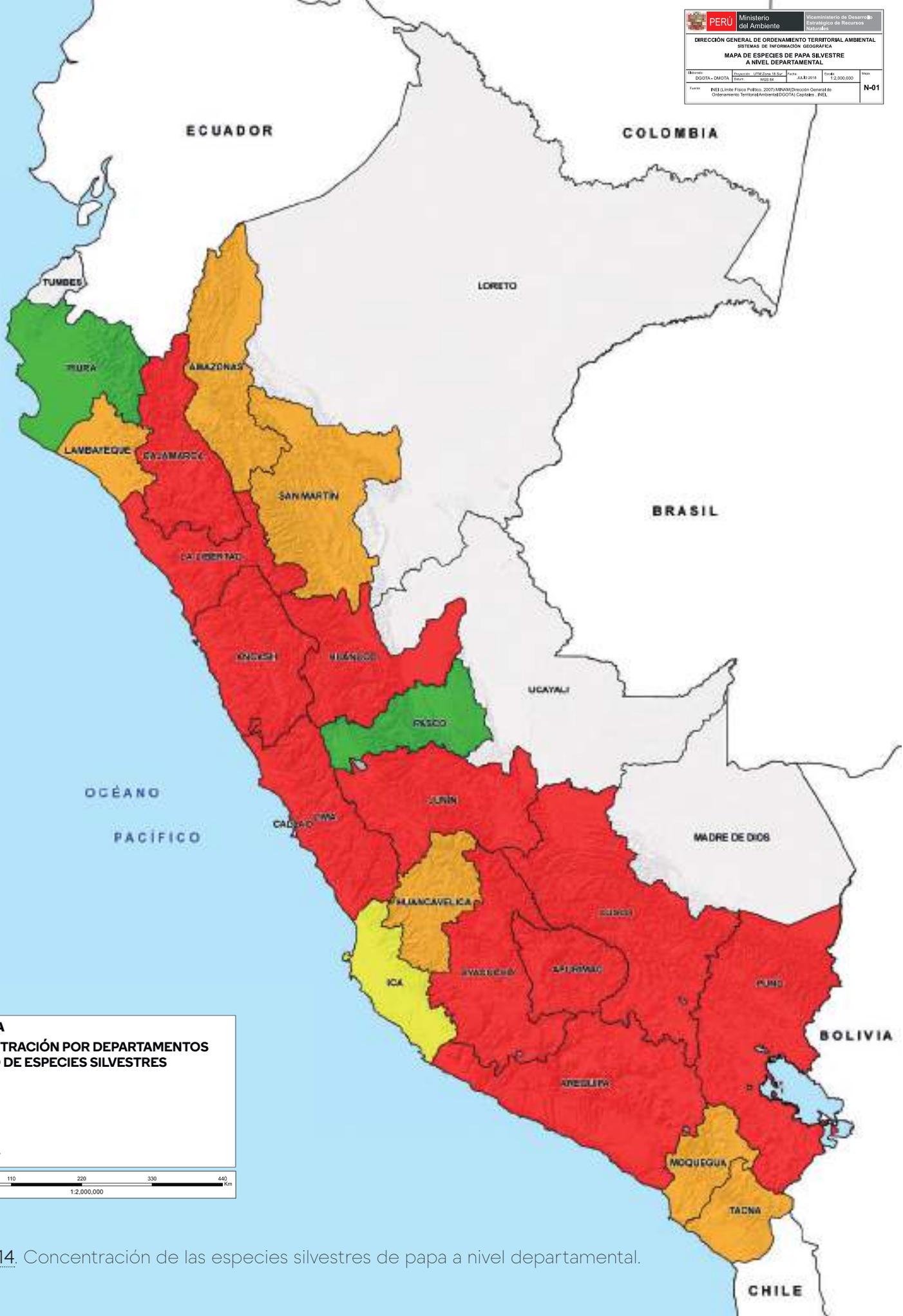


Con relación a las especies silvestres de papa, los departamentos de Cusco y Ancash son los que tienen mayor concentración de especies silvestres (Figura 14). Los distritos que presentan una mayor concentración de especies son Machu Picchu y Maras (Urubamba, Cusco), Paucartambo (Paucartambo, Cusco), Cusco (Cusco, Cusco), Calca (Calca, Cusco) y Huayán (Huarmey, Ancash) (Figuras 15, 16), así como el mapa de distribución de especies (Figura 17).

Con fines didácticos, además, se presentan los mapas de concentración de las papas cultivadas y silvestres a nivel departamental, provincial y distrital (Figuras 18, 19, 20)

Las papas cultivadas y silvestres coexisten en un centro de origen como el Perú, pero nuestro país, por su condición de megadiverso, presenta ecosistemas diferenciados que, para fines de sistematización, se resumen en dos: el agroecosistema de las papas cultivadas y el ecosistema de las papas silvestres.



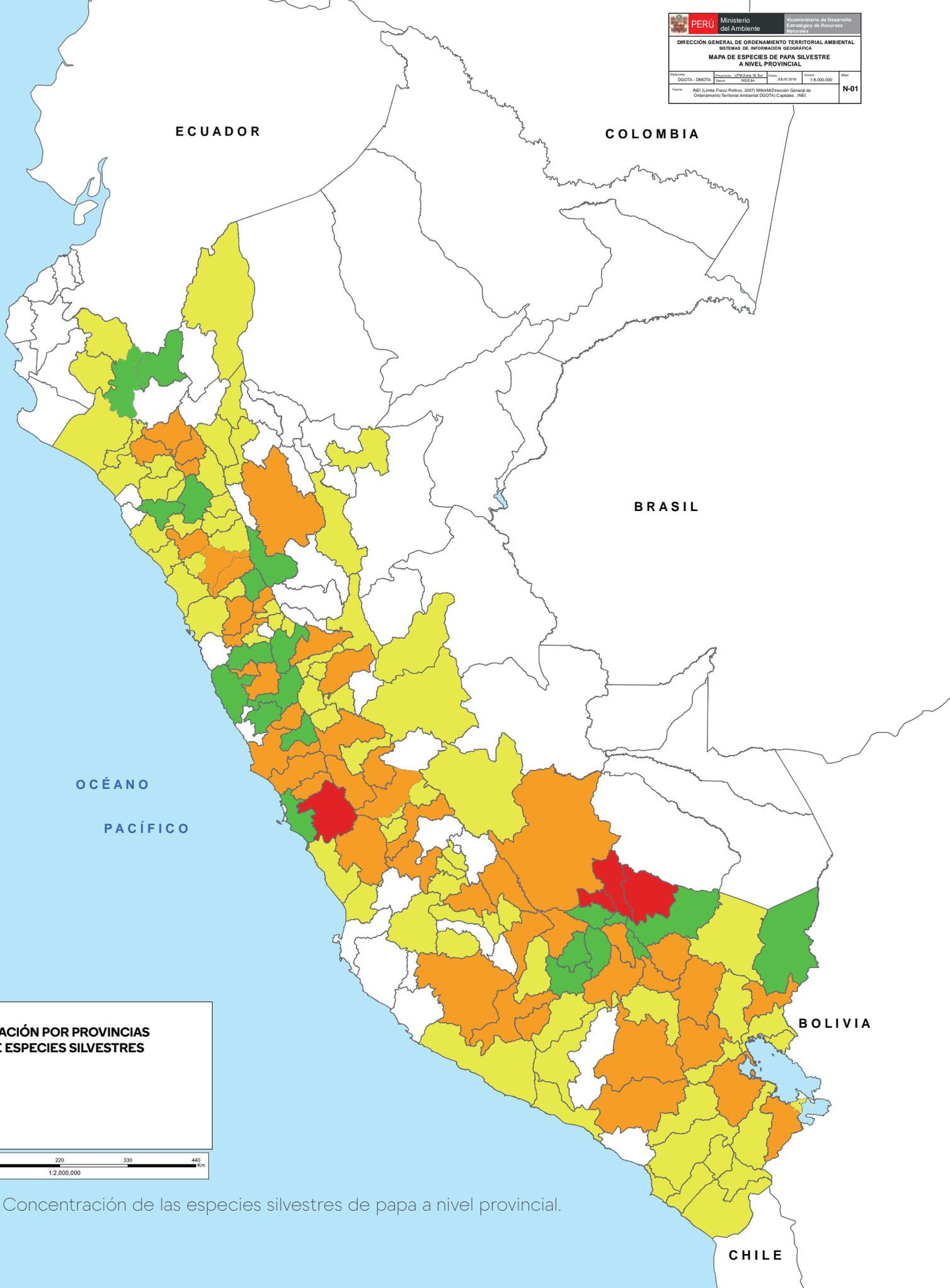


**LEYENDA**  
**CONCENTRACIÓN POR DEPARTAMENTOS**  
**NÚMERO DE ESPECIES SILVESTRES**

White	0
Yellow	1 - 3
Orange	4 - 6
Green	7 - 10
Red	11 - 27

0 55 110 220 330 440 Km  
 1:2.000.000

Figura 14. Concentración de las especies silvestres de papa a nivel departamental.



**LEYENDA**  
**CONCENTRACIÓN POR PROVINCIAS**  
**NÚMERO DE ESPECIES SILVESTRES**

- Ninguna
- 1 - 3
- 4 - 6
- 7 - 10
- 11 - 16



Figura 15. Concentración de las especies silvestres de papa a nivel provincial.



ECUADOR

COLOMBIA

BRASIL

OCÉANO

PACÍFICO

BOLIVIA

CHILE

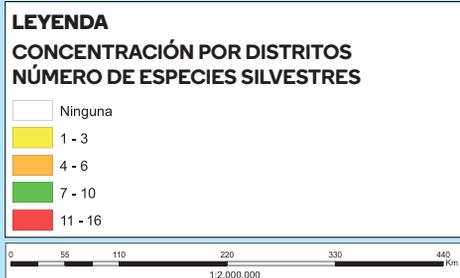


Figura 16. Concentración de las especies silvestres de papa a nivel distrital.



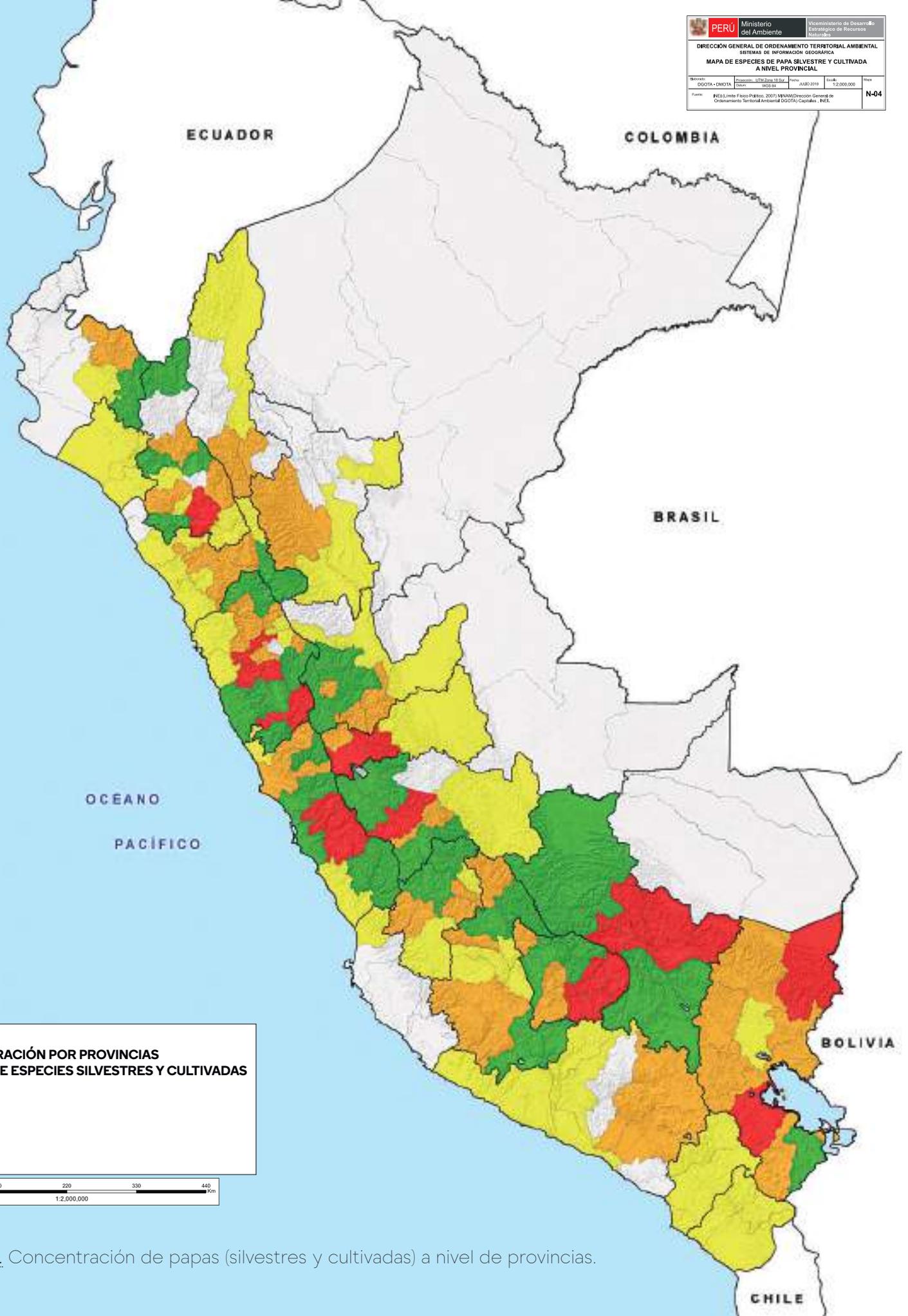


**LEYENDA**  
**CONCENTRACIÓN POR DEPARTAMENTOS**  
**NÚMERO DE ESPECIES SILVESTRES Y CULTIVADAS**

- Ninguna
- 1 - 5
- 6 - 10
- 11 - 25
- 26 - 34

0 55 110 220 330 440 Km  
 1:2,000,000

Figura 18. Concentración de papas (silvestres y cultivadas) a nivel de departamentos.



**LEYENDA**  
**CONCENTRACIÓN POR PROVINCIAS**  
**NÚMERO DE ESPECIES SILVESTRES Y CULTIVADAS**

- Ninguna
- 1 - 3
- 4 - 6
- 7 - 10
- 11 - 22

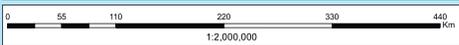
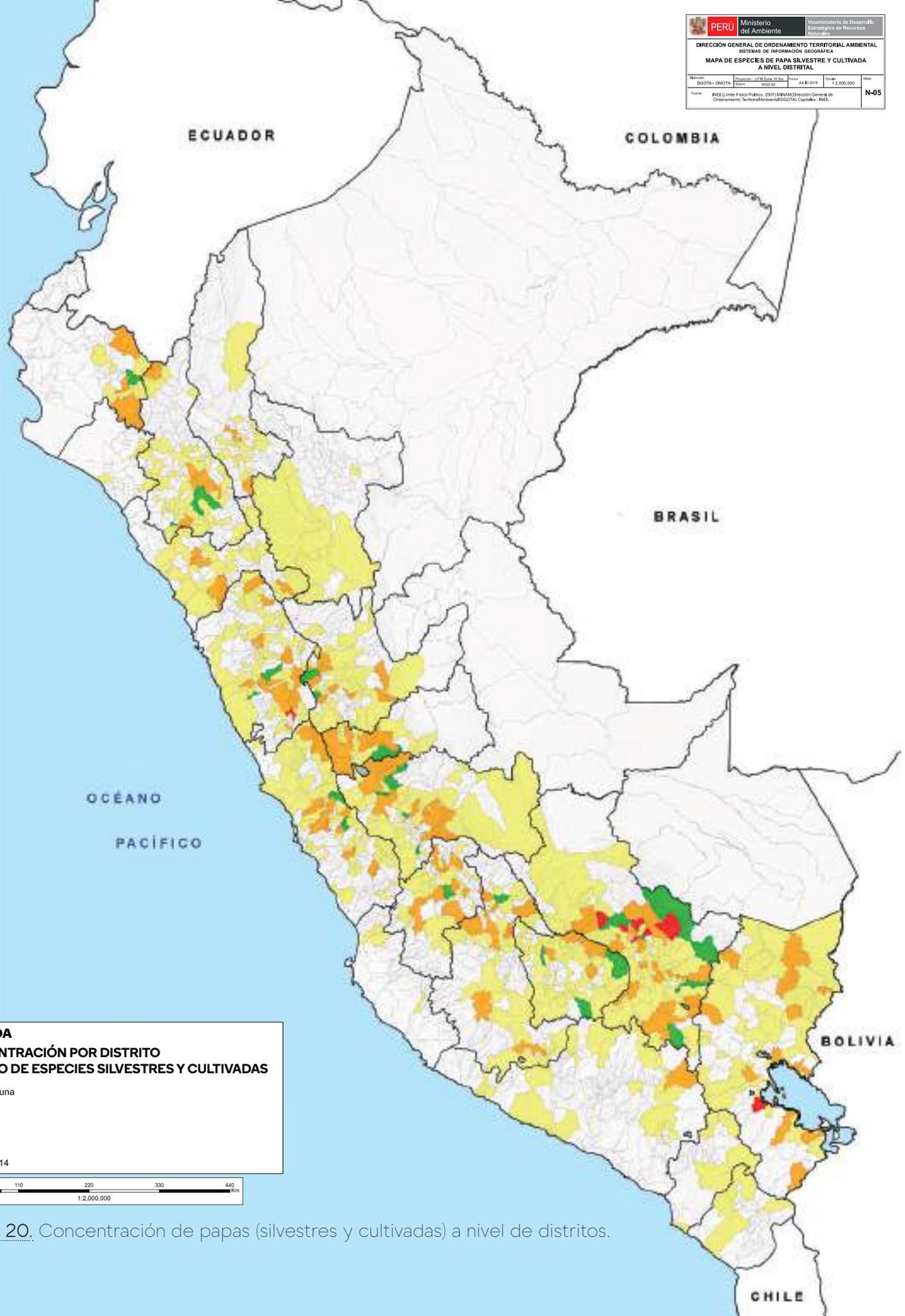


Figura 19. Concentración de papas (silvestres y cultivadas) a nivel de provincias.



**LEYENDA**  
**CONCENTRACIÓN POR DISTRITO**  
**NÚMERO DE ESPECIES SILVESTRES Y CULTIVADAS**

White square	Ninguna
Yellow square	1 - 3
Orange square	4 - 6
Green square	7 - 9
Red square	10 - 14



Figura 20. Concentración de papas (silvestres y cultivadas) a nivel de distritos.



## 3.2 Los agroecosistemas de las papas cultivadas

Un agroecosistema es un ecosistema modificado por el hombre para el desarrollo de una explotación agrícola, pecuaria, forestal o mezcla de las anteriores. Está compuesto por elementos abióticos y bióticos que interactúan entre sí de una manera particular. En un primer momento conlleva la partición de los hábitats naturales y luego el aislamiento por fragmentación, con una reducción de la diversidad biológica silvestre y un aumento del flujo auxiliar de materia y energía. Estos cambios medioambientales afectan en mayor o menor grado la sostenibilidad y resiliencia.

Para el caso de la papa cultivada, por ser el Perú centro de origen de este cultivo y megadiverso en general, se reconocen al menos 16 agroecosistemas tipo, que van desde el nivel del mar hasta altitudes por encima de los 3500 msnm (Cuadro 6). La altitud y el área de explotación

de la papa tienen una relación inversa con la diversidad genética y el enfoque de mercado. Las variedades nativas amarillas y pigmentadas moradas y rojas para el consumo fresco y hojuelas (*chips*), así como las variedades blancas y algunas nativas amarillas para hojuelas y tiras fritas (*french fries potatoes*), han logrado un mayor posicionamiento en los últimos años (Ordinola et al., 2009, Mercadeando, 2008).

El Valor Bruto de la Producción (VBP) de papa en 2016 fue el 10,6% del VBP del sub sector agrícola, solo superado por el del arroz (13,4%). El cultivo de papa, asimismo, es el sustento de más de 710 mil familias, según el INEI (2012), sobre todo en las zonas andinas del país. En 2016 generó aproximadamente 33,4 millones de jornales, lo que equivale al 4,0% del PBI agrícola nacional.

Según el MINAGRI (2017), la producción de papa en el Perú pasó de 1,36 a 4,5 millones de toneladas entre 1950 y 2016, con una tasa de crecimiento anual promedio de 1,8%. Pero en las dos últimas décadas (de 1997 a 2016), la producción se incrementó a una tasa de 3,4% anual, llegando en 2015 a un récord histórico de 4,72 millones de toneladas, como resultado de la expansión de la superficie cosechada, que creció a una tasa anual promedio de 1,2% y principalmente, de una mejora de los rendimientos por ha, que creció a una tasa anual promedio de 2,2% (Figura 21). Esta producción nos coloca entre los 15 países con mayor producción en el mundo, el primero en América Latina y el segundo en América, solo superado por los EEUU.

En cuanto al consumo per cápita anual, Proexpansión (2011) indica que en 1992 estaba en menos de 50 kg, y luego de altibajos, terminó el 2010 con 76 kg. Actualmente, el consumo per capita asciende a 89 kg y la expectativa del MINAGRI es llegar a 100 kg en 2021 (Gestión, 2016).

Con relación a la productividad del cultivo, actualmente ocupamos el puesto 122 de 150, con 14,8 t/ha, inferior en 26,0%

respecto del promedio mundial e inclusive menor que la de nuestros vecinos: 18,4 t/ha (Ecuador), 20,0 t/ha (Colombia), 21,7 t/ha (Chile) y 27,9 t/ha (Brasil) (MINAGRI, 2017). La productividad en los países europeos como (Francia, Alemania, Países Bajos) y EEUU supera las 45 t/ha.

La papa es muy sensible tanto al déficit como al exceso de agua, y aunque el primero puede contrarrestarse de diversas formas, las pérdidas que causa la deficiencia de agua son más comunes y notorias (Egúsqüiza & Catalán, 2011). En el sistema de producción en secano (predominante en el país) los cultivos de papa de mejor rendimiento son aquellos que reciben por lo menos 600 mm de precipitación (6000 m<sup>3</sup>/ha). Por otro lado, el MINAGRI (2012) señala que en la costa (región con aproximadamente 5% del área cultivada, pero con los mayores rendimientos en el país), el cultivo de la papa bajo riego por gravedad consume entre 12 000 y 14 000 m<sup>3</sup>/ha. Por lo tanto, el riego es uno de los principales factores para aumentar la productividad del cultivo (Canelo et al., 2017). Esto plantea un problema ante la creciente escasez de agua como resultado del cambio climático (MINAM, 2016a; Vereau et al., 2008).



según el MINAGRI (2017),  
LA PRODUCCIÓN DE PAPA EN  
EL PERÚ PASÓ DE 1,36 A 4,5  
MILLONES DE TONELADAS  
ENTRE 1950 Y 2016, CON UNA  
TASA DE CRECIMIENTO ANUAL  
PROMEDIO DE 1,8%

**Cuadro 6.** Agroecosistemas tipo de la papa cultivada en el Perú

n	Agro-ecosistema	Cultivo predominante	Componentes	Principales insumos	Factores críticos
1	Descanso sectorial en Laymes para papas amargas <sup>1</sup>	Papas amargas	Varietades amargas con rotación de pasturas naturales	Guano de corral (ovino) y de camélidos	Muy alta incidencia de granizadas y heladas
2	Descanso sectorial en Laymes para papas nativas <sup>1</sup>	Papas nativas	Mezclas de variedades de papas nativas, amargas o harinosas con rotación de cebada y pastos naturales	Guano de corral (ovino) y de camélidos	Alta incidencia de granizadas y heladas
3	Cultivos mixtos de papas nativas no comerciales, o siembra en Charkjo <sup>1,2</sup>	Papas nativas	Mezclas de variedades de papas nativas, amargas o harinosas con rotación de cebada, trigo, avena, maca, oca, mashua, olluco y pastos naturales	Guano de corral (ovino) y de camélidos. Ocasionalmente fertilizantes químicos	Alta incidencia de granizadas y heladas
4	Cultivos mixtos de papas nativas harinosas <sup>1</sup>	Papas nativas harinosas	Mezclas de variedades harinosas de papas nativas y/o variedades modernas comúnmente con rotación de cebada, trigo, avena, quinua, tarwi, haba, oca, mashua y olluco	Guano (ovino, gallinaza), fertilizantes químicos y agroquímicos	Moderada incidencia de heladas, granizadas y ranchar
5	Cultivos mixtos de papas modernas <sup>1</sup>	Papas modernas	Varietades modernas y/o variedades harinosas comerciales de papa nativa comúnmente con rotación de cebada, trigo, quinua, haba, tarwi y/o pastos cultivados	Fertilizantes químicos y pesticidas	Moderada incidencia de ranchar
6	Cultivos mixtos de papas modernas <sup>1,2</sup>	Papas modernas	Maíz y variedades mejoradas de papa con rotación de cultivos diversos: trigo, haba, tarwi, arveja y/o pastos cultivados	Fertilizantes químicos y pesticidas	Alta incidencia de ranchar
7	Aisha <sup>6</sup>	Papa	Cultivos en rotación de 7 a 15 años	Fertilizantes químicos y pesticidas	No presencia de heladas. Moderada incidencia de ranchar, alta incidencia de gorgojo
8	Mezcla de papa en turnos <sup>1</sup>	Papas nativas	Cultivos de borde	Guano de corral (ovino, gallinaza), de conejo, vacuno y/o camélidos. Agroquímicos	Alta incidencia de heladas durante el día y la noche. Moderada incidencia de ranchar
9	Siembras de variedades individuales <sup>3,4,5</sup>	Papas nativas comerciales	Malezas, plantas huachas	Guano de corral (ovino, gallinaza), de conejo, vacuno y/o camélidos. Agroquímicos	Alta incidencia de heladas durante el día y la noche. Moderada incidencia de ranchar
10	Waru-Waru, sukaqollos o camellones <sup>3</sup>	Papa	Papa, quinua, oca y cebada, y para el pastoreo de ganado	Fertilizantes químicos y pesticidas	Moderada incidencia de ranchar y otras enfermedades
11	Parte alta de andenes <sup>3</sup>	Papas amargas	Pastos naturales, ichu	Guano de corral (ovino y otros)	Baja incidencia de ranchar
12	Andenes en manda <sup>3</sup>	Papa	Papa, oca, olluco	Guano de corral (ovino y otros)	Baja incidencia de ranchar
13	Qochas <sup>3,4</sup>	Papa	Papa, quinua, oca y cebada, y para el pastoreo	Guano de corral	Moderada incidencia de ranchar
14	Papa de San Marcos <sup>5</sup>	Papa	Papa, cebada, oca, olluco	Guano de corral y agroquímicos	Moderada incidencia de ranchar, alta incidencia de gorgojo. Contaminación de ambientes
15	Policultivo del norte <sup>5</sup>	Papa	Papa, tuna, maíz, frijol, oca, olluco, trigo, cebada, alfalfa, pastos	Guano de corral y agroquímicos	Moderada incidencia de ranchar, alta incidencia de gorgojo
16	Monocultivo de papa <sup>5</sup>	Papa	Papa, algodón, maíz	Fertilizantes químicos y pesticidas	Moderada incidencia de ranchar

Fuente: <sup>1</sup>CIP y FDCC, 2006; <sup>2</sup>IIAP, 2006; <sup>3</sup>Zúñiga, 2012; <sup>4</sup>Cahuana & Arcos, 2004; <sup>5</sup>MINAGRI, s/n; <sup>6</sup>Brunschwig, 1986.

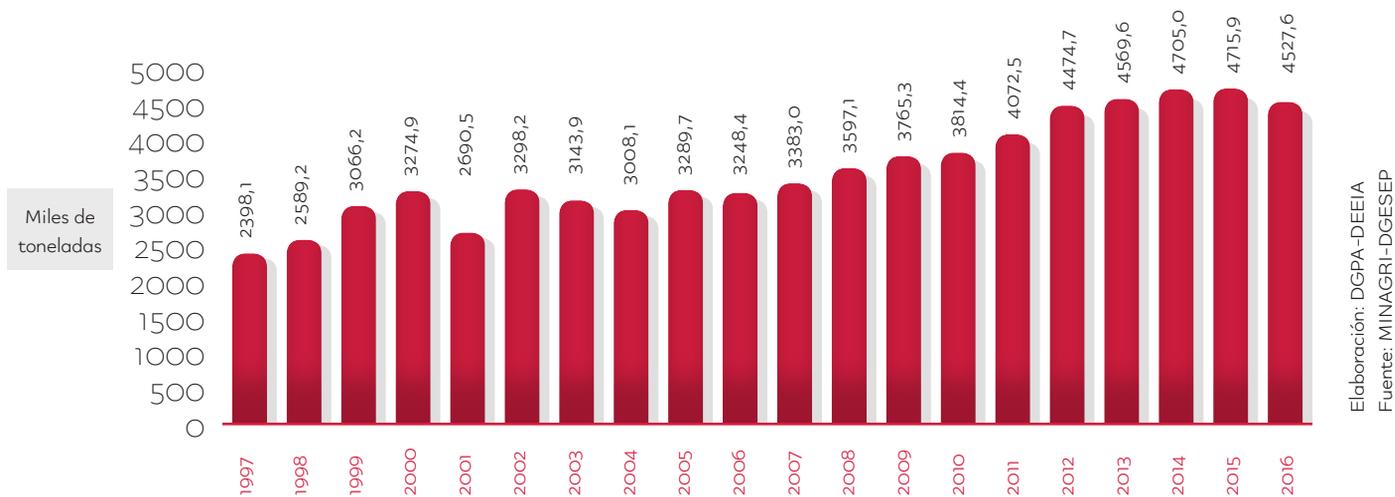


Figura 21. Producción histórica anual de papa de 1997 a 2016 (MINAGRI, 2017).

Si bien en el país se produce este tubérculo todo el año, existe una marcada concentración en los meses de abril y mayo, periodo en el que se cosecha un poco más del 40% de la producción nacional. Esta producción, así como la de los meses previos, corresponde a las áreas cultivadas en la sierra bajo lluvia. La producción disminuye en el segundo semestre y corresponde, principalmente, a áreas bajo riego de valles costeros de Lima, Ica y Arequipa, así como también a los valles interandinos de algunas partes de la sierra (Figura 22).

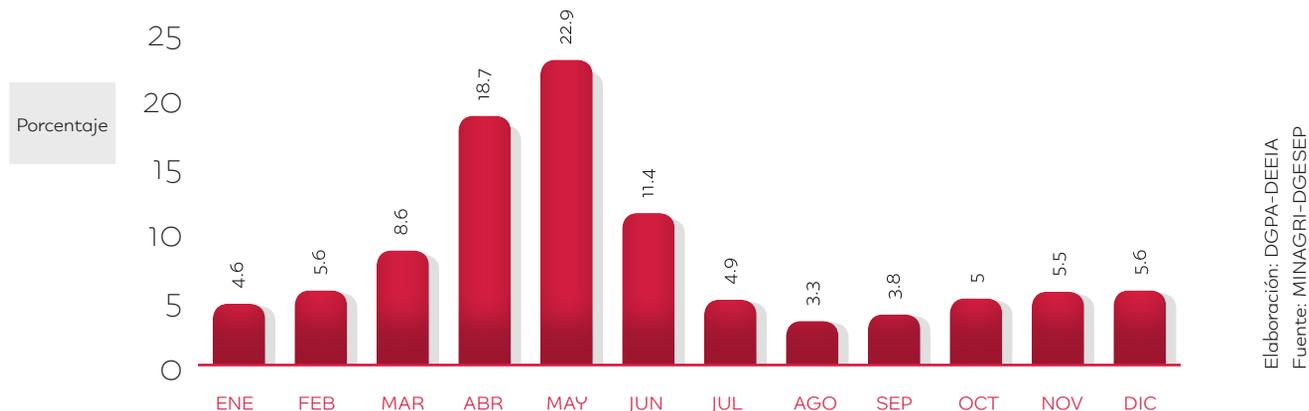


Figura 22. Estacionalidad de la producción anual de papa de 2012 – 2016 (MINAGRI, 2017).

Por otro lado, los mayores problemas ambientales en los agroecosistemas de papa se deben al incremento del uso de plaguicidas, especialmente, fungicidas para el control de la rancha (*Phytophthora infestans*) e insecticidas para el gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.), polillas de la papa (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*), pulguilla (*Epitrix* spp.) y nemátodos de diversas especies (Gomero & Lizárraga, 2000).

La capacitación, principalmente en manejo de plagas y enfermedades, la percepción de que el acceso al mercado es un problema para la producción de papas y la percepción de que es beneficioso para el agricultor producir papas, son factores significativos en la decisión de los agricultores de adoptar variedades de papa, desarrolladas con participación del CIP y socios nacionales (Pradel et al., 2017). Estos factores pueden ser abordados con adecuadas políticas públicas para mejorar la extensión agrícola y las condiciones para un mejor acceso a los mercados, unidos a mejores mecanismos de información de precios por variedades.

### 3.3 Los ecosistemas de las papas silvestres

Por ecosistema se entiende un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional. Las papas silvestres se distribuyen en 16 países de América entre 38° de latitud Norte y 41° de latitud Sur, donde Argentina, Bolivia, México y Perú concentran el 88% de las especies. La mayoría de ellas son raras y endémicas. El Perú tiene el mayor número de especies (93), seguido de Bolivia (39). La alta riqueza de especies ocurre entre 8° y 20° de latitud Sur y alrededor de 20° latitud Norte (norte de Argentina, centro de Bolivia, centro de Ecuador, centro

de México y, especialmente, el sur y norte-centro de Perú). Típicamente, las papas silvestres se encuentran entre 2000 y 4000 msnm (Hijmans & Spooner, 2001).

En el Perú, las papas silvestres se encuentran en los ecosistemas montañosos que se caracterizan por poseer una gran diversidad de espacios (micro-hábitats), donde se manifiesta una gran diversidad de formas de vida. Se presenta en el cuadro 7 los diferentes ecosistemas que albergan las papas silvestres.



**Cuadro 7.** Ecosistemas donde se encuentran especies de papa silvestre en Perú (Ochoa, 1999).

Región	Subregión	Características	Condiciones físicas	Componentes vegetales	Especies de papa silvestre más representativas
Costa o Chala		Faja desértica desde el nivel del mar hasta los 500 msnm, con algunos ríos de flujo irregular, por lo que cuenta con escasa vegetación. Con ocurrencia de un fenómeno de nieblas estacionales que da origen a 70 lomas costeras.	Precipitación promedio de 80 mm, temperatura promedio de 18 °C en la costa sur y 19 °C en costa central.	Grama salada ( <i>Distichis spicata</i> ) en el litoral, carrizo ( <i>Arundo donax</i> ), algarrobo, huarango ( <i>Prosopis pallida</i> ), faique, espino ( <i>Acacia macracantha</i> ), y algunas cactáceas ( <i>Opuntia</i> , <i>Mila</i> , <i>Haageocereus</i> , <i>Islaya</i> ).	<i>S. chancayense</i> y <i>S. x neweberbaueri</i>
Yunga	Yunga marítima	Valles de desierto entre relieves de 500 a 2300 msnm de altura, que bajan hasta el Pacífico desde los declives occidentales de la cordillera andina.	Precipitación estacional (enero a marzo) más frecuente (400-1000 mm) con temperaturas promedio de 20 °C a 27 °C durante el día, con ligera variación durante la noche	Algunas plantas con presencia de órganos de reserva tipo bulbos como gladiolos ( <i>Iris</i> ) y en zonas de lomas como el amancaes ( <i>Hymenocallis</i> ) "molle" ( <i>Schinus molle</i> ), cabuya blanca ( <i>Furcraea occidentalis</i> ), frutales nativos como guayabo ( <i>Psidium guayaba</i> ), lúcumo ( <i>Pouteria lucuma</i> ), guanábana ( <i>Annona muricata</i> ) y la ciruela de fraile ( <i>Bunchosia armeniaca</i> ).	<i>S. immite</i> y <i>S. wittmacki</i> .
	Yunga fluvial	Valles entre relieves de 500 a 2300 msnm, que bajan a los que descienden hacia el Atlántico.			
Sierra		Usualmente se encuentra entre 3500 y 4500 msnm	Temperatura promedio 14 °C, precipitación mucho más alta que en la costa entre los meses de octubre y noviembre de 550 a 650 mm, y una humedad relativa de 78%.		
Quechua		Situada sobre ambas vertientes de los Andes, occidental y oriental, entre 2300 y 3500 msnm. Representada por valles y cumbres que son sus divisorias fluviales del Pacífico y el Atlántico. Con una vegetación variada.	Clima templado con notables variaciones de temperatura entre el día y la noche. Precipitación abundante durante le verano y escasa o casi nula durante el periodo seco de la estación invernal, que tiene mayor duración.	"Aliso" ( <i>Alnus acuminata</i> ), "Quishuar" ( <i>Buddleja incana</i> ), "chachacomo", "chacha", "tasta" ( <i>Escallonia resinosa</i> ), papaya ( <i>Carica</i> sp.), "granadilla" ( <i>Passiflora ligularis</i> ), tomate de árbol ( <i>Cyphomandra betacea</i> ), caigua ( <i>Cyclanthera pedata</i> ), "chayote", "calabacilla" ( <i>Sechium edule</i> ), calabazas ( <i>Curcubita</i> sp.), tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> ) y sobre todo maíz ( <i>Zea mays</i> ), raíces y tubérculos comestibles: arracacha ( <i>Arracacia xanthorrhiza</i> ), yacón ( <i>Smallanthus sonchifolius</i> ) y en altitudes superiores principalmente la papa ( <i>Solanum tuberosum</i> ).	Variedad de <i>Solanum</i> tuberíferos

Región	Subregión	Características	Condiciones físicas	Componentes vegetales	Especies de papa silvestre más representativas
Suni o Jalca		Situada también en ambas vertientes andinas, entre los 3500 y 4100 msnm. Varía desde valles angostos y vertientes muy escarpadas hasta relieves suaves o poco ondulados y casi planos, como la meseta altiplánica, pajonales, etc.	Atmósfera clara, fría y seca con marcadas diferencias entre las temperaturas del día y la noche. La temperatura media anual varía entre 7 °C y 10 °C, la máxima hasta 20 °C, en los meses invernales (mayo-agosto) y la mínima hasta 1 °C.	Varias especies de plantas herbáceas entre gramíneas y gramínoideas, papas silvestres con resistencia a bajas temperaturas, arbustos como el "manca paqui" ( <i>Mutisia acuminata</i> ), taya ( <i>Baccharis</i> sp.) y la cantuta o qantu ( <i>Cantua buxifolia</i> ), árboles como la queñua ( <i>Polylepis racemosa</i> , <i>P. incana</i> ). Cultivos andinos como el tarwi ( <i>Lupinus mutabilis</i> ), la quinua ( <i>Chenopodium quinoa</i> ), kañiwa ( <i>C. pallidicaule</i> ). Especies tuberosas como la oca ( <i>Oxalis tuberosa</i> ), olluco ( <i>Ullucus tuberosus</i> ), la mashua o isaño ( <i>Tropaeolum tuberosum</i> ) y, especies cultivadas de papa ( <i>Solanum stenolobum</i> , <i>S. goniocalyx</i> , entre otras).	<i>S. acaule</i> , <i>S. bukasovii</i> , <i>S. albicans</i> .
Puna		Situada entre 4100 y 4800 msnm.	Clima frío, con temperaturas diurnas y nocturnas extremas: sobre cero durante el día y bajo cero durante la noche. Temperatura media superior a 0 °C, con la máxima de 15 °C a 22 °C entre setiembre y abril, y la mínima de -9 °C a -25 °C entre mayo y agosto.		<i>S. acaule</i> , <i>S. bukasovii</i> .
Ceja de selva		Situada en los niveles orientales de la Cordillera de los Andes entre los 1500 y 3600 msnm.	Clima tropical húmedo. La precipitación sobrepasa los 2000 mm entre agosto y abril, siendo escasa el resto del año. Humedad relativa máxima de 90% y temperatura media máxima de 21,5 °C	Bosques arbóreos esparcidos y densos. También habitan especies tuberíferas silvestres.	<i>S. santolallae</i> y <i>S. urubambense</i> .
Selva alta		Llamada también ceja de montaña.		Vegetación abundante y variada. En las altitudes más bajas (1000 a 1500 msnm) puede encontrarse una papa cultivada.	<i>S. hygrothermicum</i> .



4

Organismos y  
microorganismos  
relacionados con el  
cultivo de la papa





La papa, como parte del agroecosistema, interactúa con otros organismos y el medio físico. En ese contexto, su centro de origen y de diversidad biológica también lo es de aquellos organismos y microorganismos relacionados, que tienen en la papa una aliada para completar su ciclo de desarrollo. Pero cuando esta interacción afecta la sobrevivencia de las poblaciones naturales de las especies silvestres o la producción o calidad de los campos cultivados, estos organismos y microorganismos se convierten en blanco (objetivo) de tecnologías de prevención, control o manejo integrado, a riesgo de alteraciones y/o perjuicios económico-ambientales significativos. Estas medidas pueden ser complejas en ciertos agroecosistemas y mercados de destino, pues adicionalmente a los componentes biológicos y físicos también involucran a los seres humanos (agricultores y otros) y, por ende, insumos que pueden tener un importante impacto ambiental y en la salud humana. Ciertos organismos introducidos (*i.e.*, no nativos), que interactúan con la papa (plagas, patógenos y malezas) pueden hacer aún más complejo su manejo y control.

Los organismos y microorganismos blanco se refieren a las especies a las cuales están dirigidos los métodos de manejo, control o modificaciones genéticas (OVM), mientras que aquellas especies para las cuales no están dirigidos los métodos de control, se denominan no blanco.

Las plantas genéticamente modificadas (OVM), la mayoría de las cuales portan genes de interés para resistencia o tolerancia a ciertas plagas y patógenos, podrían tener un efecto potencialmente adverso al agroecosistema en lo relativo al flujo de genes, y a los organismos y microorganismos no blanco de la planta y del suelo, como polinizadores, organismos benéficos, descomponedores y plagas emergentes.

Entre las plantas genéticamente modificadas de papa que cuentan con autorización en ciertos países para liberación al ambiente (restringida o comercial) se encuentran principalmente aquellas para el control del escarabajo del colorado (*Leptinotarsa decemlineata*), la racha o tizón tardío (*Phytophthora infestans*), la virosis (PVY, PLRV) y las malezas. Adicionalmente, existen papas que no se oxidan y producen menos precursores de la acrilamida (Simplot Plant Science, 2017).

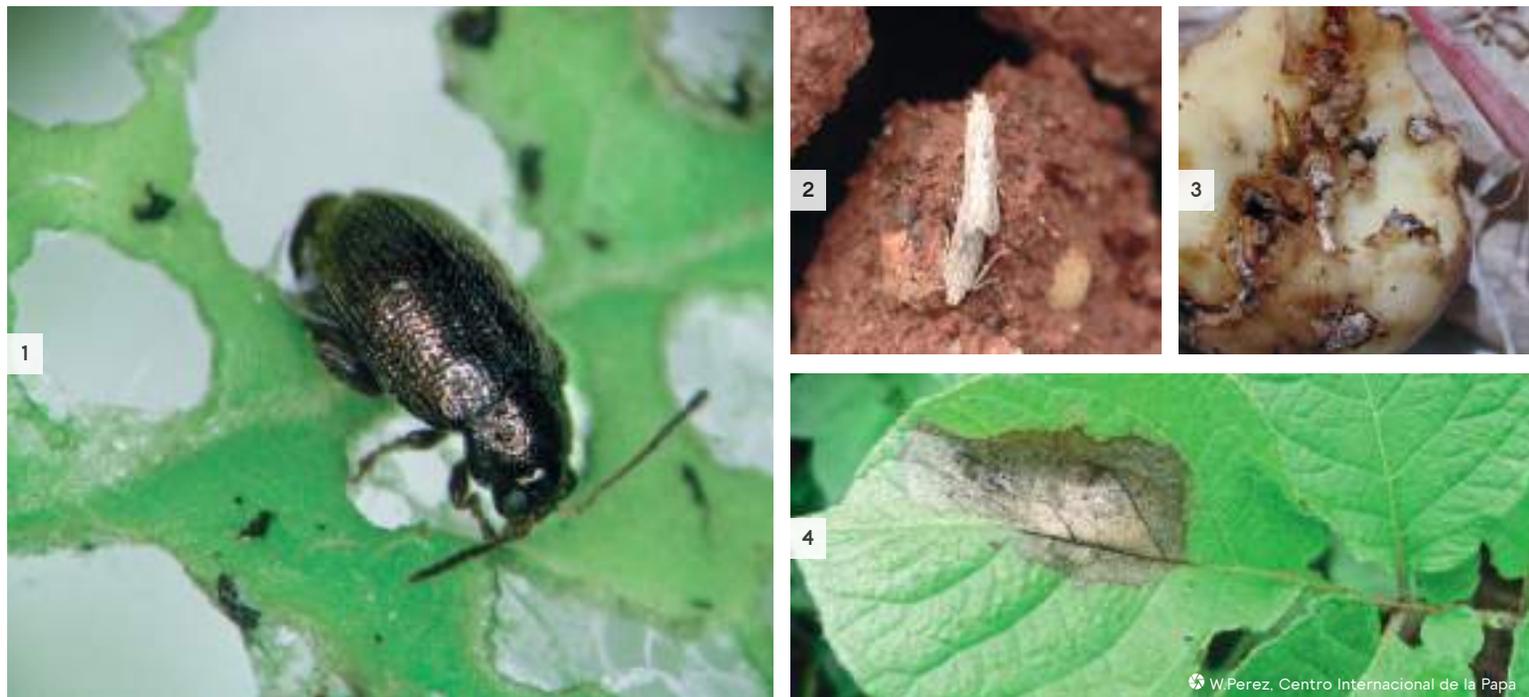
## 4.1 Organismos y microorganismos blanco

Los organismos blanco son aquellas especies que afectan directamente a la cosecha (a los tubérculos) o indirectamente, sea atacando hojas, tallos o raíces, comprometiendo sus respectivas funciones y el proceso de síntesis-absorción-acumulación de reservas.

Aunque el número de organismos blanco para los que se han realizado modificaciones genéticas en papas es de aproximadamente 4, más un número no determinado de malezas susceptibles a glifosato<sup>3</sup>, el número de organismos dañinos al cultivo supera los 80, tanto de plagas como patógenos, y en menor cantidad las malezas (Cuadro 8). No obstante, sólo unos pocos llegan a tener importancia económica, según su naturaleza y condiciones para su establecimiento o diseminación.

Para el caso peruano, los organismos que podrían ser objeto de modificaciones genéticas a la papa con fines de control son el gorgojo de los Andes (*Premnotrypes* spp.), polillas de la papa (*Phthorimaea operculella* y *Symmetrischema tangolias*), mosca minadora (*Lirionyza huidobrensis*), rancho (*Phytophthora infestans*), alternariosis (*Alternaria solani*), PLRV, PVX, PVY, entre otros, considerados como los principales factores bióticos limitantes del cultivo de la papa.

Los microorganismos blanco son aquellos que son objeto de prácticas de control (pudiendo ser OVM). Dentro de este grupo tenemos a los patógenos de diferentes grupos (enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus).



1. *Epitrix yanazara* | 2. *Phthorimaea operculella* (adulto) | 3. *P. operculella* (pupa) | 4. *Phytophthora infestans*

<sup>3</sup> Herbicida de amplio espectro.

## 4.1 Organismos y microorganismos no blanco

Con relación a los organismos no blanco, se encuentran los fitófagos (no sujetos a control por parte de los OVM), la fauna benéfica en general (parasitoides, predadores y polinizadores) y los organismos descomponedores, los cuales no participan en el ciclo de vida de la papa pero sí como parte importante y funcional del agroecosistema.

Los polinizadores representan un grupo funcional de mucha importancia en la diversidad de la papa. Casi todos los cultivares comerciales tienen una limitada capacidad de florecer porque se propagan vegetativamente, además de que los mejoradores no seleccionan las características que hacen que las flores atraigan a los polinizadores. Sin embargo, la polinización natural sigue siendo importante para sustentar la diversidad de las especies cultivadas de papa con un gran número de cultivares nativos que son creados y recreados por los agricultores y se adaptan a las condiciones del entorno local. La existencia de diversos sistemas agrícolas en pequeña escala en los Andes (aynocas, chacros, etc.) que contienen una variedad de especies florecientes que atraen a los polinizadores (como abejas y abejorros), contribuyen a la polinización cruzada de las flores de la papa y, de esta manera, incrementan la producción de semillas que sustentan la diversidad de la papa en el tiempo (FAO, 2008).

Los microorganismos no blanco son aquellos que, estando en el agroecosistema de papa, no interfieren negativamente con la planta, pero pueden ejercer un efecto positivo, como es el caso de los entomopatógenos y los antagonistas.

La riqueza y abundancia de los microorganismos de suelo está en función de la diversidad de los cultivos y del manejo de sus agroecosistemas. En estudios realizados con la rizósfera del cultivo de papa en diferentes regiones altoandinas, la población de bacterias totales siempre fue mayor que la población de hongos. La presencia de bacterias está influenciada por el pH, así como la influencia de los exudados de la planta.

De los microorganismos de suelo, son las bacterias (incluidos los actinomicetos) los más abundantes ( $10^6$  y  $10^8$  ufc células/gramo de suelo), los que representan el 5% del total de materia orgánica seca presente en el suelo (Calvo et al., 2008). Los hongos son los que tienen la biomasa más significativa a nivel de los microorganismos de suelo, debido principalmente a su mayor tamaño, a pesar de su menor abundancia (Alexander, 1994; Tate, 1995). Estos representan de 10% a 20% de la microbiota total (aprox.  $10^5$  a  $10^6$  ufc u organismos/gramo de suelo).

Las bacterias necesitan de nutrientes como son los exudados de las plantas, porque ante su ausencia no son capaces de utilizar la materia orgánica como fuente de energía, siendo esta utilizada solo por hongos. La mayor concentración de bacterias por gramo de suelo se encuentra alrededor de las raíces (Lynch, 1990). El suelo está influenciado tanto por los factores bióticos como abióticos. La dinámica de poblaciones en la rizósfera es un aspecto muy complejo que es necesario tomar en cuenta, y que involucra a numerosos factores que actúan en conjunto para el beneficio de ciertas poblaciones microbianas. Además, los exudados de las raíces juegan un rol muy importante e influyen en la dinámica de poblaciones de la rizósfera (Calvo et al., 2008). Por otro lado, las poblaciones de *Bacillus* spp. se ven afectadas y disminuyen con la fertilización química, pero se encuentran más adaptadas y con mayores posibilidades de sobrevivir, debido a su capacidad de formar esporas (Claus & Berkeley, 1986). Tanto las bacterias del género *Bacillus* como *Pseudomonas fluorescens* son consideradas las más eficaces para controlar las enfermedades foliares y radiculares, por lo que su presencia es importante para mantener el equilibrio entre los microorganismos de la papa.

Las medidas de control por medio de OVM pueden tener tres efectos (Franco et al., 2013):

- reducción intencional del organismo blanco;
- efectos tróficos inevitables debido a la ausencia del organismo blanco; y
- efectos no intencionales sobre la fauna de artrópodos y otros organismos en los cultivos agrícolas y su medio ambiente.



1. Predadores | 2. Detritívoros | 3. Polinizadores | 4. Detritívoros | 5. Parasitoides | 6. Parasitoides

**Cuadro 8.** Organismos relacionados con el cultivo de la papa según grupo funcional: Fitófagos, parasitoides, predadores y polinizadores (Franco, 2013; Kroschel & Cañedo, 2009; Kroschel, et al., 2012; Sánchez, et al., 1986).

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico		
<b>FITÓFAGOS</b>						
<b>Insecta</b>	Coleoptera	Chrysomelidae	Escarabajos de la hoja	<i>Diabrotica decolor</i> (Erichson) <i>Diabrotica decempunctata</i> Latreille <i>Diabrotica speciosa</i> Germar <i>Diabrotica viridula</i> Fabricius <i>Calligrapha curvilinea</i> Stål <i>Cerotoma facialis</i> Erichson		
			Pulguilla o piqui piqui	<i>Epitrix yanazara</i> Bechyne <i>Epitrix subcrinita</i> J.L.Le Conte <i>Epitrix parvula</i> Fabricius <i>Phyllotreta</i> sp.		
		Curculionidae	Gorgojo de los Andes, gusano blanco	<i>Premnotrypes suturicallus</i> Kuschel <i>Premnotrypes vorax</i> (Hustache) <i>Premnotrypes latithorax</i> (Pierce) <i>Premnotrypes solaniperda</i> Kuschel <i>Premnotrypes fractirostris</i> Marshall <i>Premnotrypes pusillus</i> Kuschel <i>Amitrus alutaceus</i> Schoenherr <i>Adioristus</i> sp. <i>Cylidrorhinus</i> spp.		
				Tenebrionidae	<i>Pilobalia decorata</i> (Blanchard)	
				Meloidae	<i>Epicauta latitarsis</i> Haag-Rutenberg <i>Epicauta willei</i> Denier	
		Diptera	Agromyzidae	Mosca minadora	<i>Liriomyza huidobrensis</i> (Blanchard) <i>Liriomyza braziliensis</i> Frost <i>Liriomyza quadrata</i> Malloch <i>Phytoliriomyza papae</i> Spencer	
			Aleyrodidae	Mosca blanca	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	
		Hemiptera	Aphididae	Pulgones	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer) <i>Macrosiphum euphorbiae</i> (Thomas) <i>Aphis gossypii</i> Glover <i>Aulacorthun solani</i> (Kaltenbach)	
					Cicadellidae	Cigarritas
	Coreidae				Chinche	<i>Vilga peruviana</i> Dolling
	Psyllidae		Sílicos	<i>Russelliana solanicola</i> Tuthill		
	Formicidae		Hormigas	<i>Iridomyrmex</i> sp		
	Hymenoptera	Pergidae	Gusano esqueletizador de la papa	<i>Tequus</i> sp		
	Lepidoptera	Gelchiidae	Polilla de la papa	<i>Phthorimaea operculella</i> (Zeller) <i>Symmetrischema tangolias</i> (Gyen) <i>Tuta absoluta</i> (Meyrick)		
		Noctuidae	Gusanos de tierra	<i>Copitarsia incommoda</i> (Walker) <i>Agrotis ypsilon</i> (Hufnagel) <i>Feltia experta</i> Walker		
Thysanoptera	Thripidae	Trips	<i>Thrips tabaci</i> Lindeman <i>Frankliniella tuberosi</i> Moulton			
<b>Arachnida</b>	Prostigmata	Tetranychidae	ácaro	<i>Tetranychus urticae</i> Koch		

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
<b>PARASITOIDES</b>				
<b>Insecta</b>	Hymenoptera	Ichneumonidae		<i>Thymebatis</i> spp. <i>Enicospilus</i> sp. <i>Deleboea</i> sp.
		Braconidae		<i>Dolichogenidea gelechiidivoris</i> (Marsh) <i>Apanteles subandinus</i> (Blanchard) <i>Meteorus</i> sp. <i>Aphidius</i> spp.
		Figitidae		<i>Ganaspidium</i> sp.
		Encyrtidae		<i>Copidosoma koheleri</i> (Blanchard)
	Eulophidae		<i>Chrysocharis caribea</i> Boucek <i>Chrysocharis brethesi</i> Schauff & Salvo <i>Chrysocharis flacilla</i> Walker <i>Closterocerus</i> spp. <i>Diglyphus begini</i> (Ashmead) <i>Diglyphus websteri</i> (Crawford) <i>Zagrammosoma</i> sp	
	Pteromalidae		<i>Halticoptera arduine</i> Walker	
	Diptera	Tachinidae		<i>Prosopochaeta anomala</i> Aldrich <i>Incamiya cuzcensis</i> Townsend <i>Incamiya</i> sp. <i>Eucelatoria</i> sp. cercana <i>Phasmonfrontina</i> sp. <i>Peleteria</i> sp. <i>Trichophoropsis</i> sp. <i>Phytomytera</i> sp.
<b>PREDADORES</b>				
<b>Insecta</b>	Coleoptera	Carabidae	Cuysitus	<i>Notiobia (Anisotarsus) peruviana</i> (Dej.) <i>Notiobia (Anisotarsus)</i> sp. <i>Notiobia schnusei</i> (Van Emden) <i>Notiobia laevis bolivianus</i> (Van Emdem) <i>Incagonum</i> sp. (near <i>chilense</i> ) <i>Pelmatellus columbianus</i> (Reiche) <i>Pelmatellus</i> sp. <i>Blennidus</i> spp. <i>Metius</i> spp.
		Coccinellidae	Mariquitas	<i>Cycloneda sanguinea</i> (L.) <i>Hippodamia convergens</i> (Guérin-Méneville) <i>Coleomegilla maculata</i> (De Geer) <i>Eriopsis connexa</i> (Germar) <i>Eriopsis connexa connexa</i> Mulsant <i>Neda patula</i> Erichson
	Diptera	Staphylinidae		<i>Oligota</i> sp.
		Syrphidae	Sirfidos	<i>Platycheirus saltana</i> (Enderlein) <i>Scaeva prob. punctata</i> Shannon <i>Syrphus similis</i> Blanchard <i>Toxomerus</i> sp.
		Hemiptera	Nabidae	Chinche predador
	Lygaeidae		Chinche	<i>Geocoris punctipes</i> (Say)
	Hymenoptera	Pompilidae	Avispa	<i>Anoplius peruviana</i> Banks <i>Arachnospila titicacaensis</i> (Strand) <i>Pepsis</i> sp.
		Vespidae	Avispa	<i>Polistes maranonensis</i> Willink
		Chrysopidae	Crisopa	<i>Chrysoperla externa</i> (Hagen)
	Neuroptera	Hemerobiidae		<i>Hemerobius bolivari</i> Banks <i>Hemerobius tolimensis</i> Banks

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
<b>POLINIZADORES</b>				
Insecta	Hymenoptera	Apidae	Abejas, abejorros	<i>Apis mellifera</i> L. <i>Bombus atratus</i> Franklin <i>Bombus baeri</i> Vachal <i>Bombus funebris</i> Smith <i>Bombus opifex</i> Smith <i>Bombus transversalis</i> (Olivier) <i>Eulaema polychroma</i> (Mocsáry) <i>Trigona chanchomayoensis</i> Schwarz <i>Trigona recursa</i> Smith <i>Xylocopa</i> sp.
<b>FITOPATÓGENOS</b>				
Secernentea (nematodos)	Tylenchida	Heteroderidae	Nematodo del quiste de la papa	<i>Globodera pallida</i> (Stone) <i>Globodera rostochiensis</i> (Wollenweber) Skarbilovich
		Pratylenchidae	Nematodo del rosario de la papa	<i>Nacobbus aberrans</i> (Thorne)
	Rhabditida	Meloidogynidae		<i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid & White)
	Tylenchida	Pratylenchidae		<i>Pratylenchus</i> spp.



1. Gorgojo de los Andes (*Premnotrypes suturicallus*) | 2. Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*)

**Cuadro 9.** Microorganismos relacionados con el cultivo de la papa según tipo: Hongos, bacterias y virus (Pérez & Forbes, 2011).

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
<b>HONGOS</b>				
Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	Alternariosis, tizón temprano, mancha negra o rancha negra	<i>Alternaria solani</i> Sorauer <i>Alternaria</i> spp.
Sordariomycetes	Hypocreales	Nectriaceae	Pudrición seca	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc. <i>Fusarium roseum</i> (Link) Link <i>Fusarium</i> spp.
Agaricomycetes	Cantharellales	Ceratobasidiaceae	Rizoctoniasis	<i>Rhizoctonia solani</i> J.G. Kühn
Phytophycea	Plasmodiophorida	Plasmodiophoridae	Roña o Sarna pulverulenta	<i>Spongospora subterranea</i> (Wallr.) Lagerh.
Chytridiomycetes	Synchytriales	Synchytriaceae	Verruga o Roña negra	<i>Synchytrium endobioticum</i> (Schilb.) Percival
Ustilaginomycetes	Urocystales	Glomosporiaceae	Carbón de la papa	<i>Thecaphora solani</i> (Thurum. & M.J. O'Brien) Vánky
<b>OOMYCOTA</b>				
Peronospora	Peronosporales	Peronosporaceae	Rancho o tizón tardío	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary
<b>BACTERIAS</b>				
Betaproteobacteria	Burkholderiales	Burkholderiaceae	Marchitez bacteriana	<i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith) Yabuuchi et al.
Actinobacteria	Actinomycetales	Streptomycetaceae	Sarna común	<i>Streptomyces scabiei</i> <i>Pectobacterium carotovorum</i> (Jones) Waldee
Gammaproteobacteria	Enterobacteriales	Enterobacteriaceae	Pudrición blanda y pierna negra	<i>Pectobacterium atrosepticum</i> Gardan et al. (sin. <i>Erwinia carotovora</i> y <i>E. carotovora</i> subsp. <i>atroseptica</i> )
<b>VIRUS</b>				
	Tymovirales	Tymoviridae	Virus latente de la papa andina	APLV
	Picornavirales	Secoviridae	Virus del moteado de la papa andina	APMV
		Luteoviridae	Virus del enrollamiento de la hoja de papa	PLRV
		Flexiviridae	Virus del mosaico rugoso de la papa	PVK
		Potyviridae	Virus del mosaico severo de la papa	PVY

Para una evaluación de riesgos por OVM, se debe de tener en cuenta en el caso de los organismos y microorganismos no blanco lo siguiente:

- Los aspectos ecosistémicos (cuáles son los servicios ambientales que puedan ofrecer).
- Ampliar la línea base de su conocimiento en los países megadiversos como en el Perú.
- Determinar el rol que cumple el paisaje con relación a la estructura de la comunidad de artrópodos.
- Determinar las especies indicadoras, involucrando la ruta de exposición, interacciones y posibles efectos en cadena.
- Manejo de plagas emergentes.
- Necesidad de evaluar nuevas estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP).



5

Propuesta para  
la gestión de la  
diversidad genética  
de la papa





El Perú es el centro más importante de domesticación de la papa, sin embargo, su expansión global ha generado una serie de problemas agronómicos en su manejo relacionados con la sanidad, la adaptación a nuevas condiciones de vida y la mejora de su productividad, las cuales requieren de un suministro constante de nuevos cultivares, tanto para los diferentes agroecosistemas andinos como para otras regiones del planeta.

En el mundo se cultiva una sola especie de papa: *Solanum tuberosum*, mientras que en el Perú se cultivan siete especies de *Solanum* con cuatro subespecies. Además, se cuenta con 225 especies silvestres documentadas.

De acuerdo a los tratados taxonómicos de la papa y sus parientes silvestres Hawkes (1990) clasificó las papas en

21 series, que contenían 228 especies silvestres y 7 especies cultivadas. Posteriormente Spooner & Hijmans (2001) redujeron el número a 196, y últimamente Spooner et al. (2014) y Spooner (2016), utilizando morfología, ecología y genómica, han identificado 107 especies silvestres y 4 especies cultivadas, divididas en cuatro clados y no en series.

Cabe mencionar que las especies de papa han sido caracterizadas por varias décadas, en numerosos estudios y evaluaciones, usando las clasificaciones clásicas, especialmente las propuestas por Hawkes y Ochoa. Esto ha generado que se produzcan datos sobre características genéticas de valor, como resistencia a enfermedades, o resistencia fisiológica como tolerancia a diferente nivel de estrés abiótico, que ha sido atribuido a especies identificadas con estas taxonomías previas.

## 5.1 El cultivo de papa frente al cambio climático

La agricultura en general es extremadamente vulnerable a los cambios drásticos del clima. Ciertas variaciones, como el aumento de las temperaturas, pueden reducir la producción de los cultivos deseados y causar a la vez el incremento de plagas. Asimismo, los cambios en los regímenes de lluvias aumentan la probabilidad de que las cosechas se arruinen, ya sea por sequías pronunciadas o por incremento en la cantidad de lluvia. Aunque algunos cultivos en ciertas regiones del mundo pudieran beneficiarse, en general se prevé que los impactos del cambio climático sean negativos para la agricultura, amenazando la seguridad alimentaria mundial (Nelson et al., 2009). Sin embargo, el cambio climático es ya una realidad, y los factores climáticos que son indispensables para el crecimiento de los cultivos están siendo afectados y empiezan a impactar a la producción agrícola.

Actualmente, tanto productores como investigadores dan cuenta de un aumento del estrés hídrico, de cambios en la distribución e intensidad de las lluvias, y de un incremento en la frecuencia de granizadas, heladas y nevadas en altitudes elevadas. La repetición cada vez mayor de estos fenómenos extremos es interpretada como algo claramente relacionado con el cambio climático. Los efectos del cambio climático sobre la papa, por lo general, incluyen los siguientes factores: incremento de temperatura, aumento de plagas y enfermedades, alteración del suministro de agua, y aumento de los niveles de carbono en la atmósfera (Alonso, s/f).

Una simulación del impacto global del cambio climático en la producción de papa mostró disminuciones de rendimiento para la mayoría de las regiones de mundo hacia el final del siglo, bajo escenarios de altas emisiones de CO<sub>2</sub>. Las regiones que más dependen de la producción de papa para la seguridad alimentaria son también las regiones menos capaces de invertir en la agricultura y son las más afectadas por los impactos del cambio climático. Estas regiones requerirán de asistencia técnica para adaptaciones específicas al cambio climático (Raymundo et al., 2017).

Según la FAO (2008), el cambio climático podría poner en peligro la supervivencia de los parientes silvestres de la papa, y se prevé que hasta un 12% se extinguirá con el cambio de las condiciones del clima en las que se desarrollan; esta modificación podría reducir hasta en un 70% las zonas donde crecen estas papas.

Para hacer frente al cambio climático 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 necesaria la articulación institucional con otras entidades tales como INIA, SENASA, gobiernos locales, universidades, entre otras, para realizar investigaciones científicas de cómo los agroecosistemas de la papa tendrían que adaptarse a las condiciones climáticas venideras.



## 5.2 Mejoramiento genético

La papa es uno de los cultivos con mayor diversidad genética, la cual representa un reservorio de adaptabilidad que actúa como una protección frente a los efectos potencialmente dañinos del ambiente. Su diversidad genética juega un rol preponderante tanto en la producción de alimentos como para las sociedades y cultura de los agricultores, y su mejoramiento genético ha dado origen a cientos de variedades cada vez más productivas y con muchas características de resistencia a factores bióticos y abióticos.

Los caracteres a mejorar en la papa son relativamente comunes en la región andina y en menor grado en el resto del planeta; en general, se considera a la productividad y a la calidad (aunque esta puede tener connotaciones diversas). Pero estos caracteres son resultado de la respuesta del cultivo a condiciones medioambientales y al daño/beneficio de organismos asociados al cultivo, que varían en el espacio y el tiempo, y según la tecnología de producción.

Las variedades de papa genéticamente modificadas con resistencia o tolerancia a organismos blanco y atributos cualitativos superiores (Anexo 3) muestran el potencial de la

biotecnología moderna en apoyo al mejoramiento genético convencional. De aprobarse su uso, esta tendría que adaptarse a nuestras condiciones y prioridades. Este salto tecnológico podría emprenderse con nuestros propios recursos o bajo nuevas formas de trabajo con Programas Nacionales de países vecinos, con el apoyo de centros de investigación líderes a nivel mundial (CIP y otros) y, eventualmente, con la participación de empresas privadas interesadas. El mejoramiento genético como componente del Programa Nacional de Papa podría contemplar estrategias de modificación del genoma entre el abanico disponible (Cuadro 10), y ponderar la significación de la interacción genotipo-ambiente, expresada en la discreta distribución de variedades nativas y modernas, así como la relativa poca duración de estas últimas.

Los nuevos enfoques de desarrollo y selección aplicados en cultivos genéticamente modificados, el aprovechamiento de la enorme diversidad genética de la sección *Petota* del género *Solanum* para su uso en cisgénesis (intragénesis), y la mutación dirigida (edición genómica) son una alternativa para la modificación del genoma en comparación a la transgénesis convencional (Arruabarrena, 2017; NASEM, 2016; NAS, 2016; Pixley, 2016; Yeu et al., 2016; Breyer et al., 2014). Adicionalmente, para eliminar el riesgo de flujo de genes, estas variedades de papa a desarrollar deberían ser macho estériles, para lo cual pueden emplearse diversos genes del pool de *Solanum* y otros (ISAA, 2018; Bethke et al., 2017; Capurro et al., 2013; Jansky, 2009; Lamm, 1953).

El acceso a los genes y la tecnología de transferencia y edición a través de mecanismos *ad hoc*, así como la protección de los



derechos de propiedad intelectual de los obtentores, son asuntos que deben considerarse desde un inicio. Históricamente, los principales desarrolladores de variedades de papa en nuestro país han sido los agricultores, las universidades y los institutos de investigación como el INIA y el CIP, y ninguno de ellos ha recibido créditos como obtentores, por causas que convendría revisar. La empresa privada no ha participado, salvo en un proyecto trunco entre Pepsico y el CIP en la década de 1980, y es probable que no lo haga directamente por lo reducido de nuestro mercado y

la relativa especificidad de los potenciales organismos blanco, así como la prevalencia del contexto de la subespecie *andigena* y las condiciones de fotoperiodo neutro. Se debe considerar que una parte significativa del material de la papa genéticamente modificada y de la correspondiente tecnología de modificación del genoma es propiedad de empresas privadas transnacionales con las que, de ser el caso, habría que negociar el acceso, un tema de suma importancia considerando la idiosincrasia del agricultor papero de nuestro país.

Cuadro 10. Tecnologías de modificación del genoma de una planta. Adaptado de Arruabarrena (2017).

Tecnología	Características y consecuencias genéticas	
Cruzamientos dirigidos	El gen deseado se inserta con genes ligados en el mismo cromosoma, así como con otros genes en otros cromosomas en proporción 50:50 (madre: padre), más aquellos de los plastidios (sobre todo mitocondrias), que provienen solo de la madre.	Mejoramiento genético (fitomejoramiento) convencional
Mutagénesis	La modificación de los genes intra y extra nucleares es aleatoria e impredecible. La frecuencia de genes deseados está en el orden de 1:2000 o menor.	
Poliploidización artificial	Mutación inducida extrema. Los genomas se duplican por acción de un agente (e.g. colchicina) o por gametos no reducidos. En el primer caso provoca depresión por endocria en alógamias. Los poliploides obtenidos se pueden cruzar con diploides y otros poliploides.	
Haploidización artificial	Genoma reducido a la mitad, al número del gametofito (n). Puede lograrse por cultivo de anteras y posterior recuperación de plantas in vitro, o por cruzamientos con machos inductores (e.g. <i>Solanum phureja</i> ).	
Fusión celular o de protoplastos	Completa combinación de genomas y protoplastos. Puede darse entre distintos niveles de ploidía de los padres.	Biotecnología moderna (SCDB, 2000)
Trans o cisgénesis (Intragénesis)	Se introduce al genoma el "casete de expresión" (región promotora + gen de interés + región terminadora) en una o más copias, y el gen "marcador seleccionable" o reportero, ligado al gen de interés. El transgén se puede mapear.	
Edición de genes	No se introduce ADN exógeno. Sólo se modifica la expresión del gen de interés a través del ARN de interferencia y/o el epigenoma.	





## 5.3 Sistema de conservación de la diversidad biológica de la papa

En un rápido análisis histórico podemos evidenciar que en los últimos 30 años se ha realizado una serie de esfuerzos por contribuir a la conservación y al uso sostenible de la diversidad de papas, siendo quizás el más representativo (en lo que se refiere a la conservación *ex situ*) el Banco de Germoplasma del CIP, además de los bancos desarrollados y mantenidos por algunas universidades y bancos comunales, que también contribuyen a su conservación.

Por otro lado, la acción de los agricultores “conservacionistas” y la conservación *in situ* de las papas nativas ha sido fundamental para garantizar la conservación de este preciado tubérculo, sin ninguna intervención externa más que los conocimientos y tradiciones ancestrales, que tienen que ver con la seguridad y la soberanía alimentarias.

Diversas iniciativas apoyadas por la Cooperación Técnica Internacional (el Proyecto de Conservación *in situ*, el Parque de la Papa, entre otras), así como los esfuerzos realizados para la valoración económica de las papas nativas y la participación de diferentes actores (desde los gremios de cocineros hasta organizaciones no gubernamentales), han contribuido a la conservación de la diversidad. Dado que la cooperación técnica es cada vez más reducida, la tarea debe ser asumida por las instituciones del Estado en alianza con las organizaciones de la sociedad civil.

### 5.3.1 Institucionalidad y conservación de la diversidad de la papa

En el país, la conservación de la biodiversidad de la papa está basada en la interacción entre los bancos de germoplasma (conservación *ex situ*), los centros de agrobiodiversidad, los agricultores “conservacionistas” (conservación *in situ*) y los conocimientos tradicionales de las comunidades locales.

Los diferentes actores claves han intervenido en estos espacios para conservar, revalorar y valorar la biodiversidad de papa existente en el territorio nacional. Las instituciones, públicas y privadas, involucradas en la conservación, lo hacen en función de sus objetivos y competencias institucionales (INIA, Ministerio de Cultura, MINAM, CIP, universidades nacionales a través de sus facultades de ciencias agrarias y biológicas, ONG, así como algunos agricultores conservacionistas con sus ricas colecciones de papa).

Sin embargo, no existe un sistema de coordinación de carácter permanente entre estos diferentes actores, además de la ausencia de liderazgo institucional para facilitar y orientar los esfuerzos que garanticen la conservación de los recursos de la agrobiodiversidad. A pesar de ello, el proceso de conservación de la papa se ha mantenido en el tiempo gracias a la propia voluntad de los productores “conservacionistas”.

### 5.3.2 Retos a futuro

Para lograr una buena gestión de la diversidad genética de la papa en el país, sería importante llenar los siguientes vacíos:

- Establecer mecanismos de coordinación, comunicación e implementación del marco normativo vigente y sus instrumentos de gestión que articulen los esfuerzos de los tres niveles de gobierno, las organizaciones de

productores y las organizaciones de la sociedad civil involucradas en la conservación de la papa.

- Establecer metas consensuadas a corto, mediano y largo plazo sobre: la conservación de la diversidad de la papa, la valorización económica y social de este recurso, y la definición de estrategias de promoción que hagan compatibles la conservación y la articulación al mercado, tomando en cuenta los valores culturales y tradiciones relacionadas con la conservación de la riqueza genética de la papa.
- Establecer un plan de contingencia frente al riesgo de la desaparición de la conservación *in situ* de variedades nativas de papa por parte de los agricultores, por los cambios en los patrones culturales y por la migración de las nuevas generaciones.
- Proveer de asistencia técnica para el control de plagas y enfermedades (gorgojo de los Andes y ranchara, principalmente) en las zonas de conservación *in situ*.
- Difundir la norma sobre el reconocimiento de las zonas de agrobiodiversidad y sobre los alcances del Registro de las Marcas Colectivas (habilitado por INDECOPI) como mecanismo que contribuye al rescate, valorización y puesta en práctica de los conocimientos tradicionales relacionados con la conservación de la diversidad de la papa.
- Promover la participación de los actores clave vinculados a la conservación de la diversidad de la papa en la Comisión Multisectorial de naturaleza permanente para la salvaguarda y revalorización de los conocimientos, saberes, y prácticas tradicionales y ancestrales de los pueblos indígenas u originarios, presidida por el Ministerio de Cultura. Utilizar esta plataforma para establecer mecanismos de reconocimiento de los derechos ancestrales por la domesticación y conservación de la diversidad de la papa.



## 5.4 Propuesta para la gestión de la diversidad de la papa

La conservación de la diversidad de la papa se ha desarrollado en el tiempo bajo la dinámica socio-cultural de los productores conservacionistas, basados en la necesidad de atender su propia seguridad alimentaria. En las últimas décadas los recursos de la agrobiodiversidad también han sido abordados por una serie de instituciones públicas y privadas, fortaleciendo la conservación de la diversidad genética y dando valor en el mercado a algunas variedades nativas; sin embargo, cabe resaltar que el frondoso marco legal existente no necesariamente ha influenciado ni fortalecido la dinámica propia de la conservación desarrollada por las comunidades locales.

En este contexto se propone a continuación una serie de ideas de lineamientos orientados a fortalecer la conservación *in situ* y *ex situ*, así como la insitucionalidad de la conservación.

### 5.4.1 Conservación *in situ*

En el Perú, la gran diversidad de papas nativas procede principalmente de los campesinos más pobres de la zona andina (entre los 3500 a 4500 msnm) y se utiliza mayormente para autoconsumo e/o intercambio con comunidades cercanas. Los llamados "productores conservacionistas" que tienen un conocimiento íntimo sobre los atributos y manejo de esas papas valoran su sabor, calidad culinaria y adaptación bajo diversos climas y usos. Sin embargo, los cambios sociales, las presiones económicas y otros factores (como los vinculados con el cambio climático), amenazan la continuidad de la conservación de esa diversidad por productores tradicionales. El estatus *in situ* de las especies silvestres es aún menos segura, reportándose en el Perú una pérdida de 35 de las 90 especies endémicas (Salas et al., 2000 reportado por Bonierbale et al., 2004 ALAP)

El Convenio de Diversidad Biológica (ONU, 1992) propone de modo prioritario la conservación de la biodiversidad en condiciones *in situ*, cuyo rasgo principal es que la variabilidad genética del germoplasma evoluciona con el ambiente, seleccionando las frecuencias génicas, genotípicas y fenotípicas que mejor se adaptan a las cambiantes condiciones físico-químico-biológicas de crecimiento y desarrollo.



Es por ello que se considera estratégico mantener esta forma de conservación en el tiempo, por lo que se proponen las siguientes propuestas:

- Considerar a la diversidad genética de la papa como un bien público. Esto posibilitará la creación de un sistema de "retribución por conservación", esto es, compensaciones a los campesinos conservacionistas por el servicio de conservación del patrimonio genético nacional. Esta medida puede implementarse en el marco de la Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos (Ley N.º 30215).
- Revalorar y reconocer oficialmente las actividades de las comunidades locales de conservación *in situ* de variedades nativas de papa, dentro de una estrategia de conservación de la biodiversidad que contemple la implementación de incentivos que garanticen su sostenibilidad.
- Desarrollar escenarios alternativos que permitan conciliar la productividad y la rentabilidad con la conservación de la biodiversidad de la papa. Para lograr este propósito se debe partir de reconocer la existencia de sistemas sostenibles muy arraigados en la tradición de los agricultores, que actualmente brindan servicios sociales, económicos, ecológicos y culturales que aún no se traducen en beneficios directos para los productores conservacionistas. Ejemplos referenciales de concertación entre los diversos actores de la cadena de valor son los de ciertos productores de papa nativa con supermercados, restaurantes gourmet y empresas productoras de *snacks* (MINAM, 2017a, Proexpansión, 2011; Ordinola et al., 2009).
- Consensuar la clasificación taxonómica a utilizar en la identificación de las especies y parientes silvestres de la papa, aunque esta puede estar basada en la de Hawkes (1990), por ser el más desarrollado y reconocido a nivel global. Es importante una actitud flexible a otros ordenamientos taxonómicos complementarios o más modernos (Chakrabarti et al., 2017; Spooner et al., 2014, Ochoa, 1990, 1999).
- Hacer más competitiva y sostenible la actividad de la conservación *in situ* de las variedades de papa nativa, con base en programas y proyectos integrales de desarrollo, considerando el conocimiento tradicional de las comunidades locales y los territorios de agrobiodiversidad a ser identificados y reconocidos oficialmente, en el marco del Decreto Supremo N.º 020-2016-MINAGRI.

- Incentivar el establecimiento de centros de diversidad genética regional para la zona norte, centro y sur del país. Estos centros tendrán que ser reconocidos oficialmente bajo un protocolo de homologación, para no duplicar colecciones de variedades de papa.
- Promover la formación de centros comunales de semilla de papa nativa en las diferentes regiones o localidades donde se cuenta con una comprobada diversidad genética.
- Promover la producción de semilla básica de papa nativa que cubra la demanda de los agricultores en las

zonas de agrobiodiversidad, para lo cual será necesario proporcionar asistencia técnica permanente para asegurar la calidad genética y sanitaria de las semillas.

- Elaborar indicadores sobre la situación de la diversidad genética de la papa *in situ*, que permitan monitorear y gestionar esta agrobiodiversidad.

En resumen, la conservación *in situ* requiere formalizarse, estandarizarse y contar con mecanismos sostenibles de financiamiento público-privados. Adicionalmente, esta conservación requiere de tecnologías para aumentar la productividad (Huamán, 2002).



## 5.4.2 Conservación *ex situ*

La conservación *ex situ* de papa en el Perú se lleva a cabo a través de bancos de germoplasma, colecciones de germoplasma, herbarios y bancos comunales. En vista de que solo algunas de las colecciones mantenidas por instituciones nacionales cumplen con los requisitos mínimos para ser considerados bancos de germoplasma (MINAM, 2017a), se requiere una adecuación a estándares internacionales, así como la articulación y alineamiento de las actividades y la información, para garantizar una conservación, investigación y aprovechamiento más eficientes. Una actividad pendiente es la geo-referenciación de la gran mayoría de accesiones y muestras herborizadas de papa mantenidas en el país. Adicionalmente, se requiere realizar colectas de ciertas especies y biotipos de otras.

El CIP mantiene en su banco de germoplasma más de 4000 variedades diferentes de papas comestibles, así como numerosas especies de papas silvestres, y alberga la colección más grande de papas del mundo, con más de 7000 accesiones resguardadas en su banco de germoplasma. Asimismo, en el banco de germoplasma del CIP están conservadas 88 especies silvestres peruanas de papa y 7 especies cultivadas peruanas de papa, siguiendo la clasificación de Hawkes (1990).

A continuación se presenta una serie de ideas que facilitarán la gestión de la conservación *ex situ* de la papa.

- Formalizar la inscripción de los bancos de germoplasma de las diferentes instituciones ante el INIA, como autoridad competente, para su reconocimiento oficial dentro del sistema de conservación que se debe establecer como país, de conformidad con la quinta disposición complementaria del D.S. N.º 003-2009-MINAM.
- Mantener, enriquecer y fortalecer los centros de conservación *ex situ*: bancos de germoplasma y herbarios, para garantizar la conservación de la biodiversidad de la papa, realizando nuevas expediciones de colecta para identificar vacíos, tanto en diversidad como a nivel geográfico, de tal modo que las colecciones de germoplasma y de herbario representen debidamente la biodiversidad de este recurso en el país.

- Indexar las colecciones o bancos de germoplasma de papa locales/nacionales para la identificación de duplicados y especímenes únicos. Esto se puede hacer tomando como referencia los protocolos del banco de germoplasma de papa del CIP.
- Garantizar la articulación de los bancos de germoplasma con las comunidades locales de los Andes para el mantenimiento de la diversidad de la papa, mediante la repatriación de germoplasma libre de enfermedades de los bancos a las tierras comunales y otros mecanismos.
- Establecer un sistema de información oficial con acceso abierto a los datos básicos de las accesiones con que cuentan los bancos de germoplasma reconocidos oficialmente.

## 5.4.3 Institucionalidad

El tema institucional está vigente permanentemente, pues es la forma como se organiza el Estado para afrontar lo que puede afectar o poner en riesgo a la diversidad de la papa. Es a través de la intervención organizada que las instituciones pueden afectar e influir directamente en las acciones de conservación. Los otros factores, principalmente los climáticos, escapan en buena medida a la posibilidad de cambio por decisión humana. Este aspecto, sobre todo, se refiere a la gestión de la diversidad de la papa, que necesariamente involucra a instituciones sectoriales a nivel nacional, regional y local, a organizaciones, así como a instituciones de agricultores (comunidades y organizaciones de productores).

Es necesario que los sectores competentes establezcan compromisos, en el marco de las políticas de conservación y utilización sostenible de la diversidad, con los gobiernos (regionales y locales), con las universidades, con las estaciones experimentales del INIA, con SENASA, con el MINAGRI y con otras instituciones; esto le dará sustento legal e institucional a la estrategia para conservar, seleccionar y producir semilla y comercializar productos de la diversidad nativa.



TODO LO que se  
VENDE Y TIENE VALOR  
SE CONSERVA MÁS  
FÁCILMENTE Y BENEFICIA  
A TODA LA REGIÓN.

Para una mejor gestión de la diversidad de la papa, considerando que la diversidad también es una competencia de gestión y desempeño de los gobiernos regionales, así como de las instituciones a nivel nacional y regional, se debería tomar en cuenta además la diversidad cultural de las regiones, para un análisis más detallado cuando se realicen los análisis de riesgo de la diversidad de papa.

El Estado y sus instituciones tienen que desarrollar sus características resilientes y adaptar su política y acciones a los cambios que se dan y que afectan las costumbres y actividades de los agricultores que conservan la diversidad de la papa. Las diversas actividades que se realizan con la finalidad de conservar el patrimonio genético deben de continuar para garantizar que las instituciones cumplan su rol, cuando concluya el plazo de moratoria a los OVM definido por la Ley N.° 29811.

Es necesario desarrollar las capacidades de las instituciones de investigación y regulación de OVM para estar a la altura de los desafíos que demanda su introducción y producción, más allá del cultivo de papa. Al mismo tiempo, aspectos relativos a las capacidades, infraestructura, equipamiento y presupuesto, vinculados con la gestión institucional y las políticas de Estado en materia de OVM, requieren ser optimizados para obtener los resultados esperados individual y colectivamente.

El reglamento de la Ley de Moratoria (D.S. N.° 008-2012-MINAM), en su artículo 2, señala que la finalidad de la ley es impedir el ingreso, producción y liberación al ambiente de los OVM, así como fortalecer las capacidades nacionales, desarrollar la infraestructura y generar las líneas de base, que permitan una adecuada evaluación, prevención y gestión de los impactos potenciales sobre la biodiversidad nativa de la liberación al ambiente de OVM.

En este marco, se presentan las siguientes propuestas para contribuir a mejorar el sistema de funcionamiento de la institucionalidad para una eficiente conservación de la biodiversidad de la papa:

- 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.
- Se debe clarificar las funciones y responsabilidades de los actores involucrados en la conservación del germoplasma de papa.
- Fortalecer el liderazgo de las instituciones públicas, según sus competencias.
- Mejora del sistema de comunicación interinstitucional entre los sectores involucrados, academia, productores,



sociedad civil y otros, a través de mecanismos de tecnologías de la información y herramientas relacionadas, para promover el intercambio de datos y de información en tiempo real.

- Evaluar la necesidad de tener un trato especial para con los conservacionistas de papa nativa, de modo que se inscriban y/o sean reconocidos como semilleristas.
- Difundir el Centro de Intercambio e Información en Seguridad de la Biotecnología (CIISB), en el marco de los convenios internacionales que el Perú ha suscrito referentes a la conservación de la biodiversidad y al uso seguro de la biotecnología.

#### 5.4.4 Mercados alternativos

La integración a nichos de mercado de productores conservacionistas de papas nativas es una alternativa de sostenibilidad económica para su conservación sin una perturbación significativa de sus agroecosistemas y preservando los conocimientos colectivos y tradiciones.

En ese sentido, se plantean las siguientes propuestas:

- Generar una oferta sostenida de papas nativas con certificación orgánica o similar, de origen o alternativa.
- Fortalecer los modelos de acceso a los mercados alternativos de las papas nativas que contribuyan a la conservación de su diversidad, estableciendo estímulos a los que forman parte de la cadena de valor, rescatando y valorando su saber tradicional acerca del aprovechamiento sostenido de la diversidad de la papa.
- Incluir en la estructura de costos de producción de papas nativas el trabajo de conservación de germoplasma por parte de los agricultores y sus comunidades.
- Realizar innovaciones organizacionales y capacitación a nivel de los productores para que puedan mejorar su capacidad de gestión en la conservación de la diversidad de la papa y en el acceso a los mercados alternativos. Esta asociatividad puede ser promovida y reconocida por las autoridades competentes y crear una red de organizaciones involucradas con la conservación.

La implementación de estas propuestas requerirá de un plan *ad hoc* y de la correspondiente hoja de ruta, en donde se precisen los objetivos, actividades, responsables, plazos, presupuesto y otros elementos de gestión.

## Referencias bibliográficas

- Alexander, M. (1994). *Introducción a la Microbiología de Suelos*. México: AGT Editor.
- Alonso, J. (s/f). *Cinco iniciativas andinas que estarían contribuyendo a la adaptación de la papa al cambio climático*. Recuperado de <https://medium.com/@redepapa/la-papa-y-el-cambio-climatico-fc70e4956052>
- 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*, 2016, 181, 1-20
- Arnold, M. (1997). *Natural hybridization and evolution*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Arruabarrena, A. (2017). *Mejoramiento genético de precisión en plantas. Desafíos y posibilidades*. Recuperado de [http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Salto%20Grande/2017/2017\\_05\\_03\\_III\\_Biotecnologia/05\\_Mejoramiento\\_gen%C3%A9tico\\_de\\_precisi%C3%B3n\\_en\\_plantas.pdf](http://www.inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Salto%20Grande/2017/2017_05_03_III_Biotecnologia/05_Mejoramiento_gen%C3%A9tico_de_precisi%C3%B3n_en_plantas.pdf).
- Barrientos, J. (2012). *Abejas visitantes de papa (Solanum tuberosum L.), en tres agroecosistemas de los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, Colombia*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9279/1/43627247.%202012.pdf>
- Bethke, P., Halterman, D., Jansky, S. (2017). *Are We Getting Better at Using Wild Potato Species in Light of New Tools?* Recuperado de <https://dl.sciencesocieties.org/publications/cs/pdfs/57/3/1241>.
- Bonavia, D. (1993). *La papa: apuntes sobre sus orígenes y su domesticación*. Recuperado de [http://www.persee.fr/docAsPDF/jsa\\_0037-9174\\_1993\\_num\\_79\\_1\\_1473.pdf](http://www.persee.fr/docAsPDF/jsa_0037-9174_1993_num_79_1_1473.pdf)
- Bonierbale, M., Amoros, W., Espinoza, J., Mihovilovich, E., Roca, W., & Gómez, R. (2004). *Recursos genéticos de la papa: don del pasado, legado para el futuro*. Suplemento Revista Latinoamericana de la Papa. 3-14 pp.
- Breyer, D., Kopertekh, L. & Reheul, D. (2014). *Alternatives to Antibiotic Resistance Marker Genes for In Vitro Selection of Genetically Modified Plants – Scientific Developments, Current Use, Operational Access and Biosafety Considerations*. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/07352689.2013.870422?needAccess=true>
- Brown, C. (1993). *Outcrossing rate in cultivated autotetraploid potato*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02848678>
- Brunschwig, G. (1986). *Sistemas de producción de laderas de altura*. Bull. Inst. Fr. Et. And. XV: (1-2): 27-52.
- Cabello, R. (1996). *Producción de semilla sexual de papa en: Manual de producción de papa con semilla sexual*. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Fasc. 2.1. 6 pp. Recuperado de <https://cipotato.org/es/manuales/manual-de-produccion-de-papa-con-semilla-sexual/>
- Cahuana, R. y Arcos, J. (2004). *Varietades de papa nativa y formas de consumo en la Región Puno*. INIA-Puno, Perú.
- Calvo, P., Reymundo, L. & Zúñiga, D. (2008). *Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (Solanum tuberosum) en zonas altoandinas*. *Ecología Aplicada* 7(1,2): 141-148.
- Camadro, E. & Espinillo, J. C. (1990). *Germplasm transfer from the wild tetraploid species Solanum acaule Bitt. to the Cultivated Potato, S. tuberosum L. using 2N Eggs*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF03044524?no-access=true>.

- Camadro, E. (2011a). *Enfoque genético del concepto de especie en las papas silvestres. Consecuencias en la conservación de germoplasma y el mejoramiento genético y el mejoramiento genético*. Recuperado de [http://w3.ufsm.br/mpvp/2smp/enfoque\\_genetico.pdf](http://w3.ufsm.br/mpvp/2smp/enfoque_genetico.pdf).
- Camadro, E. (2011b). *Hibridación y flujo génico en especies silvestres de papa de la Argentina*. Recuperado de <http://www.scielo.org.ar/pdf/bag/v22n1/v22n1a02.pdf>.
- Camadro, E. (2013). *Las papas silvestres y el concepto de especie*. Recuperado de [http://ri.conicet.gov.ar/admin/bitstream/11336/25472/2/CONICET\\_Digital\\_Nro.4a9b2f86-1995-4436-99a0-8fe0ec64cb71\\_A.pdf](http://ri.conicet.gov.ar/admin/bitstream/11336/25472/2/CONICET_Digital_Nro.4a9b2f86-1995-4436-99a0-8fe0ec64cb71_A.pdf).
- Canelo, V., Espinoza, E., Villegas, A. & Yucra, E. (2017). *Planeamiento Estratégico de la Papa*. Recuperado de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/8741>.
- Capurro, M., Camadro, E.L. & Masuelli, R.W. (2013). *Pollen-Mediated Gene Flow From a Commercial Potato Cultivar to the Wild Relative S. chacoense Bitter uUnder Experimental Field Conditions in Argentina*. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-5223.2013.00018.x/pdf>.
- Capurro, M., Camadro, E. & Masuelli, R.W. (2013). *Pollen-Mediated Gene Flow From a Commercial Potato Cultivar to the Wild Relative S. chacoense Bitter under Experimental Field Conditions in Argentina*. Recuperado de <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1601-5223.2013.00018.x/pdf>.
- Centro Internacional de la Papa (CIP) y Federación Departamental de Comunidades Campesinas (FDCC) (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica-Perú*. Lima, Perú. Recuperado de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/003524.pdf>.
- Chakrabarti, S.K., Xie, C. & Tiwari, J.K. (2017). *The Potato Genome*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=57xEDwAAQBAJ&pg=PA13&lpg=PA13&dq=Spooner+2009+wild+potatoes&source=bl&ots=-fULp9hxZoU&sig=Hi8E3mLJoHW99J3MByHlyAomER0&hl=es&sa=X&ved=OahUKEwj1vluDpuTYAhVRvIM-KHWGsC5kQ6AEIXjAK#v=onepage&q=Spooner%202009%20wild%20potatoes&f=false>.
- Chávez, R. (2006). *Sobre el origen, evolución y diversidad genética de la papa cultivada y la silvestre*. Recuperado de <http://revistas.unjbg.edu.pe/index.php/CYD/article/view/390>.
- Claus D. & Berkeley R. (1986). *Genus Bacillus. En Bergey's Manual of Systematic Bacteriology* (Eds. P. H. Sneath, N. Mair, M. E. Sharpe and J.G. Holt), Baltimore, Williams and Wilkins, 9 na. Edición. Vol. 2, pp. 1105-1139.
- Conner, A. (2006). *Biosafety Evaluation of Transgenic Potatoes: Gene Flow from Transgenic Potatoes*. Recuperado de [https://www.tari.gov.tw/df\\_ufiles/GMO/\(P127-140\)-Biosafety Evaluation of Transgenic Potatoes.pdf](https://www.tari.gov.tw/df_ufiles/GMO/(P127-140)-Biosafety Evaluation of Transgenic Potatoes.pdf).
- De Haan, S., Núñez, J. Bonierbale, M. & Ghislain, M. (2010). *Multilevel Agrobiodiversity and Conservation of Andean Potatoes in Central Peru*. Recuperado de <http://www.bioone.org/doi/pdf/10.1659/MRD-JOURNAL-D-10-00020.1>.
- Decreto Supremo N.º 003-2009-MINAM. (2012). Que eleva a rango de Decreto Supremo la Resolución Ministerial N.º 087-2008-MINAM y ratificación de la aprobación del Reglamento de Acceso a Recursos Genéticos efectuada por la referida Resolución. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XXVI N.º 10508, del 7 de febrero de 2009*. Recuperado de [http://www.cepes.org.pe/apc-aa/archivos-aa/4a15e4303d8c04dde2018292e444138c/DS\\_003\\_2009\\_MINAM.pdf](http://www.cepes.org.pe/apc-aa/archivos-aa/4a15e4303d8c04dde2018292e444138c/DS_003_2009_MINAM.pdf).
- Decreto Supremo N.º 020-2016-MINAGRI (2016). Reglamento sobre Formalización del Reconocimiento de Zonas de Agrobiodiversidad orientadas a la conservación y uso sostenible de especies nativas cultivadas por parte de pueblos indígenas. Publicado en *El Peruano Diario Oficial*. Año XXXIII N.º 13896, del 14 de diciembre de 2016. Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2016/18002-decreto-supremo-n-020-2016-minagri>.
- Decreto Supremo N.º 008-2012-MINAM. (2012). Reglamento de la Ley que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados al Territorio Nacional por un período de 10 años. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XXIX N.º 12059, del 14 de noviembre de 2012*. Recuperado de [http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_008-2012-MINAM.pdf](http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_008-2012-MINAM.pdf).
- Egúsqüiza, R. (2000). *La papa: producción, transformación y comercialización*. PRISMA-Papa Andina. Lima, Perú. 192 pp.

- Egúsquiza, R. & Catalán, W. (2011). *Guía Técnica Curso-Taller Manejo Integrado de Papa. Jornada de capacitación UNALM, Agrobanco*. Recuperado de [http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MANEJO\\_INTEGRADO\\_DE\\_PAPA.pdf](http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Papa/MANEJO_INTEGRADO_DE_PAPA.pdf).
- Ellstrand, N., Prentice, H., & Hancock, J. (1999). *Gene flow and introgression from domesticated plants into their wild relatives*. Annual review of Ecology and Systematics. 30: 539-563. Recuperado de <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.ecolsys.30.1.539>.
- Estrada, N. (1999). *La biodiversidad en el mejoramiento genético de la papa*. Recuperado de [https://books.google.com.pe/books?id=AcB7\\_VJolocC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=papa+floraci%C3%B3n+fotoper%C3%ADodo&source=bl&ots=rOrOBuZuHB&sig=zLPtEWbbs9GSnBnvWUToqg4iHXA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVopDOsuTYAhWO2FMKHVmuBlk4ChDoAQgpMAI#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=AcB7_VJolocC&pg=PA73&lpg=PA73&dq=papa+floraci%C3%B3n+fotoper%C3%ADodo&source=bl&ots=rOrOBuZuHB&sig=zLPtEWbbs9GSnBnvWUToqg4iHXA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiVopDOsuTYAhWO2FMKHVmuBlk4ChDoAQgpMAI#v=onepage&q&f=false).
- Ezeta, F. (2001). *Producción de semilla de papa en Latinoamérica*. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5512130.pdf>.
- Food and Agriculture Organization (FAO) (2008). *La papa y la biodiversidad*. Recuperado de <http://www.fao.org/potato-2008/es/lapapa/biodiversidad.html>.
- Franco, J., Arcos, J. & Barreda, W. (2013). *Impacto de papas genéticamente modificadas sobre organismos no blanco del suelo y del follaje: Protocolos para la evaluación*. Proyecto LAC-Biosafety, Perú. IBT-UNALM Instituto de Biotecnología. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. 38 p.
- Gestión. (2016). *Consumo per cápita de papa sube de 76 a 89 kilos anuales por auge de pollerías*. Recuperado de <https://gestion.pe/economia/consumo-per-capita-papa-sube-76-89-kilos-anuales-auge-pollerias-121529>.
- Gomero, L. & Lizárraga, A. (2000). *Plaguicidas en la Sierra Peruana*. Recuperado de <http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-15-numero-2-1/2450-plaguicidas-en-la-sierra-peruana>.
- Guan, Z., Zhang, P., Wei, W., Mi, X.C., Kang, D.M. & Liu, B. (2015). *Performance of Hybrid Progeny Formed Between Genetically Modified Herbicide-Tolerant Soybean and its Wild Ancestor*. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4670487/pdf/plv121.pdf>.
- Hawkes, J. (1990). *The Potato: Evolution, Biodiversity and Genetic Resources*. Recuperado de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/19901615687>.
- Hijmans, R., Spooner, D., Salas, A., Guarino, L. & De la Cruz, J. (2002). *Atlas of Wild Potatoes*. Recuperado de [https://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx\\_news/Atlas\\_of\\_wild\\_potatoes\\_826.pdf](https://www.biodiversityinternational.org/uploads/tx_news/Atlas_of_wild_potatoes_826.pdf).
- Hijmans, R., Spooner, D. (2001). *Geographic distribution of wild potato species*. Recuperado de <https://pubag.nal.usda.gov/download/2474/PDF>.
- Hinostroza, I. (2015). *Producción de tubérculos a partir de semilla sexual de papa (Solanum tuberosum L.) obtenida de los tercios de la planta de dos variedades de polinización abierta*. Recuperado de [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/985/HINOSTROZA\\_MIRANDA,\\_IVAN\\_AUGUSTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/985/HINOSTROZA_MIRANDA,_IVAN_AUGUSTO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Huamán, Z. (1986). *Botánica sistemática y morfología de la papa*. Recuperado de <http://cipotato.org/library/pdfdocs/TIBes20915.pdf>.
- Huamán, Z. (2002). *Tecnología disponible para reforzar la conservación "in situ" de los cultivares de papa tradicionales de los andes*. Recuperado de <http://www.fem.unicamp.br/~ferymar/O1/ZHuaman.pdf>.
- IIAP. (2006). *Proyecto: Perú: Conservación In Situ de Cultivos Nativos y sus Parientes Silvestres*. Recuperado de <http://iiap.org.pe/Archivos/Convenio/Proyecto/143.pdf>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario*. Recuperado de <http://proyectos.inei.gob.pe/web/DocumentosPublicos/ResultadosFinalesIVCENAGRO.pdf>.
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2007). *Mecanismos Tradicionales de Intercambio de Semillas*. Recuperado de [http://bibliotk.iep.org.pe/bib\\_img/5510-8-1.pdf](http://bibliotk.iep.org.pe/bib_img/5510-8-1.pdf).
- Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA). (2012). *Catálogo de nuevas variedades de papa*. <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2013/08/005909.pdf>.
- International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications (ISAA). (2018). Recuperado de <http://www.isaaa.org/>.

- Iwanaga M., Ortiz R., Cipar M.S. & Peloquin S.J. (1991). *A restorer gene for genetic-cytoplasmic male sterility in cultivated potatoes*. *Am. Potato J.* 68: 19–28.
- Jansky, S. (2009). *Breeding, Genetics, and Cultivar Development*. In: J. Singh and L. Kaur (Eds.) *Advances in Potato Chemistry and Technology*. San Diego, CA: Elsevier. pp. 27-61. Recuperado de <https://naldc.nal.usda.gov/download/37636/PDF>.
- Kroschel, J. & Cañedo, V. (2011). *How do insecticides affect potato yield and ecosystem resilience to manage potato pests? An ecological assessment from the central highlands of Peru*. 15th triennial symposium of the International Society for Tropical Root Crops.
- Kroschel, J., Mujica, M., Alcázar, J., Cañedo, V. & Zegarra, O. (2012). *Developing integrated pest management for potato: experiences and lessons from two distinct potato production systems of Peru*. In *Sustainable potato production: global case studies*. He Z., Larkin, L., Honeycutt, W. (Eds), 419-450. Springer. DOI 10.1007/978-94-007-4104-1.
- Lamm, R. (1953). *Investigations on Some Tuber-Bearing Solanum Hybrids*. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1601-5223.1953.tb03404.x>  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/j.1601-5223.1953.tb03404.x>.
- Ley N.º26839. (1997). Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XV N.º 6228*, del 16 de julio de 1997. Recuperado de <file:///C:/Users/dcanedo/MINAM/Downloads/NL19970716.pdf>.
- Ley N.º27104. (2004). Ley de prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XVII N.º 6896*, del 12 de mayo de 1999. Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/comisionovm/ley27104.pdf>.
- Ley N.º28245. Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XXI N.º 8753*, del 08 de junio de 2004. Recuperado de <https://busquedas.elperuano.pe/download/full/94yYrw17qfhAKaHj6aalVf>.
- Ley N.º29811. (2011). Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un periodo de 10 años. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XXVIII N.º 11636*, del 09 de diciembre de 2011. Recuperado de [http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/leyes/ley29811\\_ley\\_prod\\_organismos\\_vivos.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/leyes/ley29811_ley_prod_organismos_vivos.pdf).
- Ley N.º30215 (2014). Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémico. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XXXI N.º 12902*, del 29 de junio de 2014. Recuperado de [http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley\\_302105\\_MRSE.pdf](http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2014/06/ley_302105_MRSE.pdf).
- Ley N.º27811. (2002). Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XX N.º 8085*, del 10 de agosto de 2002. Recuperado de <http://www.mabs.jp/countries/others/pdf/231e.pdf>.
- Lizárraga, A., García, G. & Burgos, A. (2008). *Red de polinizadores del Perú. Informe Final*. Recuperado de <http://www.oas.org/dsd/iabin/component2/peru/ptn-raaa/informe%20final%20raaa.pdf>.
- Londo, J., Bautista, N., Sagers, C., Lee, E. & Watrud, L. (2010). *Glyphosate Drift Promotes Changes in Fitness and Transgene Gene flow in Canola (Brassica napus) and Hybrids*. Recuperado de <https://academic.oup.com/aob/article/106/6/957/140295>.
- Lynch J. (1990). *The rhizosphere*. Willey-Interscience, Chichester, Inglaterra.
- Machida-Hirano, R. (2015). *Diversity of Potato Genetic Resources*. Recuperado de [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4374561/pdf/65\\_26.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4374561/pdf/65_26.pdf)
- Mayer, E. (1981). *Uso de la tierra en los andes: Ecología y agricultura en el valle del Mantaro del Perú con referencia especial a la papa*. Recuperado de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNABD690.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABD690.pdf)
- Mendiburu, A.O. & Camadro, E. (1990). *Uso de haploides en el mejoramiento genético de la papa*. Recuperado de <https://books.google.com.pe/books?id=m4UbWZ-JFuOC&pg=PA216&dq=producci%C3%B3n+de+haploides+en+papa&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjb97xu-TYAhWF2IMKHSyDDZgQ6AEIJTAA#v=onepage&q=producci%C3%B3n%20de%20haploides%20en%20papa&f=false>

- Mercadeando. (2008). *Investigación sobre la situación y perspectivas del negocio de procesamiento de papa en tiras para pollerías, restaurantes y supermercados*. [http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especial-es/congreso\\_papa/negocio\\_procesamiento\\_papa\\_tiras.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especial-es/congreso_papa/negocio_procesamiento_papa_tiras.pdf)
- Meza, K. (2014). *Capacidad de establecimiento y supervivencia de poblaciones de papa en competencia con la flora pionera en tres localidades*. Tesis para optar Título de Ing. Agrónomo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Recuperado de <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/546/TM-RKP-863.pdf?sequence=1>.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (2017). *Papa: Características de la Producción Nacional y de la Comercialización en Lima Metropolitana*. Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017?download=11225:boletin-de-produccion-nacional-de-papa>.
- Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). (s/f.). Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/23-sector-agrario/cultivos-de-importancia-nacional/183-papa>.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009). Decreto Supremo N.º 012-2009. Política Nacional del Ambiente. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XXVI N.º 10605* del 22 de mayo de 2009. Perú. Recuperado de [http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_012-2009-MINAM.pdf](http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_012-2009-MINAM.pdf).
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2012). Decreto Supremo N.º 008-2012. Reglamento de la Ley que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados al Territorio Nacional por un período de 10 años. Publicado en *El Peruano Diario Oficial Año XXIX N.º 12059*, del 14 de noviembre de 2012. Perú. Recuperado de [http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds\\_008-2012-MINAM.pdf](http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_008-2012-MINAM.pdf).
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). *Elaboración de Mapas de Distribución y Estudio Socioeconómico de la Diversidad Genética de la Papa*. Recuperado de <http://genesperu.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/Papa1-Elaboracion-de-mapas-de-distribucion-y-estudio-socioeconomico-de-la-diversidad-genetica-de-la-papa.pdf>.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *El Perú y el Cambio Climático. Tercera Comunicación Nacional del Perú*. Recuperado de <http://www.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2016/05/Tercera-Comunicaci%C3%B3n.pdf>.
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Estudio sobre Biología Floral, Cruzabilidad y Flujo de Polen de la Papa*. Recuperado de <http://genesperu.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2017/11/Papa2-Biolog%C3%A1-da-floral-y-flujo-de-polen.pdf>.
- Monares, A. & Achata, A. (1988). *Producción de semilla sexual (híbrida) de papa en Chile: Factibilidad económica*. Recuperado de [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNABE630.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABE630.pdf).
- Muthoni, J., Shimelis, H., Melis, R. & Kabira, J. (2012). *Genetics and Reproductive Biology of Cultivated Potato (Solanum tuberosum L.): Implications in Breeding*. Recuperado de [https://www.academia.edu/22918535/Genetics\\_and\\_Reproductive\\_Biology\\_of\\_Cultivated\\_Potato\\_Solanum\\_tuberosum\\_L\\_](https://www.academia.edu/22918535/Genetics_and_Reproductive_Biology_of_Cultivated_Potato_Solanum_tuberosum_L_)
- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, NASEM. (2016). *Genetically Engineered Crops: Experiences and Prospects*. Recuperado de <https://www.nap.edu/catalog/23395/genetically-engineered-crops-experiences-and-prospects>.
- National Academy of Sciences, NAS. (2016). *Gene Drives on the Horizon Advancing Science, Navigating Uncertainty, and Aligning Research with Public Values*. Recuperado de <http://nas-sites.org/gene-drives/files/2015/08/Gene-Drives-Brief06.pdf>.
- Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M., & Lee, D. (2009). *Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI Washington, D.C.
- Ochoa, C. (1989). *Solanum Serie Simplíicissima*, nueva serie tuberífera de la sect. Petota (Solanaceae). *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* 17:321–323.
- Ochoa, C. (1990). *The Potatoes of South America: Bolivia*. Cambridge University Press. 535 p.

- Ochoa, C. (1999). *Las papas de Sudamérica: Perú (Parte I)*. International Potato Center, Lima. 1036 p.
- Ordinola, M., Devaux, A., Manrique, K., Fonseca, C. & Thomann, A. (2009). *Generando Innovaciones para el Desarrollo Competitivo de la Papa en el Perú*. Recuperado de [http://cipotato.org/wp-content/uploads/publication\\_files/books/004776.pdf](http://cipotato.org/wp-content/uploads/publication_files/books/004776.pdf).
- Ordóñez, B., Orrillo, M. & Bonierbale, B. (2017). *Technical Manual. Potato Reproductive and Cytological Biology*. Recuperado de <https://research.cip.cgiar.org/confluence/download/attachments/60197396/TechnicalManualPotatoreproductiveandcytologicalbiologyEnglishVersion.pdf?api=v2>.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>.
- Ortiz, R. & Ehlenfeldt, M. (1992). *The Importance of Endosperm Balance Number in Potato Breeding and the Evolution of Tuber-Bearing Solanum species*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00029665>.
- Ovchinnikova, A., Krylova, E. Gavrilenko, T., Smekalova, T. Zhuk, M., Knapp, S. & Spooner, D. (2011). *Taxonomy of Cultivated Potatoes (Solanum section Petota: Solanaceae)*. Recuperado de <https://vcru.wisc.edu/spoonerlab/pdf/Cultivated%20potato%20taxonomy.pdf>.
- Pérez, W. & Forbes, G. (2011). *Guía de identificación de plagas y enfermedades que afectan a la papa*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/019/as407s/as407s.pdf>.
- Pixley, K. (2016). *Cultivos Modificados por Ingeniería Genética: pasado y futuro*. Recuperado de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/Herramientas-ensenanza-investigacion/Seminarios/Docs/Pixley-CIBIOGEM-11Ago2016.pdf>.
- Pradel, W., Hareau, G., Quintanilla, L. & Suárez, V. (2017). *Adopción e Impacto de Variedades Mejoradas de Papa en el Perú: Resultado de una encuesta a nivel nacional*. Recuperado de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/83497/CIP-Adopcion-e-impacto-de-variedades-de-papa.pdf?sequence=2>.
- Presidencia del Consejo de Ministros. (2002). Decreto Supremo N.º 108-2002. Reglamento de la Ley de Prevención de Riesgos derivados del uso de la Biotecnología. Publicado en *El Peruano Diario Oficial XX N.º 8164, del 28 de octubre de 2002*. Perú. Recuperado de [https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/jer/DIR\\_NOR\\_CUAVEG/00073.pdf](https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/jer/DIR_NOR_CUAVEG/00073.pdf).
- Proexpansión. (2011). *Cambios del sector papa en el Perú en la última década: Los aportes del proyecto Innovación y Competitividad de la Papa (INCOPA)*. Recuperado de <http://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/08/005852.pdf>.
- Quevedo, M., Oviedo, F. & Casanova, L. (2012). *La papa. Principales aspectos de la Cadena Productiva*. Recuperado de <http://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/handle/MINAGRI/54/papa.cadena%202012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Quiros, C., Brush, B., Douches, D., Zimmerer, K.S. & Huestis, G. (1990). *Biochemical and Folk Assessment of Variability of Andean Cultivated Potatoes*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02860490?no-access=true>.
- Raymundo, R., Asseng, S., Robertson, R., Petsakos, A., Hoogenboom, G., Quiroz, R., Hareau, G., Wolf, J. (2017) *European Journal of Agronomy*. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.eja.2017.11.008>
- Resolución Legislativa N.º 26181. Aprueban el Convenio sobre Diversidad Biológica adoptado en Río de Janeiro. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/3668B0BB-3BA1C20605257DCC006A04D1/\\$FILE/4\\_Aprueban\\_ConvenioDiversidad\\_Biol%C3%B3gica\\_R%C3%ADO\\_Janeiro\\_26181.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/3668B0BB-3BA1C20605257DCC006A04D1/$FILE/4_Aprueban_ConvenioDiversidad_Biol%C3%B3gica_R%C3%ADO_Janeiro_26181.pdf) .
- Resolución Legislativa N.º 28170. Resolución legislativa que aprueba el Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Publicado en *El Peruano N.º 8638, del 15 de febrero de 2004*, Lima. Recuperado de <http://genesperu.MINAM.gob.pe/wp-content/uploads/2016/09/03.-RL-N%C2%B0-28170.pdf>.
- Rimachi, F., Juárez, H., Farro, S. & Guzmán, S. (2013). *Desarrollo de un protocolo de análisis espacial para apoyar la toma de decisiones sobre la hipotética liberación de organismos genéticamente modificados en el*

- cultivo de maíz en el Perú*. Recuperado de <http://www.lacbiosafety.org/wp-content/uploads/2013/05/Perú-Gis.pdf>.
- Roca, W. (2013). *Cultivos en centros de origen: Flujo de genes en papa*. Presentación en evento del Proyecto de Implementación del Marco de Bioseguridad. Ministerio del Ambiente, Quito, Ecuador. Mayo 6-7. 8 pp.
- Rodríguez, L. (2010). *Origen y evolución de la papa cultivada. Una revisión*. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/agc/v28n1/v28n1a02.pdf>.
- Salas, A., Spooner, D., Huamán, Z., Maita, R., Hoekstra, R., Schüler, K., & Hijmans, R. (2001). *Taxonomy and new collections of wild potato species in central and southern Peru in 1999*. *American Journal of Potato Research*, 78(3), 197-207. DOI: 10.1007/BF02883545
- Sánchez, G., Abad, J., Gutarra, L., Lázaro, M. & Untiveros, D. (1986). *Principales plagas y enfermedades de la papa en el Perú*. Serie Manula Técnico. INIPA. Lima, 229 p.
- Särkinen, T. Baden, M., Gonzáles, P., Cueva, M., Giacomini, L., Spooner, D.M., Reinhard, S., Juárez, H., Nina, P., Molina, J. & Knapp, S. (2015). *Listado anotado de Solanum L. (Solanaceae) en el Perú*. Recuperado de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v22n1/a01v22n1.pdf>.
- Scurrah, M., Celis Gamboa, C., Chumbiauca, S., Salas, A. & Visser, R. (2008). *Hybridization between Wild and Cultivated Potato Species in the Peruvian Andes and Biosafety Implications for Deployment of GM potatoes*. Recuperado de <http://edepot.wur.nl/22583>.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, SCDB. (2000). *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Recuperado de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/cartagena-protocol-es.pdf>.
- Sepúlveda, P. (2013). *Diversidad de abejas (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) en cultivos de papa (Solanum tuberosum L.) y su efecto en la polinización*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/9488/1/44946092.2013.pdf>.
- Sevilla, R. (2010). *Historia del mejoramiento genético de plantas en el Perú*. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/54188060940DB95605257D94005AD1D0/\\$FILE/PrimerCongresoPeruanoMejoramientoGen%C3%A9ticoYBiotecnolog%C3%ADa.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/54188060940DB95605257D94005AD1D0/$FILE/PrimerCongresoPeruanoMejoramientoGen%C3%A9ticoYBiotecnolog%C3%ADa.pdf).
- Simplot Plant Science. (2017). *Innate*. Recuperado de <http://www.innatepotatoes.com/gen-one>.
- Spooner D. & Hetterscheid, W.L. (2005). *Origins, evolution, and Group classification of cultivated potatoes*. Recuperado de <https://vcru.wisc.edu/spoonerlab/pdf/darwins%20harvest%20total.pdf>.
- Spooner, D. (2016). *Species delimitations in plants: lessons learned from potato taxonomy by a practicing taxonomist*. *J. Syst. Evol.* 54: 191-203.
- Spooner, D. & Hijmans, R. (2001). *Potato systematics and germplasm collecting, 1989–2000*. *American Journal of Potato Research* 78: 237-268.
- Spooner, D., Alvarez, N., Peralta, I. E., & Clausen, A. M. (2016). Taxonomy of wild potatoes and their relatives in southern South America (*Solanum* sects. *Petota* and *Etuberosum*). *Syst. Bot. Monogr.* 100: 1-240.
- Spooner, D. & Van den Berg, R. G. (1992). *An Analysis of Recent Taxonomic Concepts in Wild Potatoes (Solanum sect. Petota)*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00052651>.
- Spooner, D., Gavrilenko, T., Jansky, S.H., Ovchinnikova, A., Krylova, E., Knapp, S. & Simon, R. (2010). *Ecogeography of Ploidy Variation in Cultivated Potato (Solanum sect. Petota)*. Recuperado de <http://www.amjbot.org/content/97/12/2049.full.pdf+html>.
- Spooner, D., Ghislain, M., Simon, R., Jansky, H. & Gavrilenk, T. (2014). *Systematics, Diversity, Genetics, and Evolution of Wild and Cultivated Potatoes*. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/269723251\\_Systematics\\_Diversity\\_Genetics\\_and\\_Evolution\\_of\\_Wild\\_and\\_Cultivated\\_Potatoes](https://www.researchgate.net/publication/269723251_Systematics_Diversity_Genetics_and_Evolution_of_Wild_and_Cultivated_Potatoes).
- Spooner, D., Núñez, J., Trujillo, G., Herrera, M., Guzmán, F., & Ghislain, M. (2007). *Extensive simple sequence repeat genotyping of potato landraces supports a major reevaluation of their gene pool structure and classification*. *PNAS* 104(49): 19398–19403. Recuperado de [https://www.jstor.org/stable/25450721?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/25450721?seq=1#page_scan_tab_contents).
- Tate R. (1995). *Soil microbiology*. New York, EEUU: John Wiley & Sons.

- Torres, F. (2007). *Las rutas de la semilla de papa: el atajo o "camino derecho"*. Recuperado de <http://www.leisa-al.org/web/images/stories/revistapdf/vol23n2.pdf>.
- Turner, A. & Ewing, E.E. (1988). *Effects of Photoperiod, Night temperature, and Irradiance on Flower Production in the Potato*. Recuperado de <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02365534>.
- Vereau, V., Cigarán, M., Castelo, E., Zevallos, M., Macera, L., Eguren, L. & Cigarán, M. (2008). *El Cambio Climático y la necesidad de decisiones estratégicas*. Recuperado de <http://libelula.com.pe/wp-content/uploads/2014/10/UK-CC--version-12-05-baja.pdf>.
- Watanabe, K. (2015). *Potato Genetics, Genomics, and Applications*. *Breeding Science* 65: 53-68. Recuperado de [https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4374564/pdf/65\\_53.pdf](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4374564/pdf/65_53.pdf).
- Yeu, Y. & Stewart Jr., C.N. (2013). *Less is More: Strategies to Remove Marker Genes From Transgenic Plants*. Recuperado de <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3689633/pdf/1472-6750-13-36.pdf>.
- Zúñiga, N. (2012). *Zonas agroecológicas de la sierra central del Perú donde se cultivan papas nativas*. Lima: INIA-Perú.



Anexo 1. Clasificación taxonómica de la papa según Hawkes (1990)

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
<b>Subsección Estolonifera Hawkes</b>				
	1	<i>Solanum brevidens</i> Phil.		
	2	<i>Solanum etuberosum</i> Lindl.		
<b>Serie I Etuberosa Juz</b>	3	<i>Solanum fernandezianum</i> Phil.		
	4	<i>Solanum palustre</i> Poepp.		
	5	<i>Solanum subandinum</i> Meigen		
	6	<i>Solanum juglandifolium</i> Dun.		
<b>Serie II Juglandifolia (Rydb.) Hawkes</b>	7	<i>Solanum ochranthum</i> Dun.		
	8	<i>Solanum lycopersicoides</i> Dun.		
	9	<i>Solanum sitiens</i> Johnston		
<b>Subsección Potatoe G.Don</b>				
<b>Serie I Morelliformia Hawkes</b>	10	<i>Solanum morelliforme</i> Bitt. et Muench		
<b>Serie II Bulbocastana (Rydb.) Hawkes</b>		<i>Solanum bulbocastanum</i> Dun.		
	11	<i>S. bulbocastanum</i>	subsp. <i>bulbocastanum</i>	
		<i>S. bulbocastanum</i>	subsp. <i>dolichophyllum</i> (Bitt.) Hawkes	
		<i>S. bulbocastanum</i>	subsp. <i>partitum</i> (Corr.) Hawkes	
	12	<i>Solanum clarum</i> Corr.		
<b>Serie III Pinnatisecta (Rydb.) Hawkes</b>		<i>Solanum brachistotrichum</i> (Bitt.) Rydb.		
		<i>Solanum cardiophyllum</i> Lindl.		
	14	<i>S. cardiophyllum</i>	subsp. <i>cardiophyllum</i>	
		<i>S. cardiophyllum</i>	subsp. <i>ehrenbergii</i> Bitt.	
		<i>S. cardiophyllum</i>	subsp. <i>lanceolatum</i> (Berth.) Bitt.	
	15	<i>Solanum hintonii</i> Corr.		
	16	<i>Solanum jamesii</i> Torr.		

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
<b>Serie III Pinnatisecta (Rydb.) Hawkes</b>	17	<i>Solanum</i> × <i>michoacanum</i> (Bitt.) Rydb.		
	18	<i>Solanum nayaritense</i> (Bitt.) Rydb.		
	19	<i>Solanum pinnatisectum</i> Dun.		
	20	<i>Solanum</i> × <i>sambucinum</i> Rydb.		
	21	<i>Solanum stenophyllidium</i> Bitt.		
	22	<i>Solanum tarnii</i> Hawkes et Hjerting		
	23	<i>Solanum trifidum</i> Corr.		
<b>Serie IV Polyadenia Buk. ex Correll</b>				
	24	<i>Solanum lesteri</i> Hawkes et Hjerting		
	25	<i>Solanum polyadenium</i> Greenm.		
<b>Serie V Commersoniana Buk.</b>				
	26	<i>Solanum calvescens</i> Bitt.		
		<i>Solanum commersonii</i> Dun.		
	27	<i>S. commersonii</i>	subsp. <i>commersonii</i>	
		<i>S. commersonii</i>	subsp. <i>malmeanum</i> (Bitt.) Hawkes et Hjerting	
<b>Serie VI Circaeifolia Hawkes</b>				
	28	<i>Solanum capsibaccatum</i> Cárđ.		
		<i>Solanum circaeifolium</i> Bitt.		
	29	<i>S. circaeifolium</i>	subsp. <i>circaeifolium</i>	
		<i>S. circaeifolium</i>	subsp. <i>quimense</i> Hawkes et Hjerting	
	30	<i>Solanum soestii</i> Hawkes et Hjerting		
<b>Serie VII Lignicaulia Hawkes</b>				
	31	<i>Solanum lignicaule</i> Vargas		Sí
<b>Serie VIII Olmosiana Ochoa</b>				
	32	<i>Solanum olmosense</i> Ochoa		Sí
<b>Serie IX Yungasensa Corr.</b>				
	33	<i>Solanum arnezii</i> Cárđ.		
		<i>Solanum chacoense</i> Bitt.		
	34	<i>S. chacoense</i>	subsp. <i>chacoense</i>	
		<i>S. chacoense</i>	subsp. <i>muelleri</i> (Bitt.) Hawkes et Hjerting	

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
<b>Serie IX Yungasensa Corr.</b>				
	35	<i>Solanum huancabambense</i> Ochoa		Sí
	36	<i>Solanum tarijense</i> Hawkes		
	37	<i>Solanum yungasense</i> Hawkes		
	38	<i>Solanum flavoviridens</i> Ochoa		
	39	<i>Solanum</i> × <i>litusinum</i> Ochoa		
	40	<i>Solanum</i> × <i>trigalense</i> Cárđ.		
	41	<i>Solanum</i> × <i>zudaniense</i> Cárđ.		
<b>Serie X Megistacroloba Cárđ. et Hawkes</b>				
	42	<i>Solanum astleyi</i> Hawkes et Hjerting		
	43	<i>Solanum boliviense</i> Dun.		
	44	<i>Solanum chavinense</i> Corr.		Sí
	45	<i>Solanum hastiforme</i> Corr.		Sí
	46	<i>Solanum hawkesii</i> Cárđ.		Sí
	47	<i>Solanum huanucense</i> Ochoa		Sí
	48	<i>Solanum megistacrolobum</i> Bitt.		
	49	<i>Solanum raphanifolium</i> Cárđ. et Hawkes		Sí
	50	<i>Solanum sanctae-rosae</i> Hawkes		
	51	<i>Solanum sogarandinum</i> Ochoa		Sí
	52	<i>Solanum toralapanum</i> Cárđ. et Hawkes		
<b>Serie XI Cuneolata Hawkes</b>				
	53	<i>Solanum anematophilum</i> Ochoa		Sí ( <i>S. anamatophilum</i> , Ochoa 1999)
	54	<i>Solanum infundibuliforme</i> Phil.		
	55	<i>Solanum peloquinianum</i> Ochoa		Sí
<b>Serie XII Conicibaccata Bitt.</b>				
	56	<i>Solanum agrimonifolium</i> Rydb.		
	57	<i>Solanum buesii</i> Vargas		Sí
	58	<i>Solanum chomatophilum</i> Bitt.		Sí
	59	<i>Solanum colombianum</i> Dun.		
	60	<i>Solanum contumazaense</i> Ochoa		Sí
	61	<i>Solanum donachui</i> (Ochoa) Ochoa		
	62	<i>Solanum flahaultii</i> Bitt.		
	63	<i>Solanum laxissimum</i> Bitt.		Sí

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
	64	<i>Solanum longiconicum</i> Bitt.		
	65	<i>Solanum moscopanum</i> Hawkes		
	66	<i>Solanum multiflorum</i> Vargas		Sí
	67	<i>Solanum neovalenzuelae</i> L. Lopez		
	68	<i>Solanum otites</i> Dun.		
	69	<i>Solanum oxycarpum</i> Schiede		
	70	<i>Solanum pamplonense</i> L. Lopez		
	71	<i>Solanum paucijugum</i> Bitt.		
	72	<i>Solanum pillahuatense</i> Vargas		Sí
	73	<i>Solanum santolallae</i> Vargas		Sí
	74	<i>Solanum subpanduratum</i> Ochoa		
	75	<i>Solanum urubambae</i> Juz.		Sí
	76	<i>Solanum villuspetalum</i> Vargas		Sí
	77	<i>Solanum violaceimarmoratum</i> Bitt.		
	78	<i>Solanum woodsonii</i> Corr.		
<b>Serie XII Conicibaccata Bitt.</b>	79	<i>Solanum ayacuchense</i> Ochoa		Sí
	80	<i>Solanum bombycinum</i> Ochoa		
	81	<i>Solanum burkartii</i> Ochoa		Sí
	82	<i>Solanum cacetanum</i> Ochoa		
	83	<i>Solanum calacalinum</i> Ochoa		
	84	<i>Solanum garcia-barrigae</i> Ochoa		
	85	<i>Solanum irosinum</i> Ochoa		Sí
	86	<i>Solanum jaenense</i> Ochoa		Sí
	87	<i>Solanum limbaniense</i> Ochoa		Sí
	88	<i>Solanum nemorosum</i> Ochoa		Sí
	89	<i>Solanum neovargasii</i> Ochoa		Sí
	90	<i>Solanum neovavilovii</i> Ochoa		
	91	<i>Solanum nubicola</i> Ochoa		Sí
	92	<i>Solanum orocense</i> Ochoa		
	93	<i>Solanum salasianum</i> Ochoa		Sí

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
	94	<i>Solanum sucubunense</i> Ochoa		
	95	<i>Solanum trinitense</i> Ochoa		Sí
<b>Serie XII Conicibaccata Bitt.</b>	93	<i>Solanum salasianum</i> Ochoa		Sí
	94	<i>Solanum sucubunense</i> Ochoa		
	95	<i>Solanum trinitense</i> Ochoa		Sí
<b>Serie XIII Piurana Hawkes</b>				
	96	<i>Solanum acroglossum</i> Juz.		Sí
	97	<i>Solanum albornozii</i> Corr.		
	98	<i>Solanum cantense</i> Ochoa		Sí
	99	<i>Solanum chilliasense</i> Ochoa		
	100	<i>Solanum cyanophyllum</i> Corr.		
	101	<i>Solanum hypacarthrum</i> Bitt.		Sí
	102	<i>Solanum jalcae</i> Ochoa		Sí
	103	<i>Solanum paucissectum</i> Ochoa		Sí
	104	<i>Solanum piurae</i> Bitt.		Sí
	105	<i>Solanum solisii</i> Hawkes		
	106	<i>Solanum tuquerrense</i> Hawkes		
	107	<i>Solanum yamobambense</i> Ochoa		Sí
	108	<i>Solanum aridophilum</i> Ochoa		Sí
	109	<i>Solanum blanco-galdosii</i> Ochoa		Sí
	110	<i>Solanum pascoense</i> Ochoa		Sí
	101	<i>Solanum hypacarthrum</i> Bitt.		Sí
	102	<i>Solanum jalcae</i> Ochoa		Sí
	103	<i>Solanum paucissectum</i> Ochoa		Sí
	104	<i>Solanum piurae</i> Bitt.		Sí
	105	<i>Solanum solisii</i> Hawkes		
	106	<i>Solanum tuquerrense</i> Hawkes		
	107	<i>Solanum yamobambense</i> Ochoa		Sí
	108	<i>Solanum aridophilum</i> Ochoa		Sí
	109	<i>Solanum blanco-galdosii</i> Ochoa		Sí
	110	<i>Solanum pascoense</i> Ochoa		Sí

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
<b>Serie XIV Ingifolia Ochoa</b>				
	111	<i>Solanum ingifolium</i> Ochoa		Sí ( <i>S. ingaeifolium</i> , Ochoa 1999)
	112	<i>Solanum raquialatum</i> Ochoa		Sí
<b>Serie XV Maglia Bitt.</b>				
	113	<i>Solanum maglia</i> Schlechtd.		
<b>Serie XVI Tuberosa (Rydb.) Hawkes (wild species)</b>				
<b>Grupo (i)</b>	114	<i>Solanum andreanum</i> Baker		
	115	<i>Solanum correllii</i> Ochoa		
	116	<i>Solanum lobbianum</i> Bitt.		
	117	<i>Solanum minutifolium</i> Corr.		
	118	<i>Solanum paramoense</i> Bitt.		
<b>México, Venezuela, Colombia y Ecuador</b>	119	<i>Solanum regularifolium</i> Corr.		
	120	<i>Solanum suffrutescens</i> Corr.		
	121	<i>Solanum verrucosum</i> Schlechtd.		
	122	<i>Solanum burtonii</i> Ochoa		
	123	<i>Solanum leptosepalum</i> Corr.		
	124	<i>Solanum macropilosum</i> Corr.		
<b>Grupo (ii)</b>				
	125	<i>Solanum abancayense</i> Ochoa		Sí
	126	<i>Solanum acroscopicum</i> Ochoa		Sí
	127	<i>Solanum ambosinum</i> Ochoa		Sí
	128	<i>Solanum bukasovii</i> Juz.		Sí
	129	<i>Solanum cajamarquense</i> Ochoa		Sí
<b>Perú</b>	130	<i>Solanum canasense</i> Hawkes		Sí
	131	<i>Solanum chancayense</i> Ochoa		Sí
	132	<i>Solanum chiquidenum</i> Ochoa		Sí
	133	<i>Solanum chrysoflorum</i> Ochoa		Sí
	134	<i>Solanum coelestipetalum</i> Vargas		Sí
	135	<i>Solanum dolichocreamstrum</i> Bitt.		Sí
	136	<i>Solanum gracilifrons</i> Bitt.		Sí

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
	137	<i>Solanum guzmanguense</i> Whalen et Saggást.		Sí
	138	<i>Solanum huarochiriense</i> Ochoa		Sí
	139	<i>Solanum humectophilum</i> Ochoa		Sí
	140	<i>Solanum immite</i> Dun.		Sí
	141	<i>Solanum leptophyes</i> Bitt.		
	142	<i>Solanum marinasense</i> Vargas		Sí
	143	<i>Solanum medians</i> Bitt.		Sí
	144	<i>Solanum mochiquense</i> Ochoa		Sí
	145	<i>Solanum moniliforme</i> Corr.		Sí
	146	<i>Solanum multidissectum</i> Hawkes		Sí
	147	<i>Solanum multiinterruptum</i> Bitt.		Sí
	148	<i>Solanum neoweberbaueri</i> Wittm.		Sí
	149	<i>Solanum orophilum</i> Corr.		Sí
	150	<i>Solanum pampasense</i> Hawkes		Sí
Perú	151	<i>Solanum rhomboideilanceolatum</i> Ochoa		Sí
	152	<i>Solanum sandemanii</i> Hawkes		Sí
	153	<i>Solanum sicuanum</i> Hawkes		
	154	<i>Solanum sparsipilum</i> (Bitt.) Juz. et Buk.		
	155	<i>Solanum tacnaense</i> Ochoa		Sí
	156	<i>Solanum weberbaueri</i> Bitt.		Sí
	157	<i>Solanum wittmackii</i> Bitt.		Sí
	158	<i>Solanum amayanum</i> Ochoa		Sí
	159	<i>Solanum antacochense</i> Ochoa		Sí
	160	<i>Solanum augustii</i> Ochoa		Sí
	161	<i>Solanum aymaraesense</i> Ochoa		Sí
	162	<i>Solanum bill-hookeri</i> Ochoa		Sí
	163	<i>Solanum hapalosum</i> Ochoa		Sí
	164	<i>Solanum incahuasinum</i> Ochoa		Sí
	165	<i>Solanum incasicum</i> Ochoa		Sí

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
Perú	166	<i>Solanum irosinum</i> Ochoa		Sí
	167	<i>Solanum longiusculus</i> Ochoa		Sí
	168	<i>Solanum lopez-camarenae</i> Ochoa		Sí
	169	<i>Solanum parvicorollatum</i> Lechn.		Sí
	170	<i>Solanum quillonanum</i> Ochoa		Sí ( <i>S. chillonanum</i> , Ochoa 1999)
	171	<i>Solanum sarasarae</i> Ochoa		Sí
	172	<i>Solanum sawyeri</i> Ochoa		Sí
	173	<i>Solanum scabrifolium</i> Ochoa		Sí
	174	<i>Solanum tapojense</i> Ochoa		
	175	<i>Solanum tarapatanum</i> Ochoa		Sí
Grupo (iii)	176	<i>Solanum taulisense</i> Ochoa		Sí
	177	<i>Solanum velardei</i> Ochoa		Sí
	178	<i>Solanum achacachense</i> Cárđ.		
	179	<i>Solanum alandiae</i> Cárđ.		
	180	<i>Solanum avilesii</i> Hawkes et Hjerting		
	181	<i>Solanum berthaultii</i> Hawkes		
	182	<i>Solanum brevicaule</i> Bitt.		
	183	<i>Solanum</i> × <i>bruecheri</i> Corr.		
	184	<i>Solanum candolleanum</i> Berth.		
	Bolivia, Argentina y Chile	185	<i>Solanum</i> × <i>doddsii</i> Corr.	
186		<i>Solanum gandarillasii</i> Cárđ.		
		<i>Solanum gourlayi</i> Hawkes		
		<i>S. gourlayi</i>	subsp. <i>gourlayi</i>	
187		<i>S. gourlayi</i>	subsp. <i>saltense</i> Clausen et Okada	
		<i>S. gourlayi</i>	subsp. <i>vidaurrei</i> (Cárđ.) Hawkes et Hjerting	
		<i>S. gourlayi</i>	subsp. <i>pachytrichum</i> (Hawkes) Hawkes et Hjerting	
188		<i>Solanum hondelmannii</i> Hawkes et Hjerting		
189		<i>Solanum hoopesii</i> Hawkes et Okada		

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA	
	190	<i>Solanum incamayoense</i> Okada et Clausen			
	191	<i>Solanum kurtzianum</i> Bitt. et Wittm.			
	192	<i>Solanum leptophyes</i> Bitt.			
		<i>Solanum microdontum</i> Bitt.			
	193	<i>S. microdontum</i>	subsp. <i>microdontum</i>		
		<i>S. microdontum</i>	subsp. <i>gigantophyllum</i> (Bitt.) Hawkes et Hjerting		
	194	<i>Solanum</i> × <i>mollepujroense</i> Cárđ. et Hawkes			
	195	<i>Solanum neocardenasii</i> Hawkes et Hjerting			
	196	<i>Solanum neorossii</i> Hawkes et Hjerting			
	197	<i>Solanum okadae</i> Hawkes et Hjerting			
	198	<i>Solanum oplocense</i> Hawkes			
	199	<i>Solanum</i> × <i>rechei</i> Hawkes et Hjerting			
	200	<i>Solanum</i> × <i>ruiz-lealii</i> Brücher			
Bolivia, Argentina y Chile	201	<i>Solanum</i> × <i>setulosistylum</i> Bitt.			
		<i>Solanum sparsipilum</i> (Bitt.) Juz. et Buk.			
	202	<i>S. sparsipilum</i>	subsp. <i>sparsipilum</i>		
		<i>S. sparsipilum</i>	subsp. <i>calcense</i> Hawkes		
	203	<i>Solanum spegazzinii</i> Bitt.			
	204	<i>Solanum</i> × <i>subandigena</i> Hawkes			
	205	<i>Solanum</i> × <i>sucrense</i> Hawkes			
	206	<i>Solanum tuberosum</i> L. (escaped forms)			
	207	<i>Solanum ugentii</i> Hawkes et Okada			
	208	<i>Solanum venturii</i> Hawkes et Hjerting			
			<i>Solanum vernei</i> Bitt. et Wittm.		
	209	<i>S. vernei</i>	subsp. <i>vernei</i>		
		<i>S. vernei</i>	subsp. <i>ballsii</i> (Hawkes) Hawkes et Hjerting		
210	<i>Solanum virgultorum</i> (Bitt.) Cárđ. et Hawkes				

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
<b>Serie XVI Tuberosa</b>				
(cultivated species)	211	<i>Solanum ajanhuiri</i> Juz. et Buk.		
	212	<i>Solanum chaucha</i> Juz. et Buk.		
	213	<i>Solanum curtilobum</i> Juz. et Buk.		
	214	<i>Solanum juzepczukii</i> Buk.		
		<i>Solanum phureja</i> Juz. et Buk.		
(cultivated species)	215	<i>S. phureja</i>	subsp. <i>phureja</i>	
		<i>S. phureja</i>	subsp. <i>hygrothermicum</i> (Ochoa) Hawkes	
		<i>S. phureja</i>	subsp. <i>estradae</i> (Lopez) Hawkes	
		<i>Solanum stenotomum</i> Juz. et Buk.		
216	<i>S. stenotomum</i>	subsp. <i>stenotomum</i>		
	<i>S. stenotomum</i>	subsp. <i>goniocalyx</i> (Juz. et Buk.) Hawkes		
		<i>Solanum tuberosum</i> L.		
217	<i>S. tuberosum</i>	subsp. <i>tuberosum</i>		
	<i>S. tuberosum</i>	subsp. <i>andigena</i> Hawkes		
<b>Serie XVII Acaulia Juz.</b>				
		<i>Solanum acaule</i> Bitt.		
218	<i>S. acaule</i>	subsp. <i>acaule</i>		
	<i>S. acaule</i>	subsp. <i>aemulans</i> (Bitt. et Wittm.) Hawkes et Hjerting		
	<i>S. acaule</i>	subsp. <i>puna</i> (Juz.) Hawkes et Hjerting		
219	<i>Solanum albicans</i> (Ochoa) Ochoa			Sí
220	<i>Solanum</i> × <i>indunii</i> Okada et Clausen			
221	<i>Solanum</i> × <i>viirsooi</i> Okada et Clausen			
<b>Serie XVIII Longipedicellata</b>				
		<i>Solanum fendleri</i> Asa Gray		
222	<i>S. fendleri</i>	subsp. <i>fendleri</i>		
	<i>S. fendleri</i>	subsp. <i>arizonicum</i> Hawkes		
223	<i>Solanum hjertingii</i> Hawkes			
224	<i>Solanum matehualae</i> Hjerting et Tarn			
225	<i>Solanum papita</i> Rydb.			
226	<i>Solanum polytrichon</i> Rydb.			

TAXÓN	n	ESPECIE	SUBESPECIE	ENDÉMICA
Serie XVIII Longipedicellata Buk.		<i>Solanum stoloniferum</i> Schlechtd. et Bche.		
	227	<i>S. stoloniferum</i>	subsp. <i>stoloniferum</i>	
		<i>S. stoloniferum</i>	subsp. <i>moreliae</i> Hawkes	
	228	<i>Solanum</i> κ <i>vallis-mexici</i> Juz.		
Serie XIX Demissa Buk.				
	229	<i>Solanum brachycarpum</i> Corr.		
	230	<i>Solanum demissum</i> Lindl.		
		<i>Solanum</i> κ <i>edinense</i> Berth.		
	231	<i>S. κ edinense</i>	subsp. <i>edinense</i>	
		<i>S. κ edinense</i>	subsp. <i>salamanii</i> (Hawkes) Hawkes	
	232	<i>Solanum guerreroense</i> Corr.		
	233	<i>Solanum hougasii</i> Corr.		
	234	<i>Solanum iopetalum</i> (Bitt.) Hawkes		
	235	<i>Solanum schenckii</i> Bitt.		
	236	<i>Solanum</i> κ <i>semidemissum</i> Juz.		

Anexo 2. Especies aceptadas de *Solanum* sección *Petota* con sinónimos, país de distribución, ploidía y número de balance del endospermo (EBN), y relaciones cladísticas basadas en marcadores moleculares. Tomado de Spooner et al., 2014

n	Taxón	Código	País	Ploidía y EBN*	Clado nuclear
<b>Especies silvestres</b>					
1	<i>Solanum acaule</i> <i>S. acaule</i> f. <i>incuyo</i> <i>S. acaule</i> var. <i>punae</i> (Juz.)	acl	ARG, BOL, PER	4x (2EBN)	Complejo
2	<i>Solanum acroglossum</i>	acg	PER	2x (2EBN)	3
3	<i>Solanum acroscopicum</i> <i>S. lopez-camarenae</i>	acs	PER	2x	4
4	<i>Solanum</i> × <i>aemulans</i> <i>S. acaule</i> subsp. <i>Aemulans</i> <i>S.</i> × <i>indunii</i>	aem	ARG	3x, 4x (2EBN)	4
5	<i>Solanum agrimonifolium</i>	agf	GUA, HON, MEX	4x (2EBN)	3 + 4
6	<i>Solanum albicans</i> <i>S. acaule</i> subsp. <i>palmirensis</i>	alb	ECU, PER	6x (4EBN)	3 + 4
7	<i>Solanum albornozii</i>	abz	ECU	2x (2EBN)	3
8	<i>Solanum amayanum</i>	amy	PER	2x (2EBN)	4
9	<i>Solanum amatophilum</i> <i>S. peloquinianum</i>	amp	PER	2x (2EBN)	3
10	<i>Solanum andreanum</i> <i>S. burtonii</i> <i>S. correllii</i> <i>S. cyanophyllum</i> <i>S. paucijugum</i> <i>S. regularifolium</i> <i>S. serratoris</i> <i>S. solisii</i> <i>S. suffrutescens</i> <i>S. tuquerrense</i>	adr	COL, ECU	2x (2EBN) 4x (4EBN)	3
11	<i>Solanum augustii</i>	agu	PER	2x (1EBN)	3
12	<i>Solanum ayacuchense</i>	ayc	PER	2x (2EBN)	4
13	<i>Solanum berthaultii</i> <i>S. flavoviridens</i> <i>S. tarijense</i> <i>S.</i> × <i>litusinum</i> <i>S.</i> × <i>trigalense</i> <i>S.</i> × <i>zudaniense</i>	ber	ARG, BOL	2x (2EBN), 3x	4
14	<i>Solanum</i> × <i>blanco-galdosii</i>	blg	PER	2x (2EBN)	3

n	Taxón	Código	País	Ploidía y EBN*	Clado nuclear
15	<i>Solanum boliviense</i>	blv	ARG, BOL, PER	2x (2EBN)	4
	<i>S. astleyi</i>				
	<i>S. megistacrolobum</i>				
	<i>S. megistacrolobum f. purpureum</i>				
	<i>S. sanctae-rosae</i>				
	<i>S. toralapanum</i>				
16	<i>Solanum bombycinum</i>	bmb	BOL	4x	3 + 4
17	<i>Solanum brevicaule</i>	brc	ARG, BOL, PER	2x (2EBN)	4
	<i>S. alandiae</i>			4x (4EBN)	
	<i>S. avilesii</i>			6x (4EBN)	
	<i>S. gourlayi</i>				
	<i>S. gourlayi subsp. pachytrichum</i>				
	<i>S. gourlayi subsp. Saltense</i>				
	<i>S. gourlayi subsp. Vidaurrei</i>				
	<i>S. hondelmannii</i>				
	<i>S. hoopesii</i>				
	<i>S. incamayoense</i>				
	<i>S. leptophyes</i>				
	<i>S. oplocense</i>				
	<i>S. setulosistylum</i>				
	<i>S. sparsipilum</i>				
	<i>S. spegazzinii</i>				
	<i>S. sucrense</i>				
	<i>S. ugentii</i>				
<i>S. virgultorum</i>					
	<i>S. x subandigena</i>				
18	<i>Solanum x brucheri</i>	bru	ARG	3x	4
	<i>S. x viirsoii</i>				
19	<i>Solanum buesii</i>	bue	PER	2x (2EBN)	4
20	<i>Solanum bulbocastanum</i>	blb	GUA, HON, MEX	2x (1EBN)	1
	<i>S. bulbocastanum subsp. dolichophyllum</i>				
	<i>S. bulbocastanum subsp. partitum</i>				
21	<i>Solanum burkartii</i>	brk	PER	2x	4
	<i>S. irosinum</i>				
	<i>S. irosinum forma tarrosum</i>				
22	<i>Solanum cajamarquense</i>	cjm	PER	2x (1EBN)	3

n	Taxón	Código	País	Ploidía y EBN*	Clado nuclear
23	<i>Solanum candolleanum</i>	buk	PER	2x (2EBN), 3x	4
	<i>S. abancayense</i>				
	<i>S. achacachense</i>				
	<i>S. ambosinum</i>				
	<i>S. ancoripae</i>				
	<i>S. antacochense</i>				
	<i>S. aymaraesense</i>				
	<i>S. bill-hookeri</i>				
	<i>S. bukasovii</i>				
	<i>S. bukasovii</i> var. <i>multidissectum</i>				
	<i>S. bukasovii</i> forma <i>multidissectum</i>				
	<i>S. canasense</i>				
	<i>S. canasense</i> var. <i>kerophilum</i>				
	<i>S. chillonanum</i>				
	<i>S. coelestispetalum</i> Vargas				
	<i>S. hapalosum</i>				
	<i>S. huancavelicae</i>				
	<i>S. longiusculus</i>				
	<i>S. marinasense</i>				
	<i>S. multidissectum</i>				
	<i>S. orophilum</i>				
	<i>S. ortegae</i>				
	<i>S. pampasense</i>				
<i>S. puchupuchense</i>					
<i>S. sarasarae</i>					
<i>S. sawyeri</i>					
<i>S. saxatile</i>					
<i>S. sicuanum</i>					
<i>S. sparsipilum</i> subsp. <i>Calcense</i>					
<i>S. tapojense</i>					
<i>S. tarapatanum</i>					
<i>S. x mollepujroense</i>					
24	<i>Solanum cantense</i>	cnt	PER	2x (2EBN)	3
25	<i>Solanum cardiophyllum</i>	cph	MEX	2x (1EBN), 3x	1
	<i>S. cardiophyllum</i> subsp. <i>lanceolatum</i>				
26	<i>Solanum chacoense</i>	chc	ARG, BOL, BRA, PAR, PER, URU	2x (2EBN), 3x	4
	<i>S. arnezii</i>				
	<i>S. calvescens</i> Bitter				
	<i>S. chacoense</i> subsp. <i>chacoense</i>				
	<i>S. chacoense</i> subsp. <i>Muelleri</i>				
	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>yanacochense</i>				
<i>S. yungasense</i>					
27	<i>Solanum chilliasense</i>	chi	ECU	2x (2EBN)	3

n	Taxón	Código	País	Ploidía y EBN*	Clado nuclear
28	<i>Solanum chiquidenum</i>	chq	PER	2x (2EBN)	3
	<i>S. aridophilum</i>				
	<i>S. chiquidenum</i> forma <i>amazonense</i>				
	<i>S. chiquidenum</i> var. <i>gracile</i>				
	<i>S. chiquidenum</i> var. <i>robustum</i>				
29	<i>Solanum chomatophilum</i>	chm	ECU, PER	2x (2EBN)	3
	<i>S. chomatophilum</i> forma <i>sausianense</i>				
	<i>S. chomatophilum</i> var. <i>subnivale</i>				
	<i>S. huarochiriense</i>				
	<i>S. jalcae</i>				
	<i>S. pascoense</i>				
<i>S. taulisense</i>					
30	<i>Solanum clarum</i>	clr	GUA, MEX	2x	1
31	<i>Solanum colombianum</i>	col	COL, ECU, PER, VEN	4x (2EBN)	3 + 4
	<i>S. cacetanum</i>				
	<i>S. calacalinum</i>				
	<i>S. jaenense</i>				
	<i>S. moscopanum</i>				
	<i>S. nemorosum</i>				
	<i>S. orocense</i>				
	<i>S. otites</i>				
	<i>S. pamplonense</i>				
	<i>S. subpanduratum</i>				
	<i>S. paramoense</i>				
<i>S. sucubunense</i>					
32	<i>Solanum commersonii</i>	cmm	ARG, BRA, URU	2x (1EBN), 3x	
33	<i>Solanum contumazaense</i>	ctz	PER	2x (2EBN)	3
34	<i>Solanum demissum</i>	dms	GUA, MEX	6x (4EBN)	Complejo
	<i>S. x semidemissum</i>				
35	<i>Solanum x doddsii</i>	dds	BOL	2x (2EBN)	4
36	<i>Solanum dolichocremastrum</i>	dcm	PER	2x (1EBN)	3
	<i>S. chavinense</i>				
	<i>S. huanuchense</i>				
37	<i>Solanum x edinense</i>	edn	MEX	5x	4
	<i>S. x edinense</i> subsp. <i>salamanii</i>				
38	<i>Solanum ehrenbergii</i>	ehr	MEX	2x (1EBN)	1
	<i>S. cardiophyllum</i> subsp. <i>ehrenbergii</i>				
39	<i>Solanum flahaultii</i>	flh	COL	4x	3 + 4
	<i>S. neovalenzuelae</i>				
40	<i>Solanum gandarillasii</i>	gnd	BOL	2x (2EBN)	4
41	<i>Solanum garcia-barrigae</i>	gab	COL	4x	3 + 4
	<i>S. donachui</i>				
42	<i>Solanum gracilifrons</i>	grc	PER	2x	4

n	Taxón	Código	País	Ploidía y EBN*	Clado nuclear
43	<i>Solanum guerreroense</i>	grr	MEX	6x (4EBN)	Complejo
44	<i>Solanum hastiforme</i>	hsf	PER	2x (2EBN)	4
45	<i>Solanum hintonii</i>	hnt	MEX	2x	1
46	<i>Solanum hjertingii</i>	hjt	MEX	4x (2EBN)	1 + 4
	<i>S. hjertingii</i> var. <i>physaloides</i>				
	<i>S. leptosepalum</i>				
	<i>S. matehualae</i>				
47	<i>Solanum hougasii</i>	hou	MEX	6x (4EBN)	Complejo
48	<i>Solanum huancabambense</i>		PER	2x (2EBN)	3
49	<i>Solanum humectophilum</i>	hmp	PER	2x (1EBN)	3
50	<i>Solanum hypacrarthrum</i>	hcr	PER	2x (1EBN)	3
	<i>S. guzmanguense</i>				
51	<i>Solanum immite</i>	imt	PER	2x (1EBN), 3x	3
	<i>S. yamobambense</i>				
52	<i>Solanum incasicum</i>	ins	PER	2x (2EBN)	
53	<i>Solanum infundibuliforme</i>	inf	ARG, BOL	2x (2EBN)	4
54	<i>Solanum iopetalum</i>	iop	MEX	6x (4EBN)	3 + 4
	<i>S. brachycarpum</i>				
55	<i>Solanum jamesii</i>	jam	MEX, USA	2x (1EBN)	1
56	<i>Solanum kurtzianum</i>	ktz	ARG	2x (2EBN)	4
	<i>S. ruiz-lealii</i>				
57	<i>Solanum laxissimum</i>	lxs	PER	2x (2EBN)	4
	<i>S. neovargasii</i>				
	<i>S. santolallae</i>				
58	<i>Solanum lesteri</i>	les	MEX	2x	1
59	<i>Solanum lignicaule</i>	lgl	PER	2x (1EBN)	4
60	<i>Solanum limbaniense</i>	lmb	PER	2x (2EBN)	4
61	<i>Solanum lobbianum</i> Bitter	lbb	COL	4x (2EBN)	3 + 4
62	<i>Solanum longiconicum</i>	lgc	CRI, PAN	4x	3 + 4
63	<i>Solanum maglia</i>	mag	ARG, CHL	2x, 3x	
64	<i>Solanum malmeanum</i>		ARG, BRA, PAR, URU	2x (1EBN), 3x	
65	<i>Solanum medians</i>	med	CHL, PER	2x (2EBN)	4
	<i>S. arahuayum</i>				
	<i>S. sandemanii</i>				
	<i>S. tacnaense</i>				
	<i>S. weberbaueri</i>				
66	<i>Solanum x michoacanum</i>	mch	MEX	2x	1
67	<i>Solanum microdontum</i>	mcd	ARG, BOL	2x (2EBN), 3x	4
	<i>S. microdontum</i> subsp. <i>gigantophyllum</i>				
	<i>S. microdontum</i> var. <i>montepuncoense</i>				
68	<i>Solanum minutifoliolum</i>	min	ECU	2x (1EBN)	3

n	Taxón	Código	País	Ploidía y EBN*	Clado nuclear
69	<i>Solanum mochiqense</i>	mcq	PER	2x (1EBN)	3
	<i>S. chancayense</i>				
	<i>S. incahuasinum</i>				
70	<i>Solanum morelliforme</i>	mrl	BOL, GUA, MEX, HON	2x	1
71	<i>Solanum multiinterruptum</i>	mtp	PER	2x (2EBN), 3x	4
	<i>S. chrysoflorum</i>				
	<i>S. moniliforme</i>				
	<i>S. multiinterruptum</i> forma <i>albiflorum</i>				
	<i>S. multiinterruptum</i> forma <i>longipilosum</i>				
<i>S. multiinterruptum</i> var. <i>machaytambinum</i>					
72	<i>Solanum neocardenasii</i>	ncd	BOL	2x	
73	<i>Solanum neorossii</i>	nrs	ARG	2x	4
74	<i>Solanum neovavilovii</i>	nvv	BOL	2x (2EBN)	4
75	<i>Solanum</i> × <i>neoweberbaueri</i>	nwb	PER	3x	4
76	<i>Solanum nubicola</i>	nub	PER	4x (2EBN)	4
77	<i>Solanum okadae</i>	oka	BOL	2x	4
78	<i>Solanum olmosense</i>	olm	ECU, PER	2x (2EBN)	3
79	<i>Solanum oxycarpum</i>	oxc	MEX	4x (2EBN)	3 + 4
80	<i>Solanum paucissectum</i>	pcs	PER	2x (2EBN)	3
81	<i>Solanum pillahuatense</i>	pll	PER	2x (2EBN)	4
82	<i>Solanum pinnatisectum</i>	pnt	MEX	2x (1EBN)	1
83	<i>Solanum piurae</i>	pur	PER	2x (2EBN)	3
84	<i>Solanum polyadenium</i>	pld	MEX	2x	1
85	<i>Solanum raphanifolium</i>	rap	PER	2x (2EBN)	4
	<i>S. hawkesii</i>				
86	<i>Solanum raquialatum</i>	raq	PER	2x (1EBN)	3
	<i>S. ingaeifolium</i>				
87	<i>Solanum</i> × <i>rechei</i>	rch	ARG	2x, 3x	4
88	<i>Solanum rhomboideilanceolatum</i>	rhl	PER	2x (2EBN)	3
89	<i>Solanum salasianum</i>	sls	PER	2x	4
90	<i>Solanum</i> × <i>sambucinum</i>	smb	MEX	2x	1
91	<i>Solanum scabrifolium</i>	scb	PER	2x	3
92	<i>Solanum schenckii</i>	snk	MEX	6x (4EBN)	Complejo
93	<i>Solanum simplicissimum</i>	smp	PER	2x (1EBN)	3
94	<i>Solanum sogarandinum</i>	sgr	PER	2x (2EBN), 3x	4
95	<i>Solanum stenophyllidium</i>	sph	MEX	2x (1EBN)	1
	<i>S. brachistotrichium</i>				
	<i>S. nayaritense</i>				
96	<i>Solanum stipuloideum</i>	stp	BOL	2x (1EBN)	
	<i>S. circaeifolium</i>				
	<i>S. circaeifolium</i> subsp. <i>quimense</i>				
	<i>S. capsicibaccatum</i>				
	<i>S. soestii</i>				

n	Taxón	Código	País	Ploidía y EBN*	Clado nuclear
97	<i>Solanum stoloniferum</i>	sto	MEX, USA	4x (2EBN)	Complejo
	<i>S. fendleri</i>				
	<i>S. fendleri</i> subsp. <i>Arizonicum</i>				
	<i>S. papita</i>				
	<i>S. polytrichon</i>				
	<i>S. stoloniferum</i> subsp. <i>moreliae</i>				
98	<i>Solanum tarnii</i>	trn	MEX	2x	1
99	<i>Solanum trifidum</i>	trf	MEX	2x (1EBN)	1
100	<i>Solanum trinitense</i>	trt	PER	2x (1EBN)	3
101	<i>Solanum</i> × <i>vallis-mexici</i> Juz	vll	MEX	3x	
102	<i>Solanum venturii</i>	vnt	ARG	2x (2EBN)	4
103	<i>Solanum vernei</i>	vrn	ARG	2x (2EBN)	4
	<i>S. vernei</i> subsp. <i>ballsii</i>				
104	<i>Solanum verrucosum</i>	ver	MEX	2x (2EBN), 3x, 4x	4
	<i>S. macropilosum</i>				
105	<i>Solanum violaceimarmoratum</i>	vio	BOL, PER	2x (2EBN)	4
	<i>S. multiflorum</i>				
	<i>S. neovavilovii</i>				
	<i>S. urubambae</i>				
	<i>S. villuspetalum</i>				
106	<i>Solanum wittmackii</i>	wtm		2x (1EBN)	3
107	<i>Solanum woodsonii</i>	wds	PAN	4x	4
<b>Especies cultivadas</b>					
108	<i>Solanum tuberosum</i> L. Grupo Chilotanum	tub	CHL (variedades nativas chilenas)	4x (4EBN)	4
	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>tuberosum</i>				
	<i>Solanum tuberosum</i> Grupo Andigenum				
	<i>S. chaucha</i>				
	<i>S. phureja</i>				
	<i>S. phureja</i> subsp. <i>estradae</i>				
	<i>S. phureja</i> subsp. <i>hygrothermicum</i>				
	<i>S. stenotomum</i>				
<i>S. stenotomum</i> subsp. <i>goniocalyx</i>					
	<i>S. tuberosum</i> subsp. <i>andigenum</i>				
109	<i>Solanum ajanhuiri</i>	ahj	BOL, PER	2x (2EBN)	4
110	<i>Solanum curtilobum</i>	cur	BOL, PER	5x	4
111	<i>Solanum juzepczukii</i>	juz	ARG, BOL, PER	3x	4

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
1210 amk	Lugovskoi plus	S	Federación Rusa	2007	AH	Centre Bioengineering, Russian Acad. of Sci.	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	Resistencia a insectos
							Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	
2904/1 kgs	Elizaveta plus	S	Federación Rusa	2005	AH	Centre Bioengineering, Russian Acad. of Sci.	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	Resistencia a insectos
							Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	
AM04-1020	Starch Potato	S	USA	2014	AH, AA	BASF	Almidón modificado	gbss (fragmento antisentido)	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
ATBTO4-27	Atlantic NewLeaf™ potato	S	USA, CAN, MEX	1995-1997	AH, AA, C	Cuadro 14nto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	Resistencia a insectos
				1996	AH		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	
ATBTO4-30	Atlantic NewLeaf™ potato	S	USA, CAN	1995-1997	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	Resistencia a insectos
			MEX	1996	AH		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, MEX = México, AUS = Australia, NZL = Nueva Zelandia, JPN = Japón.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any>

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
ATBTO4-31	Atlantic NewLeaf™ potato	S	USA, CAN, MEX	1995-1997	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> transposon Tn5	Resistencia a insectos
				1996	AH		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> ssp. <i>tenebriones</i>	
ATBTO4-36	Atlantic NewLeaf™ potato	S	USA, CAN, MEX	1996-1997	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> transposon Tn5	Resistencia a insectos
				1996	AH		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> ssp. <i>tenebriones</i>	
				AUS, NZL	2001		AH			
ATBTO4-6	Atlantic NewLeaf™ potato	S	USA, CAN, MEX	1996-1997	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> transposon Tn5	Resistencia a insectos
				1996	AH		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> ssp. <i>tenebriones</i>	
				AUS, NZL	2001		AH			
BT06	New Leaf™ Russet Burbank potato	S	USA, CAN, AUS, NZL, JPN, KOR, PHL	1994-1996	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> transposon Tn5	Resistencia a insectos
				2001	AH		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> ssp. <i>tenebriones</i>	
				2004	AH					
				2003	AH, AA					

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, MEX = México, AUS = Australia, NZL = Nueva Zelanda, JPN = Japón, KOR = Korea, PHL = Filipinas..

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
BT10	New Leaf <sup>™</sup> Russet Burbank S potato	S	USA	1994-1995	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> transposon Tn5	Resistencia a insectos
			CAN	1995-1996	AH, AA, C		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>ssp. tenebriones</i>	
BT12	New Leaf <sup>™</sup> Russet Burbank S potato	S	USA	1994-1995	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> transposon Tn5	Resistencia a insectos
			CAN	1995-1996	AH, AA, C		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>ssp. tenebriones</i>	
BT16	New Leaf <sup>™</sup> Russet Burbank S potato	S	USA	1994-1995	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> transposon Tn5	Resistencia a insectos
			CAN	1995-1996	AH, AA, C		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>ssp. tenebriones</i>	
BT17	New Leaf <sup>™</sup> Russet Burbank S potato	S	USA	1994-1995	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> transposon Tn5	Resistencia a insectos
			CAN	1995-1996	AH, AA, C		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>ssp. tenebriones</i>	

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

[asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any](http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any)

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
BT18	New Leaf™ Russet Burbank S potato	S	USA	1994-1995	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> <i>transposon Tn5</i>	Resistencia a insectos
			CAN	1995-1996	AH, AA, C		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>ssp. tenebriones</i>	
BT23	New Leaf™ Russet Burbank S potato	S	USA	1994-1995	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli</i> <i>transposon Tn5</i>	Resistencia a insectos
			CAN	1995-1996	AH, AA, C		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis</i> <i>ssp. tenebriones</i>	
E12	Innate® Cultivate	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
			CAN	2016	AH, AA, C		Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
			KOR	2016	AA					
			AUS, NZL	2017	AH					
E24	s.i.	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
							Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, KOR = Korea, AUS = Australia, NZL = Nueva Zelanda.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

[asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any](http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any)

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
E56	s.i.	C	AUS, NZL	33	AH	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
							Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
EH92-527-1	Amflora™	S	EU	2010	AH, AA, C	BASF	Almidón modificado	gbss (fragmaneto antisentido)	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
							Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	
F10	Innate® Generate	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
			CAN	2016	AH, AA, C		Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
			AUS, NZL	2017	AH					
F37	s.i.	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
							Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
G11	s.i.	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
							Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: AUS = Australia, NZL = Nueva Zelandia, EU = Unión Europea, USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá,

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM		Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso		Nombre	Fuente			
H37	s.i.	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada	
							Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>		
H50	s.i.	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada	
							Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>		
HLMT15-15	Hi-Lite NewLeaf™ Y potato	C	USA	1998	AH, AA	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos	
							Resistencia A virus (PVY)	pvy cp	<i>Potato Virus Y (PVY)</i>		
							Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	Resistencia a enfermedades	
								aa2	<i>Escherichia coli</i>		
HLMT15-3	Hi-Lite NewLeaf™ Y potato	C	USA	1998	AH, AA	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos	
							Resistencia a virus (PVY)	pvy cp	<i>Potato Virus Y (PVY)</i>		
							Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	Resistencia a enfermedades	
								aa2	<i>Escherichia coli</i>		

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
HLMT15-46	Hi-Lite NewLeaf™ Y potato	C	USA	1998	AH, AA	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
							Resistencia a virus (PVY)	pvy cp	Potato Virus Y (PVY)	
							Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	Resistencia a enfermedades
							aa2	<i>Escherichia coli</i>		
J3	Innate® Accelerate	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
			CAN	2016	AH, AA, C		Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
			AUS, NZL	2017	AH					
J55	s.i.	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
			CAN	2016	AH, AA, C		Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
J78	s.i.	C	USA	2014	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
							Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, AUS = Australia, NZL = Nueva Zelanda.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
RBMT15-101	New Leaf™ Y Russet Burbank potato	C	USA	1997-1998	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
			CAN	1999-2001	AH, AA, C		Resistencia a virus (PVY)	pvy cp	Potato Virus Y (PVY)	
			AUS, MEX, NZL	2001	AH			nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	
			PHL	2003	AH, AA		Resistencia a antibióticos			Resistencia a enfermedades
			JPN	2003	AH			aa2	<i>Escherichia coli</i>	
			KOR	2004	AH					
RBMT21-129	New Leaf™ Plus Russet Burbank potato	C	USA	1997-1998	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
			CAN	1999	AH, AA, C		Resistencia a virus (PLRV)	plrv_orf1	Potato Leaf Roll Virus Y (PLRV)	
			AUS, JPN, MEX, NZL	2001	AH			plrv_orf2		Resistencia a enfermedades
			PHL	2003	AH, AA		Resistencia a antibióticos			
			KOR	2004	AH			nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, AUS = Australia, mex = México, NZL = Nueva Zelandia, PHL = Filipinas, JPN = Japón, KOR = Corea.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

[asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any](http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any)

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
RBMT21-152	New Leaf™ Plus Russet Burbank potato	C	USA	1998	AH, AA	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
							Resistencia a virus (PLRV)	plrv_orf1 plrv_orf2	Potato Leaf Roll Virus Y (PLRV)	Resistencia a enfermedades
							Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	
RBMT21-350	New Leaf™ Plus Russet Burbank potato	C	USA	1997-1998	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
			CAN	1999-2001	AH, AA, C		Resistencia a virus (PLRV)	plrv_orf1	Potato Leaf Roll Virus Y (PLRV)	Resistencia a enfermedades
			AUS, JPN, MEX, NZL	2001	AH		plrv_orf2			
			PHL	2003	AH, AA		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	
			KOR	2004	AH					
RBMT22-082	New Leaf™ Plus Russet Burbank potato	C	USA	1998-1999	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
			CAN	1999-2001	AH, AA, C		Resistencia a virus (PLRV)	plrv_orf1	Potato Leaf Roll Virus Y (PLRV)	Resistencia a enfermedades
			AUS, JPN, MEX, NZL	2001	AH		plrv_orf2			
			PHL	2004	AH, AA		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	
			KOR	2004	AH					

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial. País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, AUS = Australia, JPN = Japón, MEX = México, NZL = Nueva Zelanda, PHL = Filipinas, KOR = Corea.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any>

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
RBMT22-186	New Leaf™ Plus Russet Burbank potato	C	USA	1998	AH	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. Tenebriones</i>	Resistencia a insectos
							Resistencia a virus (PLRV)	plrv_orf1	Potato Leaf Roll Virus Y (PLRV)	Resistencia a virus
							°	plrv_orf2		
RBMT22-238	New Leaf™ Plus Russet Burbank potato	C	USA	1998	AH	Monsanto	Tolerancia a herbicidas (glifosato)	cp4 epsps (aroA:CP4)	<i>A. tumefaciens strain cp4</i>	Tolerancia a herbicidas
							Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
							Resistencia a virus (PLRV)	plrv_orf1 plrv_orf2	Potato Leaf Roll Virus Y (PLRV)	Resistencia a virus
RBMT22-262	New Leaf™ Plus Russet Burbank potato	C	USA	1998	AH	Monsanto	Tolerancia A herbicidas (glifosato)	cp4 epsps (aroA:CP4)	<i>A. tumefaciens strain cp4</i>	Tolerancia a herbicidas
							Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
							Resistencia a virus (PLRV)	plrv_orf1 plrv_orf2	Potato Leaf Roll Virus Y (PLRV)	Resistencia a virus
							Tolerancia A herbicidas (glifosato)	cp4 epsps (aroA:CP4)	<i>A. tumefaciens strain cp4</i>	Tolerancia a herbicidas

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial. País: USA = Estados Unidos de Norteamérica. Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any>

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
SEMT15-02	Shepody NewLeaf™ Y potato	C	USA	1997-1998	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
			CAN	1999-2001	AH, AA, C		Resistencia a virus (PVY)	pvy cp	Potato Virus Y (PVY)	
			AUS, MEX, NZL	2001	AH			nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	
			PHL	2004	AH, AA		Resistencia a antibióticos			Resistencia a enfermedades
			JPN	2003	AH			aa2	<i>Escherichia coli</i>	
			KOR	2004	AH					
SEMT15-07	Shepody NewLeaf™ Y potato	C	USA	1998	AH, AA	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos
							Resistencia a virus (PVY)	pvy cp	Potato Virus Y (PVY)	
							Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>	Resistencia a enfermedades
								aa2	<i>Escherichia coli</i>	

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, AUS = Australia, MEX = México, NZL = Nueva Zelandia, PHL = Filipinas JPN = Japón, KOR = Corea.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

[asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any](http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any)

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial	
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente		
SEMT15-15	Shepody NewLeaf™ Y potato	C	USA	1997-1998	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos	
			CAN	1999-2001	AH, AA, C		Resistencia a virus (PVY)	pvy cp	Potato Virus Y (PVY)		
			AUS, MEX, NZL	2001	AH			nptII	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>		
			PHL	2003	AH, AA		Resistencia a antibióticos				Resistencia a enfermedades
			JPN	2003	AH			aa2	<i>Escherichia coli</i>		
			KOR	2004	AH						
SPBT02-5	Superior NewLeaf™ potato	S	USA	1995-1996	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>		
			CAN	1995	AH						
			MEX	1996	AH						
			AUS, JPN, NZL	2001	AH		Resistencia a antibióticos	nptII	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>	Resistencia a insectos	
			PHL	2003	AH, AA						
			KOR	2004	AH						
SPBT02-7	Superior NewLeaf™ potato	S	USA	1995-1996	AH, AA, C	Monsanto	Resistencia a coleópteros	cry3A	<i>Escherichia coli transposon Tn5</i>		
			CAN	1995	AH		Resistencia a antibióticos			Resistencia a insectos	
			MEX	1996	AH			nptII	<i>Bacillus thuringiensis ssp. tenebriones</i>		

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, AUS = Australia, MEX = México, NZL = Nueva Zelandia, PHL = Filipinas JPN = Japón, , KOR = Corea.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
V11	Innate® Invigorate	S	USA	2016	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
							Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
W8	s.i.	C	USA	2015	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
			CAN	2017	AH, AA, C		Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
X17	Innate® Acclimate	C	AUS, NZL	2017	AH	J.R. Simlot Co.	Resistencia a enfermedad fungosa (rancha)	Rpi-vnt1	<i>Solanum venturii</i>	Resistencia a enfermedades
			USA	2016	AH, AA, C		Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
			CAN	2017	AH, AA, C		Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
			AUS, NZL	2017	AH		Resistencia a enfermedad fungosa (rancha)	Rpi-vnt1	<i>Solanum venturi</i>	Resistencia a enfermedades

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, AUS = Australia, ZL = Nueva Zelandia.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

[asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any](http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any)

Anexo 3: Características de las variedades de papa genéticamente modificadas desarrolladas y aprobadas según país, tipo de evento y uso\*

Evento GM		Aprobación				Desarrollador	Atributos GM	Genes GM introducidos		Atributo comercial
Nombre	Nombre comercial	Tipo	País	Año	Uso			Nombre	Fuente	
Y9	Innate® Hibernate	C	USA	2016	AH, AA, C	J.R. Simlot Co.	Reducido potencial de acrilamida	asn1	<i>Solanum tuberosum</i>	Calidad del producto modificada
			CAN	2017	AH, AA, C		Reducido corazón negro	ppo5	<i>Solanum verrucosum</i>	
			AUS, NZL	2017	AH		Resistencia a enfermedad fungosa (rancho)	Rpi-vnt1	<i>Solanum venturi</i>	Resistencia a enfermedades

\* Tipo de evento GM: S = Singular, C = Combinado. Uso: AH = Alimentación humana, AA = Alimentación animal, C = Cultivo comercial.

País: USA = Estados Unidos de Norteamérica, CAN = Canadá, AUS = Australia, ZL = Nueva Zelandia.

Fuente: <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default>.

[asp?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any](http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default?CropID=16&TraitTypeID=Any&DeveloperID=Any&CountryID=Any&ApprovalTypeID=Any)

Anexo 4: Información de germoplasma y herbarios de especies silvestres y cultivadas de papa en la cual se ha basado la presente línea de base

<b>Fuente</b>	<b>Registros</b>	<b>Porcentaje</b>
Centro Internacional de la Papa	5788	41.29
CIP-FEDECHI	361	2.58
Centro Regional de Investigación de la Biodiversidad Andina (CRIBA)	3501	24.98
External Branch North of the Department Genebank, IPK, Potato Collection in Gross-Luesewitz (DEU 159)	58	0.41
Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)	237	1.69
Centre for Genetic Resources, the Netherlands Plant Research International (NLDO37)	65	0.46
Universidad Nacional de Huánuco Hermilio Valdizán (UNHEVAL)	385	2.75
Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM)	476	3.40
Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM)	207	1.48
Universidad Nacional de Cajamarca (UNC)	1576	11.24
Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga (UNSCH)	165	1.18
Universidad Nacional de Trujillo (UNT)	56	0.40
Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP)	688	4.91
Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV)	3	0.02
Universidad Nacional San Agustín de Arequipa (UNAS)	4	0.03
Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco (UNSAAC)	47	0.34
Potato Germplasm Introduction Station, USDA-ARS (USA 004)	401	2.86
<b>TOTAL</b>	<b>14018</b>	<b>100.00</b>

## Listado de siglas y acrónimos

AC	Autocompatible
ADN	Ácido desoxirribonucleico
AI	Autoincompatibilidad
ARN	Ácido ribonucleico
CDB	Convenio de Diversidad Biológica
CIP	Centro Internacional de la Papa
DGDB	Dirección General de Diversidad Biológica
EBN	Número de Balance del Endospermo
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
OVM	Organismo vivo modificado
PLRV	Virus del enrollamiento de la papa (por sus siglas en inglés)
PVX	Virus del mosaico rugoso de la papa (por sus siglas en inglés)
PVY	Virus del mosaico severo de la papa (por sus siglas en inglés)
SSP	Semilla sexual de papa (siglas en inglés, TPS)
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
VBP	Valor Bruto de la Producción







La línea de base de la diversidad genética de la papa peruana con fines de bioseguridad es el fruto de la sistematización de trabajos realizados desde el año 2014, con la finalidad de constituir el insumo que oriente las decisiones informadas para los análisis de riesgo ante las posibles solicitudes de liberación al ambiente de cultivares comerciales de papa con eventos OVM, cuando concluya la moratoria establecida mediante la Ley N.º 29811.

**EL PERÚ PRIMERO**

**Ministerio del Ambiente**

Av. Antonio Miroquesada 425  
Magdalena del Mar, Lima - Perú

(51) 6116000

[www.minam.gob.pe](http://www.minam.gob.pe)

ISBN: 978-612-4174-34-6



9 786124 174346