



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Línea de base de la diversidad del **tomate** **peruano** con fines de **bioseguridad**



PERÚ
NATURAL

Línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad



Línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad

Autor:

Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Diversidad Biológica
Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad
www.minam.gob.pe

Editado por:

© Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Diversidad Biológica
Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad
Av. Antonio Miroquesada 425, Magdalena del Mar, Lima – Perú
Primera edición, diciembre de 2020

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.° 2020-10180

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

Equipo de edición temática

Tulio Medina Hinostraza

Verónica Cañedo Torres

César Palomino Ayquipa

Jessica Amanzo Alcántara

José Álvarez Alonso

Revisión de contenidos

Iris Peralta Galmarini

Francisco Regalado Díaz

Carlos Elera Arévalo

Fredesvinda Carrillo Castillo

Agradecimientos

A la **Dra. Sandra Knapp**, quien tuvo la gentileza de facilitar la base de datos de tomates colectados en el Perú, información que sirvió para iniciar los estudios de la diversidad del tomate peruano.

A **Paul Gonzales Arce**, por sus orientaciones en taxonomía del tomate y en el diseño de la metodología de prospección.





Línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad

Presentación

Desde hace diez mil años, el tomate crecía de manera espontánea en casi toda la zona tropical del territorio americano, como una hierba que producía una baya roja. En la actualidad, crece de manera espontánea al borde de ríos y acequias, incluso como maleza en campos de cultivo. La planta también es cultivada por pequeños agricultores en sus jardines y huertos, podan sus ramas y colectan sus frutos para su propio consumo, y algunos lo venden en mercados locales, donde son muy apreciados por su potente sabor. Sin duda, los antiguos peruanos consumían estos tomates, como lo seguimos haciendo hasta la actualidad.

Hoy en día, la comunidad científica reconoce el origen peruano del tomate. Sin embargo, se cuestiona si fue domesticado en esta parte del mundo, debido a que, en algún período de nuestra historia, se ha perdido el nombre de esta especie en nuestras lenguas nativas.

El Ministerio del Ambiente (MINAM)—durante la elaboración de la línea de base de la diversidad del tomate peruano con fines de bioseguridad, en cumplimiento de la Ley n.º 29811—ha encontrado dos tipos de tomates ancestrales peruanos: uno confinado en el departamento de San Martín, y el otro ampliamente distribuido en las regiones naturales Chala en el norte peruano, en la Yunga de los valles interandinos y en la Rupa rupa a lo largo de todo el país.

Estos tomates ancestrales fueron reconocidos por los expertos como *Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme*. En San Martín, la población local lo conoce como “tomate regional” y en otros lugares del Perú recibe distintos nombres, como el de “pisco tomate” en Cuzco.

Esta publicación contiene la elaboración de la línea de base del tomate peruano con fines de bioseguridad y ha sido una oportunidad para mostrar diversos hallazgos, como que en la lengua mochica la palabra “faña” hacía referencia al tomate. Además, se ha encontrado creciendo, en forma silvestre, trece especies afines al tomate cultivado, al que los expertos llaman parientes silvestres; este conjunto de especies constituye la diversidad del tomate y es otro gran capital natural con que cuenta el Perú.

Gabriel Quijandría
Ministro
Ministerio del Ambiente



Índice

	Listado de siglas y acrónimos	10
1.	Marco regulatorio e institucional para la gestión de la diversidad biológica	13
1.1	Normatividad internacional relacionada con recursos genéticos	15
1.2	Normatividad nacional sobre recursos genéticos	15
1.3	Normatividad nacional sobre bioseguridad de OVM	16
1.4	Instituciones encargadas de la gestión de la biodiversidad y bioseguridad	16
2.	Diversidad del tomate	21
2.1	Origen y diversificación	23
2.2	Taxonomía	23
2.3	Características y distribución actual de la diversidad del tomate	25
2.4	Biología floral	58
2.5	Flujo de genes	62
2.6	Dispersión de semillas	63
3.	Organismos y microorganismos asociados al cultivo del tomate	65
3.1	Organismos y microorganismos blanco	67
3.2	Organismos y microorganismos no blanco	69
4.	Agroecosistemas y regiones naturales	75
4.1	Regiones naturales asociadas a las especies de tomate silvestre	77
4.2	Agroecosistemas asociados al tomate cultivado	80



5. Aspectos socioeconómicos y culturales del cultivo del tomate en el Perú 87

5.1	Tipología propuesta de la agricultura de tomate con fines de bioseguridad	89
5.2	Descripción del productor	91
5.3.	El tomate nativo del Perú	92
5.4	Los cultivares comerciales	93
5.5	Los OVM en tomate	93
5.6	Dinámica del comercio de semillas	93
5.7	Significado de la introducción de los OVM de tomate en el Perú	95

6. Propuestas para la gestión de la bioseguridad y la diversidad del tomate cultivado y silvestre 97

6.1	Impactos potenciales (riesgos) sobre la diversidad de tomate y su ambiente	99
6.2	Gestión de la diversidad del tomate cultivado y silvestre	100
6.3	Mercados alternativos	104

Referencias bibliográficas 107

Anexo 1:	Metodología utilizada para el levantamiento de muestras e información	120
Anexo 1-A:	Metodología para la prospección de germoplasma y toma de muestras para herbario de las especies del tomate cultivado y sus parientes silvestres	120
Anexo 1-B:	Metodología para el registro de los organismos y microorganismos blanco y no blanco	121
Anexo 1-C:	Metodología para las encuestas a los productores	122
Anexo 2:	Eventos OVM autorizados en tomate, características y situación actual	124
Anexo 3:	Volumen (peso neto en kilogramos) de importación de semillas de tomate cultivado por país de procedencia	125
Anexo 4:	Volumen (peso neto en kilogramos) de exportación de semillas de tomate cultivado por país de destino	126
Anexo 5:	Consideraciones para el análisis de riesgo	127
Anexo 6:	Muestras depositadas en colecciones científicas para el fortalecimiento de la conservación <i>ex situ</i>	130

Listado de siglas y acrónimos

ANP	Área Natural Protegida
BM	Herbarium The Natural History Museum of London
C	Museum Botanicum Hauniense de la Universidad de Copenhagen
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
CNPA	Clasificación Nacional de Productos Agrarios
Concytec	Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica
CPUN	Herbario de la Universidad Nacional de Cajamarca
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
F	Field Museum of Natural History
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
G	Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève
GBIF	Global Biodiversity Information Facility
GH	Grey Herbarium of the Harvard University
INIA	Instituto Nacional de Innovación Agraria
HAO	Herbario Antenor Orrego de la Universidad Privada Antenor Orrego
HUSA	Herbario Arequipense de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa
HUT	Herbarium truxillense de la Universidad Nacional de Trujillo
LE	Vascular Plants Herbarium of the Komarov Botanical Institute
LL	Lundell Herbarium of the University of Texas at Austin
M	Herbarium Botanische Staatssammlung München
MA	Real Jardín Botánico (Madrid, España)
Midagri	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

MINAM	Ministerio del Ambiente
MO	Missouri Botanical Garden
MOL	Herbario Augusto Weberbauer de la Universidad Nacional Agraria La Molina
NY	The New York Botanical Garden
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental
ONG	Organización No Gubernamental
ONU	Organización de las Naciones Unidas
OVM	Organismos Vivos Modificados
PRG	Herbario Pedro Ruiz Gallo de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
S	Herbarium Swedish Museum of Natural History
Senasa	Servicio Nacional de Sanidad Agraria
Serfor	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre
Sernanp	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado
Sunat	Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria
TIC	Tecnologías de Información y Comunicación
TIRFAA	Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
UC	University Herbarium of the University of California
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
UNEP	United Nations Environment Programme
USM	Herbario San Marcos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos
US	United States National Herbarium of the Smithsonian Institution
UT	Garrett Herbarium - Utah Museum of Natural History
WIS	Herbarium of the University of Wisconsin - Madison





1. Marco regulatorio e institucional para la gestión de la diversidad biológica



1. Marco regulatorio e institucional para la gestión de la diversidad biológica

La pérdida constante de diversidad biológica y de recursos genéticos se ha convertido en una preocupación mundial que ha establecido una base normativa desde la década de los noventa, que comprende políticas internacionales, supranacionales, nacionales y regionales.

1.1 Normatividad internacional relacionada con los recursos genéticos

A partir de la suscripción del Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) el año 1992 en la Cumbre de la Tierra, surgen un conjunto de instrumentos y normas nacionales e internacionales vinculados con la diversidad biológica y la bioseguridad.

En 1996, la Comisión del Acuerdo de Cartagena de los países andinos aprobó el Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos mediante la Decisión 391.

En el año 2000, el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB, constituyendo el marco normativo internacional de protección del comercio y del medio ambiente con relación al uso de los Organismos Vivos Modificados (OVM).

Por otro lado, la Comisión de la Comunidad Andina estableció la Decisión 486: Régimen Común de Propiedad Industrial en el año 2000, vinculada a la salvaguarda y respeto del patrimonio biológico y genético, así como los conocimientos tradicionales con respecto a la propiedad industrial.

La Conferencia de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) aprobó en el año 2009, Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA). Este instrumento reconoce la enorme contribución que los agricultores y sus comunidades han efectuado a la conservación y al desarrollo de los recursos fitogenéticos, y representa la base de sus derechos, que incluyen la protección de los conocimientos tradicionales y la participación equitativa en la distribución de los beneficios, así como la adopción de decisiones relativas a estos recursos.

En el año 2004, se instaló en Kuala Lumpur (Malasia) un equipo de trabajo conformado por expertos jurídicos y técnicos en responsabilidad y compensación para analizar, elaborar y proponer normas y procedimientos internacionales sobre la responsabilidad y compensación por los daños resultantes de los OVM.

Después de seis años de negociaciones, se adoptó el Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se Deriven de su Utilización en la décima reunión de la Conferencia de las Partes del CDB celebrada en Nagoya (Japón) el año 2010.

1.2 Normatividad nacional sobre recursos genéticos

De acuerdo a la normatividad peruana vigente, los recursos naturales, que comprenden la diversidad biológica y los recursos genéticos, son patrimonio de la Nación. La Constitución Política del Perú de 1993 (artículos 66°, 67° y 68°) establece que el Estado es soberano en su aprovechamiento, determina la Política Nacional del Ambiente (Decreto Supremo n.° 012-2009-MINAM), promueve el uso sostenible de estos recursos naturales, la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas (Ley n.° 26839, Ley de Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica y su reglamento, el Decreto Supremo n.° 068-2001-PCM).

Asimismo, el Decreto Supremo n.° 043-2006-AG señala que, en concordancia con los artículos 3° y 4° de la Ley n.° 26839, “el Estado es soberano en la adopción de medidas para la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, lo que implica conservar la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como mantener los procesos ecológicos esenciales de los que dependen la supervivencia de las especies”. Esta norma, basada en los criterios y categorías de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), establece cuatro categorías de amenaza de la flora silvestre del Perú: peligro crítico (CR), en peligro (EN), vulnerable (VU) y casi amenazado (NT).

De acuerdo con el Anexo 1 del Decreto Supremo n.° 043-2006-AG, se declara en categoría VU a las especies *Solanum chmielewskii* (reportada como *Lycopersicon chmielewskii*) y *S. neorickii* (reportada como *L. parviflorum*). Así también, de acuerdo con la Lista Roja de especies amenazadas de la UICN a nivel mundial, se categoriza a *S. galapagense*, endémica de las Islas Galápagos, como de preocupación menor.

La Política Nacional del Ambiente impulsa la conservación de la diversidad de ecosistemas, especies y recursos genéticos, y el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales de los que depende la supervivencia de las especies. También impulsa la investigación con el fin de monitorear su conservación y gestión sostenible, fomenta la investigación, desarrollo y su utilización sostenible, e impulsa la identificación y protección de las zonas del territorio nacional de elevada diversificación genética, declarándolas libres de transgénicos.

El Reglamento de Acceso a los Recursos Genéticos (Decreto Supremo n.° 003-2009-MINAM) regula y desarrolla las disposiciones contenidas en la Decisión 391 del Acuerdo de Cartagena, que aprueba el Régimen Común de Acceso a los Recursos Genéticos.

1.3 Normatividad nacional sobre bioseguridad de OVM

En vista de los adelantos en biotecnología y el desarrollo de OVM (o transgénicos) a nivel mundial, el Estado peruano aprobó la Ley n.° 27104, Ley de Prevención de Riesgos Derivados del uso de la Biotecnología, en 1999. Esta norma nacional fue promulgada antes del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB y consagra el principio precautorio, sobre todo porque el Perú es un país megadiverso. El artículo 10° de la Ley n.° 27104 establece que el Estado, a través de sus organismos competentes, evaluará los impactos negativos a la salud humana, al ambiente y a la diversidad biológica que ocasione la liberación intencionada de un determinado OVM. En caso de existir amenazas, será desautorizada su liberación y uso, siempre que dicha medida sea técnicamente justificable y no constituya un obstáculo técnico o una restricción encubierta al comercio.

Posteriormente, luego de un intenso debate nacional, en diciembre de 2011, se aprobó la Ley n.° 29811, que establece la moratoria al ingreso y producción de OVM al territorio nacional por un periodo de 10 años. Su finalidad fue 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 de OVM al ambiente.

El reglamento de la Ley n.° 29811 (Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM) designa al MINAM como el Centro Focal Nacional y Autoridad Nacional Competente, debiendo proponer y aprobar las medidas necesarias para el cumplimiento de esta ley, así como establecer el ordenamiento territorial ambiental para garantizar la conservación de los centros de origen y la biodiversidad. Asimismo, encarga al MINAM, en coordinación con las autoridades sectoriales, generar las líneas de base en el marco del Programa para el Conocimiento y Conservación de los Recursos Genéticos Nativos con fines de Bioseguridad.

Según el reglamento, el contenido mínimo de las líneas de base de los cultivos potencialmente afectados por los OVM corresponde a listas de especies cultivadas y mapas de distribución de las variedades nativas y razas locales, incluyendo a las especies silvestres emparentadas, los cultivos y crianzas de los que existen formas genéticamente modificadas en el mercado, los hongos y bacterias del suelo presentes en campos de cultivo, insectos plaga (blanco) y no plaga (no blanco), especies forestales potencialmente afectadas por OVM introducidos, predios rurales con certificación orgánica, zonas de elevado nivel de agrobiodiversidad y zonas con presencia de parientes silvestres de especies cultivadas potencialmente afectados por OVM.

Como consecuencia de la Ley n.° 29811 y su reglamento, se promulgó el Decreto Supremo n.° 006-2016-MINAM, que aprueba el Procedimiento y Plan Multisectorial para la Vigilancia y Alerta Temprana respecto de la Liberación de OVM en el Ambiente. Esta norma señala que una de las funciones de las entidades responsables de la vigilancia es determinar las especies priorizadas que serán incluidas en los planes anuales de vigilancia programados en cada región, con opinión favorable del MINAM, con el propósito de detectar OVM liberados en el ambiente. Para ello, podrán solicitar a los gobiernos regionales y locales la información que requiera para tales fines.

1.4 Instituciones encargadas de la gestión de la diversidad biológica y la bioseguridad

Las instituciones dentro del esquema nacional que tienen responsabilidad con la gestión de la diversidad biológica y la bioseguridad son las siguientes:

MINAM

Conforme al Decreto Legislativo n.° 1013, el MINAM tiene a su cargo asegurar la conservación del ambiente, de modo que propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta.

Según la Ley n.° 27104, el MINAM es la instancia de coordinación intersectorial en materia de conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica y, como tal, promueve, la coordinación entre las autoridades sectoriales competentes en asuntos referidos a la seguridad en la biotecnología a través del Marco Estructural de Gestión Ambiental.

Según la Ley n.° 29811, el MINAM es el Centro Focal Nacional encargado de generar las capacidades que permitan cumplir con los requerimientos de bioseguridad en forma eficaz y transparente, con los mecanismos de protección y fomento a la biodiversidad nativa, en el periodo de diez años contemplados en la moratoria (diciembre de 2011-diciembre de 2021). También, es la Autoridad Nacional Competente encargada de proponer y aprobar las medidas necesarias para evitar la liberación de OVM al ambiente durante el periodo de la moratoria y establecer el ordenamiento territorial ambiental que garantice la conservación de los centros de origen y la biodiversidad.



OEFA

De conformidad con el Decreto Supremo n.° 013-2017-MINAM, el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) se encarga de la fiscalización, supervisión, evaluación, control y sanción en materia ambiental, así como de la aplicación de los incentivos.

En concordancia con el numeral 34.7 del artículo 34° del Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM, el OEFA tiene el encargo de iniciar el procedimiento administrativo sancionador correspondiente ante el ingreso y liberación no autorizada al ambiente de OVM, sin perjuicio de las acciones legales a que hubiere lugar.

De conformidad con el Procedimiento y Plan Multisectorial para la Vigilancia y Alerta Temprana Respecto de la Liberación de OVM en el Ambiente, aprobado mediante el Decreto Supremo n.° 006-2016-MINAM, el OEFA tiene el encargo de la vigilancia de OVM, así como la gestión de la plataforma de información que permita difundir la información estadística y documental del proceso de vigilancia y de los casos reportados por las entidades responsables de la vigilancia, en su calidad de entidad de fiscalización y sanción. Asimismo, tiene el encargo de difundir y comunicar los avances y resultados de las acciones de vigilancia en forma coordinada con las entidades de vigilancia de OVM en el territorio nacional.

Sernanp

En cumplimiento del Decreto Legislativo n.° 1013, el Servicio Nacional de Áreas Protegidas por el Estado (Sernanp) es el encargado de dirigir la conservación de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y de cautelar el mantenimiento de la diversidad biológica contenida en las ANP.

Midagri

En cumplimiento de la Ley n.° 28477, el Ministerio de Agricultura y Riego (ahora Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego) se encarga del registro, difusión, conservación y promoción del material genético; así como la producción, industrialización, comercialización y consumo interno y externo de los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas como patrimonio de la nación. Asimismo, de conformidad con el Decreto Supremo n.° 001-2018-Minagri (ahora Midagri), le corresponde la responsabilidad de la conservación y uso sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente rural.

INIA

De acuerdo con el Decreto Supremo n.° 010-2014-Minagri (ahora Midagri), el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) es responsable de conservar los recursos genéticos de uso agrario, fomentar su puesta en valor y su desarrollo competitivo en materia económica, ambiental, social y científica, así como la administración y ejecución para el acceso a los recursos genéticos de especies cultivadas o domésticas continentales. También es responsable de la evaluación de solicitudes de acceso a los recursos genéticos y es la autoridad técnica en bioseguridad responsable de la vigilancia de OVM de origen vegetal (incluidos los forestales).

De conformidad con el artículo 6° del Decreto Supremo n.° 108-2002-PCM, Reglamento de la Ley n.° 27104, el INIA es el órgano sectorial competente y autoridad nacional competente para el sector agricultura, con la función de registrar los OVM luego de un proceso de evaluación de riesgos (artículo 19°).



Serfor

Conforme a los artículos 13° y 14° de la Ley n.° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (Serfor) es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre, y tiene dentro de sus funciones: formular, proponer, conducir y evaluar las estrategias, planes y programas para la gestión sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre; así como, gestionar y promover el uso sostenible, la conservación y protección de los recursos forestales y de fauna silvestre, incluyendo los recursos genéticos asociados.

Senasa

En cumplimiento del Decreto Supremo n.° 008-2005-AG, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria (Senasa) tiene dentro de sus funciones y atribuciones contribuir, en coordinación con organismos públicos y privados, al desarrollo sostenido del medio ambiente, evitando el deterioro que pueda derivarse de las actividades agropecuarias y sanitarias.

Con relación a la bioseguridad, tiene el encargo de exigir información sobre la naturaleza del material de propagación o reproducción para el ingreso de mercancías donde se indicará con carácter de declaración jurada si la mercancía es o no OVM con fines de crianza o cultivo.

Concytec

Según la Ley n.° 28303, Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica, el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (Concytec) tiene dentro de sus funciones el diseño e implementación de programas nacionales, programas regionales y programas especiales en ciencia, tecnología e innovación, que incluyen áreas productivas, sociales y ambientales.

En el marco de la Ley n.° 29811 y su reglamento, el Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM, el Concytec tiene el encargo de crear el Proyecto Especial para el Fortalecimiento de Capacidades Científicas y Tecnológicas en Biotecnología Moderna Relativas a la Bioseguridad, con el fin de promover el fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas de las entidades nacionales encargadas de difundir las técnicas que aplican la biotecnología moderna y la bioseguridad.

Gobiernos regionales

De acuerdo a la Ley n.° 27867, Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, tienen dentro de sus funciones, como autoridades en sus jurisdicciones, el fomento de sistemas de protección de biodiversidad en general, incluyendo el germoplasma, así como la asistencia técnica y la capacitación en temas de

conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables. Asimismo, conforme al artículo 19° de la Ley n.° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre, tienen entre sus funciones planificar, promover, administrar, controlar y fiscalizar el uso sostenible, la conservación y la protección de la flora y fauna silvestres dentro de su jurisdicción y en concordancia con las normas en la materia.

Gobiernos locales

Conforme a la Ley n.° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, las municipalidades, como autoridades locales, tienen entre sus funciones la emisión de normas técnicas generales sobre protección y conservación del ambiente.

Universidades

La Ley n.° 28611, Ley General del Ambiente, con base en los artículos 123° y 124°, compromete a las universidades, tanto públicas como privadas, en la promoción de la investigación y el desarrollo científico y tecnológico en materia ambiental, incluyendo el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. De igual manera, la Ley n.° 30220, Ley Universitaria, incorpora el tema de responsabilidad social y ambiental (artículo 124°).

MUSEO
DE
HISTORIA NATURAL







2. Diversidad del tomate



2. Diversidad del tomate

El tomate cultivado (*Solanum lycopersicum* L.) es la hortaliza más consumida en el mercado global después de la papa (Baskins *et al.*, 2019). Pertenece a la familia Solanaceae, una de las más importantes dentro de las plantas, no solo por el número de especies (alrededor de 2 500) sino por el valor de algunas de sus especies en la alimentación, como la papa, la berenjena y el pepino, entre otras (Mostacero *et al.*, 2009; Särkinen *et al.*, 2015; Sierra-Muñoz *et al.*, 2015).

El tomate es un cultivo cosmopolita cuya diversidad abarca los parientes silvestres de la fuente primaria en la sección *Lycopersicon* y de la fuente secundaria en las secciones *Juglandifolia* y *Lycopersicoides*. Las tres secciones comprenden 17 especies, una cultivada y 16 parientes silvestres, todas son originarias de la parte central y occidental de los Andes en América del Sur, con una distribución altitudinal desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 3500 m s. n. m., dentro del espacio territorial que en la actualidad alcanza los países de Colombia, Ecuador, Perú y el norte de Chile, incluyendo las Islas Galápagos (Peralta y Spooner, 2007; Peralta *et al.*, 2008). En el territorio peruano crecen naturalmente 13 de las 16 especies silvestres mencionadas.

En el tomate cultivado (*S. lycopersicum*) se reconocen dos variedades por el tamaño y forma de sus frutos: *lycopersicum* y *cerasiforme*, así como numerosos cultivares generados por mejoramiento para diferentes propósitos, tanto para consumo en fresco como para procesamiento.

2.1 Origen y diversificación

La forma domesticada del tomate (*S. lycopersicum* variedad *lycopersicum*), tal como la conocemos ahora, se habría originado probablemente en el sur de Ecuador a partir de *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*, evento que habría ocurrido por divergencia natural de *S. pimpinellifolium* hace

unos 78 000 años. Posteriormente, la variedad *lycopersicum* se habría desplazado al nororiente peruano y de allí a Mesoamérica donde, al parecer por acción humana, habrían llegado poblaciones silvestres con rasgos de domesticación hace aproximadamente 10 000 años (Razifard *et al.*, 2020).

Matthioli (1544) ofrece las primeras referencias del cultivo y consumo del tomate en Italia, por lo que se estima que el tomate debió haber sido introducido en Europa a mediados del siglo XV. El tomate se extendió a todo el mundo desde América y Europa, y en la actualidad se han desarrollado numerosos cultivares de tomates con características mejoradas para precocidad, productividad, resistencia a enfermedades, así como cultivares de tomates genéticamente modificados (Peralta *et al.*, 2008; Razifard *et al.*, 2020).

2.2 Taxonomía

Peralta *et al.* (2008), basados en una taxonomía integrada que considera las características morfológicas y moleculares, clasifican al tomate y sus parientes silvestres más cercanos dentro de la sección *Lycopersicon* del género *Solanum*. Esta sección está integrada por 13 especies, que incluyen al tomate cultivado y a 12 especies silvestres del acervo genético primario. Además, el tomate tiene 4 especies relacionadas en 2 secciones: *S. juglandifolium* Dunal y *S. ochranthum* Dunal de la sección *Juglandifolia*, y *S. lycopersicoides* Dunal y *S. sitiens* I. M. Johnston de la sección *Lycopersicoides*, con un total de 17 especies emparentadas.

Se realizó la ubicación taxonómica de las especies de tomate cultivado y silvestre según el sistema Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV (Stevens, 2017).

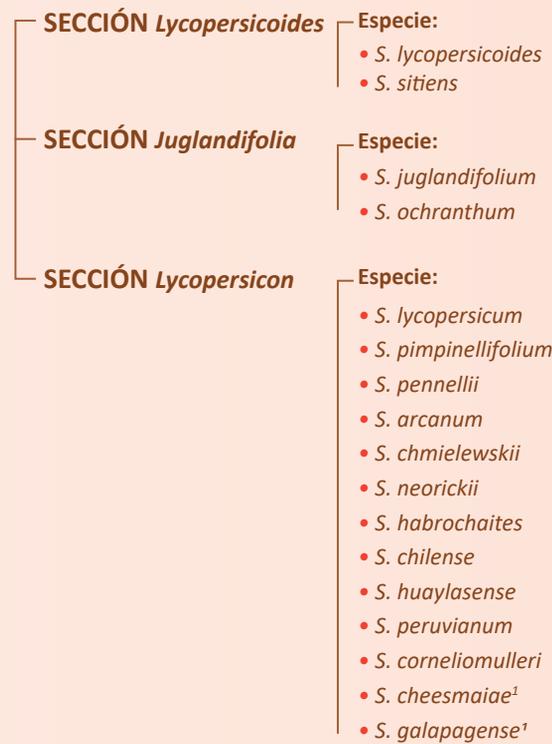
● Orden: Solanales

● Familia: Solanaceae

● Sub familia: Solanoideae

● Tribu: Solaneae

● Género: *Solanum*



Ubicación taxonómica de las especies de tomate cultivado y silvestre según el sistema *Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV* (Stevens, 2017).

¹ Endémica de las Islas Galápagos, Ecuador.





2.3 Características y distribución actual de la diversidad del tomate

Para la evaluación de la diversidad de tomates silvestres y cultivados, se prospectaron 331 distritos de los 24 departamentos del Perú, particularmente en zonas con mayor probabilidad de presencia. Para el levantamiento de la información, se realizaron colectas de muestras botánicas, flores, frutos y semillas, además de entrevistas a agricultores. La información para las bases de datos fue recopilada utilizando los descriptores para el tomate de *Bioversity International*. Las muestras botánicas fueron depositadas en el Herbario de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (PRG). Para la fase de biología floral, se establecieron parcelas experimentales en los distritos de Mórrope (Lambayeque), Cochabamba (Cajamarca), Ica (Ica) y Moquegua (Moquegua). Asimismo, para la validación de la información se contó con el apoyo de expertos en tomates cultivados y silvestres. El detalle de la metodología utilizada se muestra en el Anexo 1-A.

En las prospecciones realizadas entre el 2014 y el 2019, se han registrado 14 de las 17 especies emparentadas: el tomate cultivado y 13 especies silvestres. De ellas, 3 especies de tomate silvestre son endémicas (*S. arcanum* Peralta, *S. corneliomulleri* J. F. Macbride y *S. huaylasense* Peralta).

Las características y la distribución del tomate y sus parientes silvestres son las siguientes:



SECCIÓN *Lycopersicon*

Solanum lycopersicum L.

Es una planta herbácea postrada ascendente, con tallos y hojas esparcidamente pubescentes. Tiene corola pentagonal y amarilla, columna estaminal recta, frutos globosos y grandes de color rojo, a veces anaranjados o amarillos, y sus semillas son pequeñas, numerosas y de color marrón.

Esta especie se la encuentra cultivada en las siguientes regiones naturales:

- **Chala** de los departamentos de Áncash, Arequipa, La Libertad, Lambayeque, Lima, Moquegua, Piura y Tumbes.
- **Yunga marítima** de los departamentos de Áncash, Arequipa, Ica, Lima, Moquegua y Tacna.
- **Yunga fluvial** de los departamentos de Amazonas, Apurímac, Cajamarca, Cuzco, Huánuco, Junín, Pasco, Puno y San Martín.
- **Rupa rupa** de los departamentos de Amazonas, Ayacucho, Cuzco, Junín, Pasco, Puno y San Martín.
- **Omagua** de los departamentos de Junín, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali.
- **Quechua** de los departamentos de Áncash, Ayacucho, Cajamarca, Cuzco y Junín, en algunos casos cultivado bajo condiciones de invernadero en el departamento de Cajamarca.
- **Suni** en los departamentos de Ayacucho y Cuzco.

Consta de dos variedades: *S. lycopersicum* variedad *lycopersicum* y *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*.

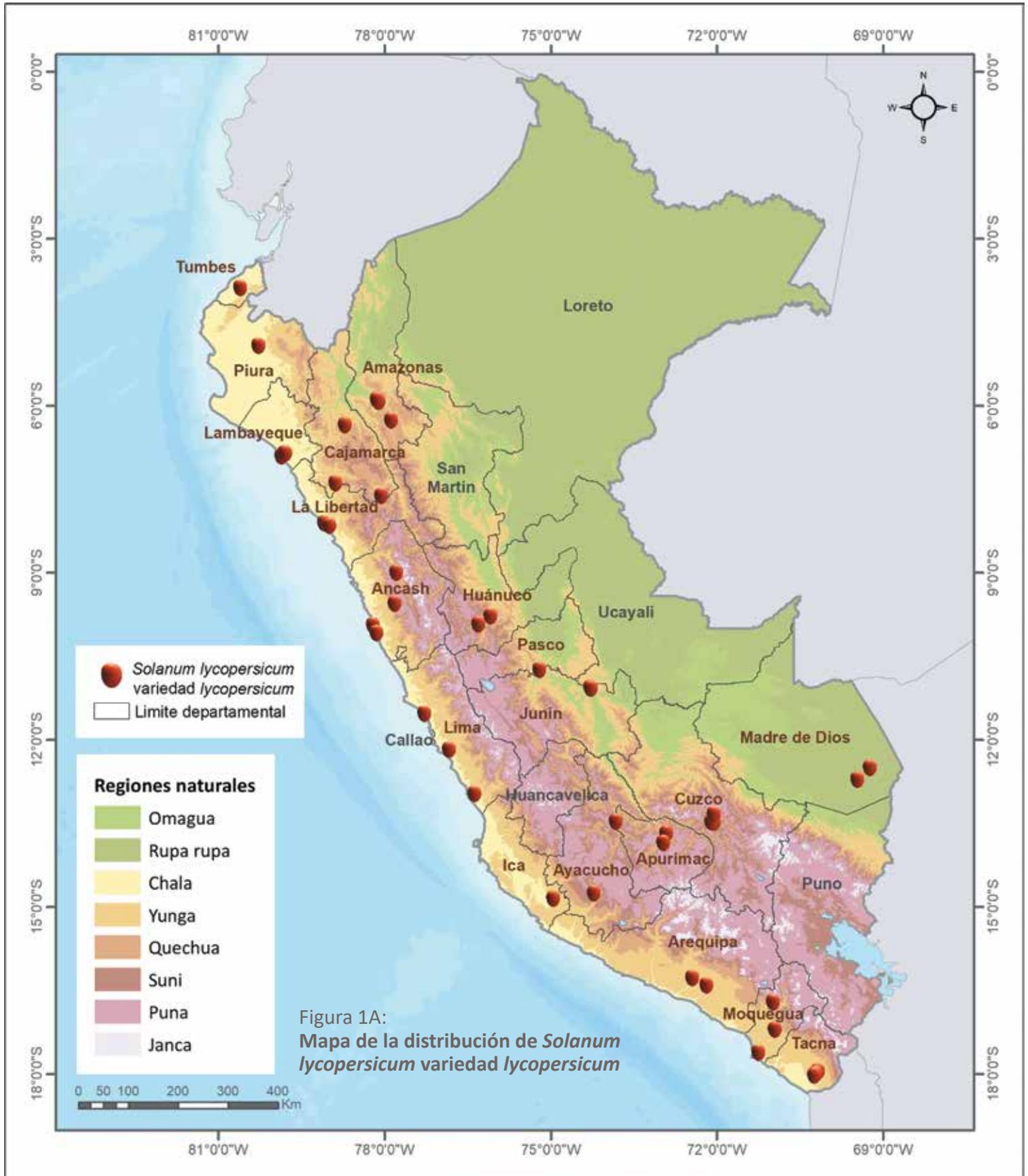


SECCIÓN *Lycopersicon*

S. lycopersicum L. variedad *lycopersicum*

Corresponde al **tomate** domesticado, ampliamente cultivado en todo el Perú y el mundo, cuenta con numerosos cultivares generados para diferentes propósitos, tanto para consumo en fresco como para productos elaborados mediante procesos industriales. En esta prospección, se la ha encontrado en 19 departamentos del Perú (Figura 1A).

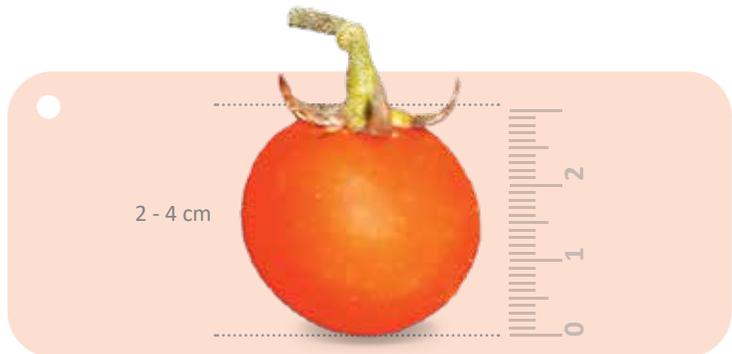






Solanum lycopersicum* variedad *cerasiforme
(Dunal) D.M. Spooner, G.J. Anderson & R.K. Jansen

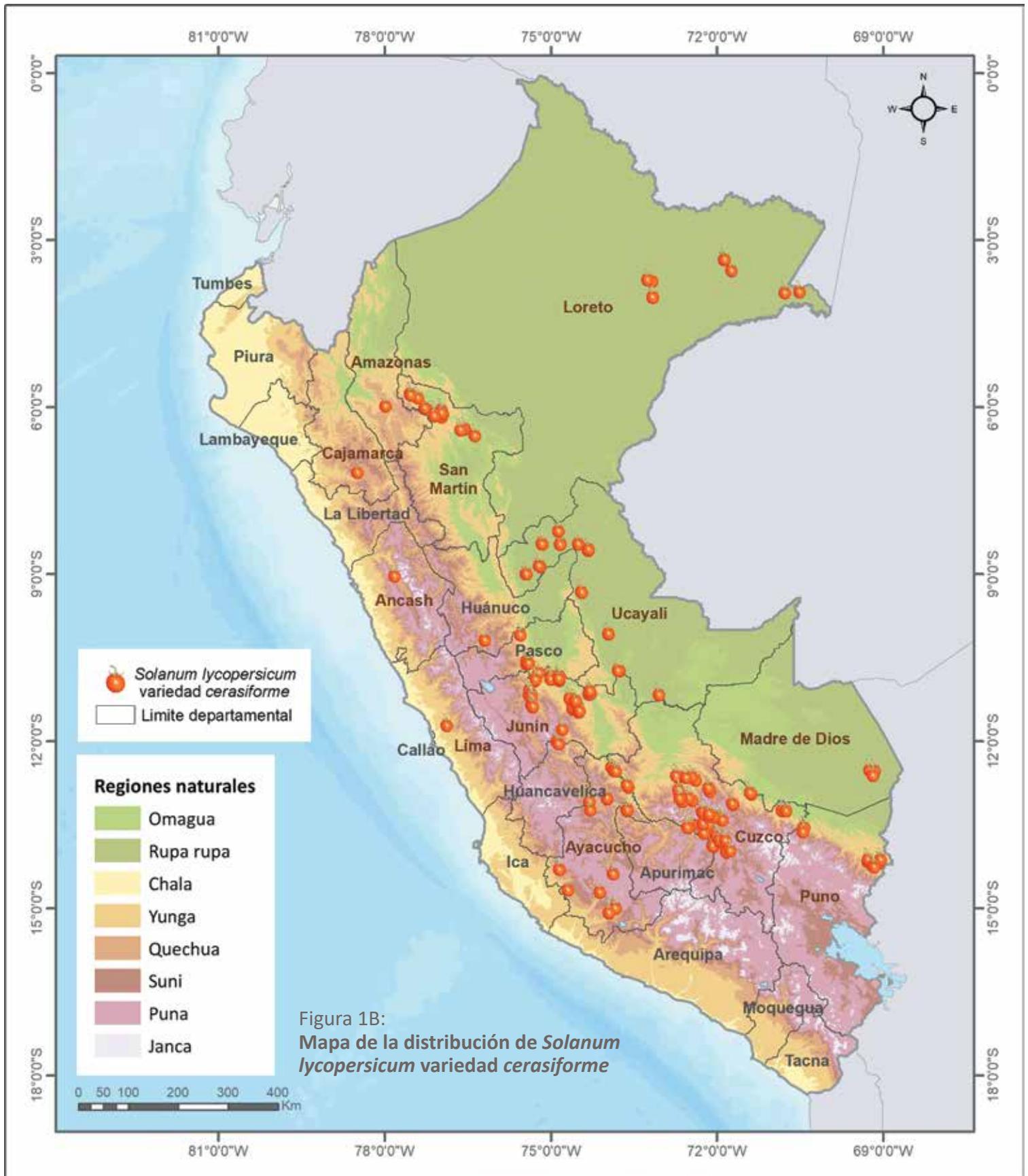
Es el ancestro del tomate domesticado, corresponde al tomate nativo del Perú y se le ha encontrado en 14 departamentos del Perú (Figura 1B). El tomate nativo tiene ramas postradas, de 1 a 1,5 m de largo; tallos y hojas pubescentes; el fruto es una baya globosa de 2 a 4 cm de diámetro, con dos a cinco carpelos. Los tipos más ancestrales tienen frutos bicarpelares con 2 cm de diámetro, generalmente de color rojo brillante intenso, también de color anaranjado y amarillo. Actualmente, es posible encontrar en el Perú, tanto la variedad *cerasiforme* nativa como introducida, y un ejemplo claro de la primera son los tomates encontrados y registrados en la Yunga fluvial del departamento de San Martín.



Se puede diferenciar la variedad *cerasiforme* nativa de la introducida por los tallos, delgados en la primera y robustos en la segunda; por las hojas, pequeñas o más grandes, respectivamente; por los frutos, pequeños en la nativa (2 cm de diámetro aproximadamente), mientras que en la introducida son grandes (3 cm de diámetro aproximadamente); y por el número de carpelos, dos para la nativa y entre dos hasta cinco carpelos para la introducida.

La variedad *cerasiforme* es conocida como “pisco tomate” en la región Yunga fluvial del departamento de Cuzco, donde la recolectan y consumen, lo que confirma el uso del fruto en la dieta de los campesinos y de los animales (Rick y Holle, 1990). De la misma manera, esta variedad es consumida por los pobladores rurales y los animales en México (Vargas, 2008).







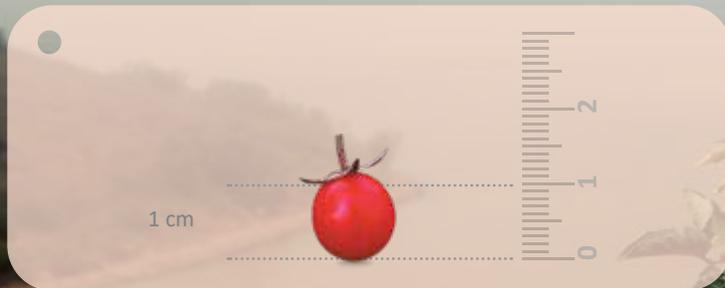
Solanum pimpinellifolium L.

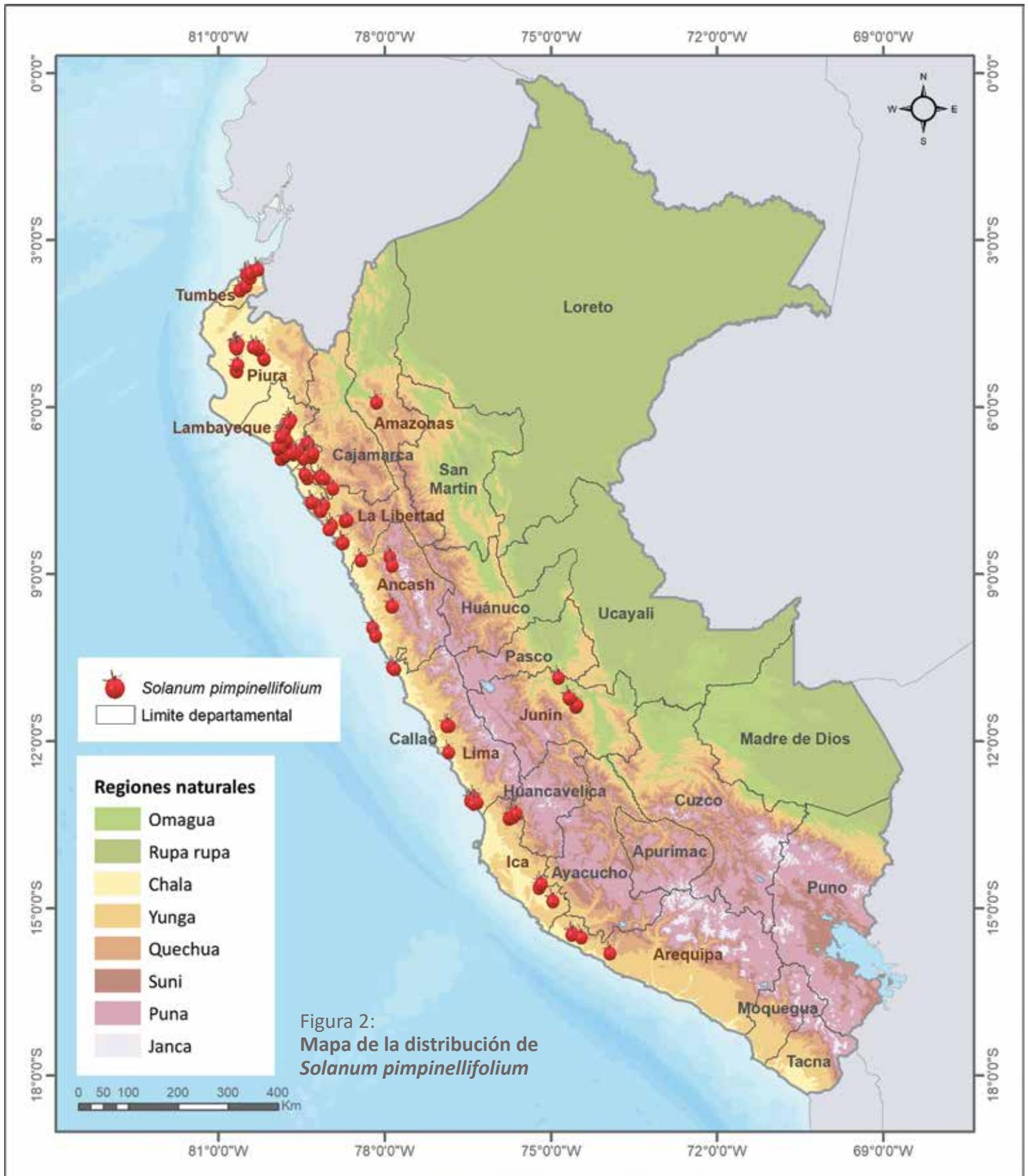
Es una planta herbácea postrada ascendente, con tallos y hojas pubescentes. Tiene una corola amarilla estrellada, con lóbulos largos y reflexos. El tubo estaminal es recto, y el estilo y el estigma exsertos sobre el tubo. El fruto es globoso y pequeño, de color rojo brillante y protegido por los lóbulos del cáliz persistentes y reflexos.

Como se muestra en la Figura 2, se encuentra ampliamente distribuido en zonas áridas, desde el nivel del mar hasta los 1500 m s. n. m., en las siguientes regiones naturales:

- **Chala** de los departamentos de Áncash, Arequipa, Cajamarca, Ica, Lambayeque, La Libertad, Lima, Piura y Tumbes.
- **Yunga marítima** de los departamentos de Áncash, Arequipa, Cajamarca, Huancavelica, Ica, La Libertad y Lima.
- **Yunga fluvial** del departamento de Cajamarca.
- **Rupa rupa** de los departamentos de Amazonas y Junín.

Se le conoce como “tomatillo” en los departamentos de Lambayeque, Piura y Tumbes. Es considerada una maleza persistente dentro de los cultivos, aunque su consumo humano se estaría abandonando, puesto que fue insumo de potajes ancestrales, que habrían derivado en lo que hoy se conoce como “sudado” (C. Elera, comunicación personal, 03 de diciembre de 2019).







Solanum arcanum Peralta

Es una planta herbácea postrada, con hojas glabras a finamente pubescentes, de color verde blanquecino por el envés y de color verde claro por el haz. La corola es pentagonal, de color amarillo y con lóbulos reflexos. La columna estaminal es recta con apéndice estéril. El fruto es globoso, de algo más de 1 cm de diámetro y de color verde claro, con una franja de color verde oscuro que circula al fruto desde el ápice hacia la base. El fruto tiene cáliz persistente, las semillas son numerosas, muy pequeñas y de color marrón café.

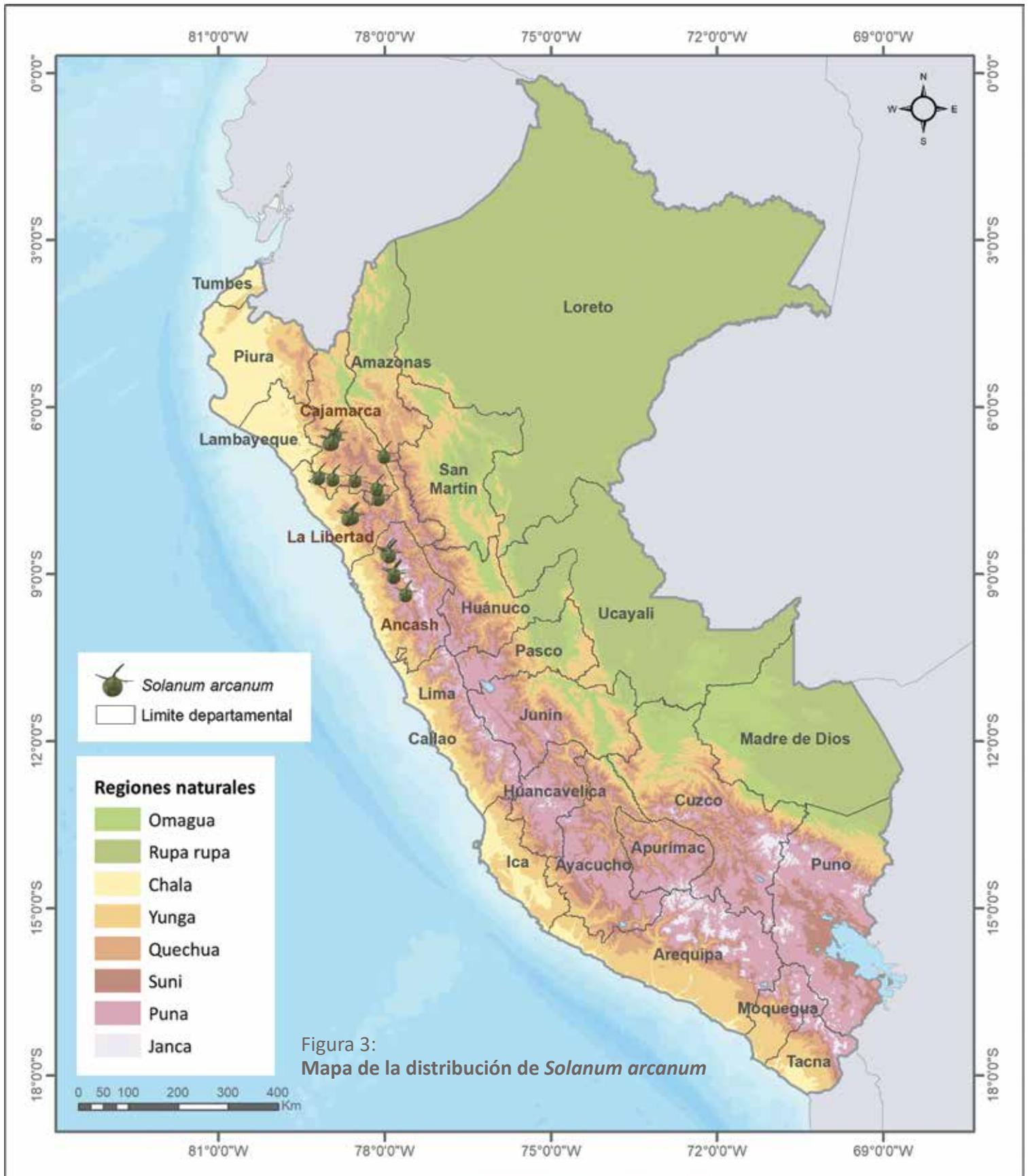
Este tomate es una especie silvestre endémica de los valles interandinos del norte peruano, donde habita laderas secas, lomas y embanques de ríos, desde los 418 m s. n. m. hasta los 2873 m s. n. m. (Figura 3). Su presencia abarca las siguientes regiones naturales:



- **Chala** del departamento de Cajamarca.
- **Yunga marítima** de los departamentos de Áncash, Cajamarca y La Libertad.
- **Yunga fluvial** de los departamentos de Amazonas y Cajamarca.
- **Quechua** de los departamentos de Áncash, Cajamarca y La Libertad. También ha sido reportada previamente su presencia en Lambayeque y Piura (USM).

Es comúnmente conocido como “tomatillo”, aunque en La Libertad se le denomina “shambraque hembra” y no tiene ningún uso conocido.







Solanum chilense (Dunal) Reiche

Es una planta herbácea, erecta o postrada, con tallos y hojas grisáceas cubiertas de una densa y fina pubescencia. La corola es amarilla, rotácea, de lóbulos reflexos en la antesis y la columna estaminal es recta. El fruto es globoso de algo más de 1 cm de diámetro, de color blanco verdoso y con estrías purpúreas. Los lóbulos del cáliz son persistentes y separados del fruto. El fruto presenta numerosas semillas pequeñas de color marrón oscuro.



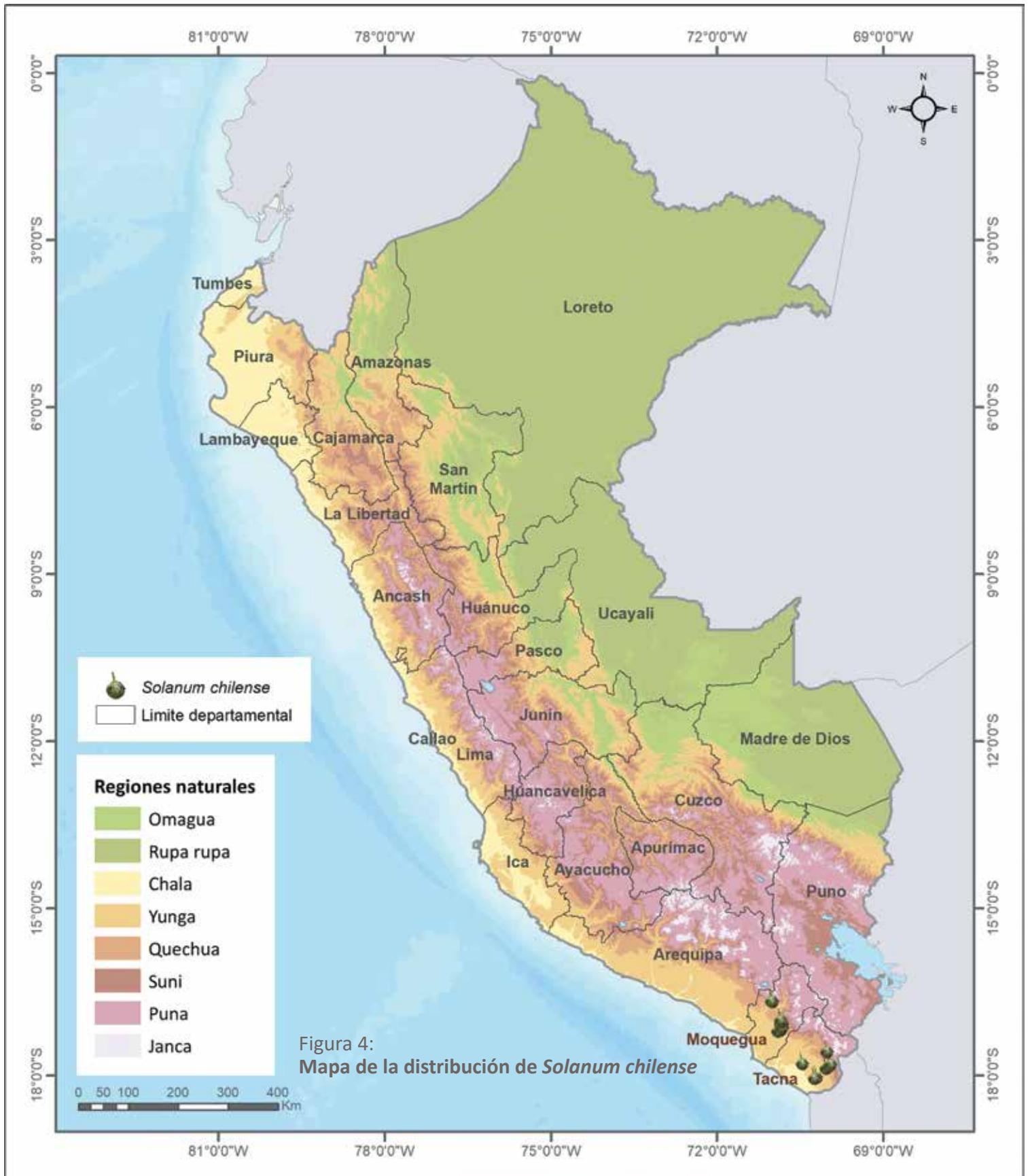
Está distribuida en el sur del Perú y habita zonas de extrema aridez, como el cauce de los ríos secos, desde el nivel del mar hasta los 3472 m s. n. m. (Figura 4).

Se encuentra presente en las regiones naturales Yunga marítima y Quechua de Moquegua y Tacna.

Existen registros de colecta previos que la ubican desde la región Chala y región Yunga marítima de los departamentos de Arequipa (F, G, M, MO, NY, S, UC, USM, US y HUSA), Ayacucho (LL) e Ica (USM), pero en prospecciones recientes no ha sido encontrada en estos lugares, probablemente debido al cambio de uso de la tierra.

Es conocida con el nombre de "tomatillo" y no se ha logrado registrar uso alguno.







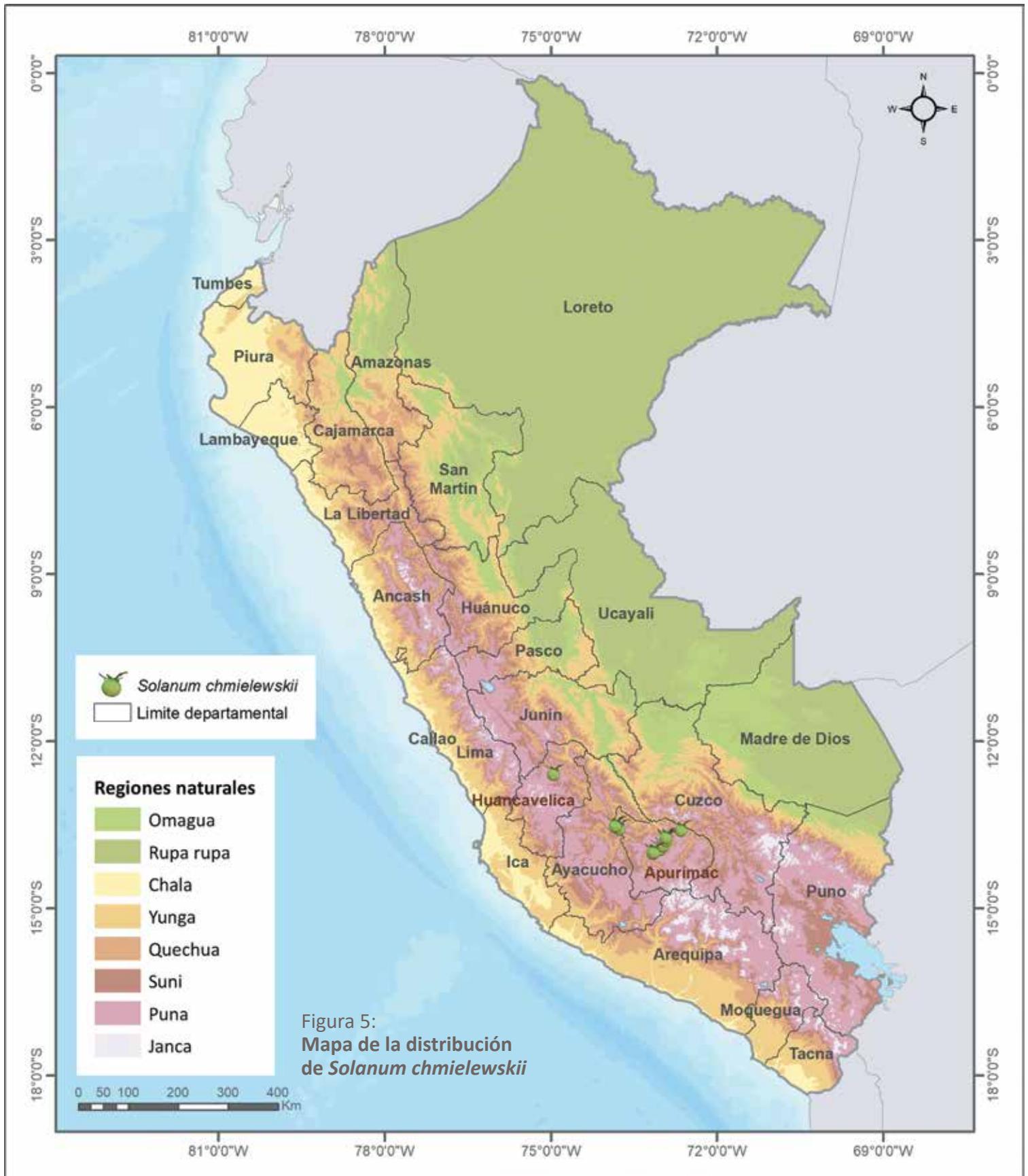
Solanum chmielewskii (C. M. Rick, Kesicki, Fobes & M. Holle) D. M. Spooner, G. J. Anderson & R. K. Jansen

Es una planta herbácea con tallos péndulos o postrados, densamente pubescentes al igual que las hojas, que son de color verde blanquecino por el envés y verde oscuro por el haz. La corola es amarilla, pentagonal, con los lóbulos reflexos en la antesis y columna estaminal recta. El fruto es globoso de algo más de 1 cm de diámetro, de color verde con una franja verde oscuro o púrpura que lo circula desde el ápice hacia la base. Las semillas son numerosas, pequeñas y de color marrón café.

Se distribuye en zonas áridas de los valles interandinos que presentan algo de humedad, crecen entre los 1500 y 3356 m s. n. m. (Figura 5), en la región natural Yunga fluvial del departamento de Apurímac, así como en la región Quechua del departamento de Huancavelica. Además, se le ha registrado previamente en los departamentos de Ayacucho (BM y USM) y Cuzco (NY).

A pesar que no se ha logrado registrar algún uso directo, es conocida como "tomatillo".





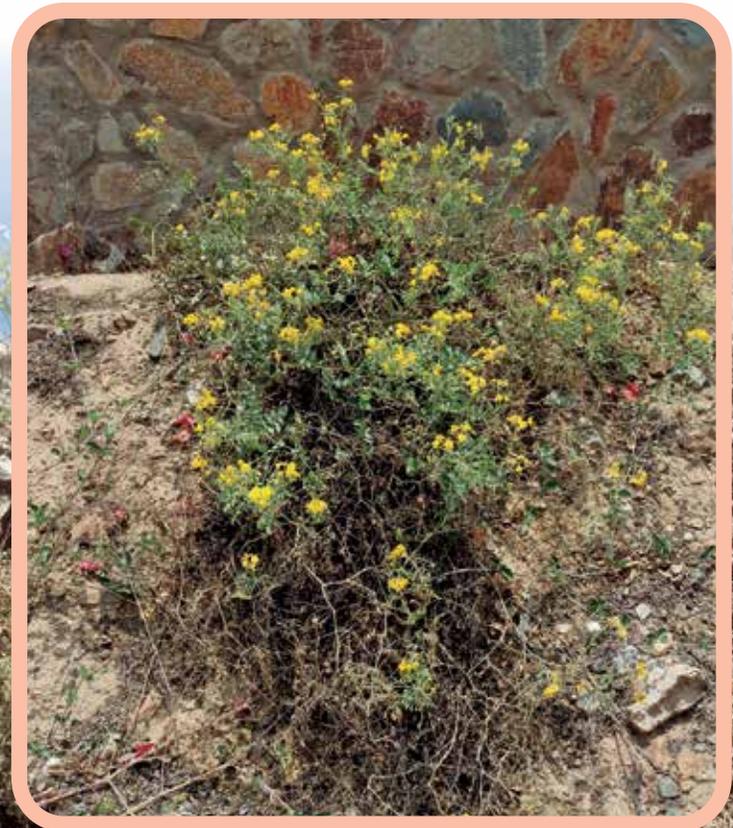


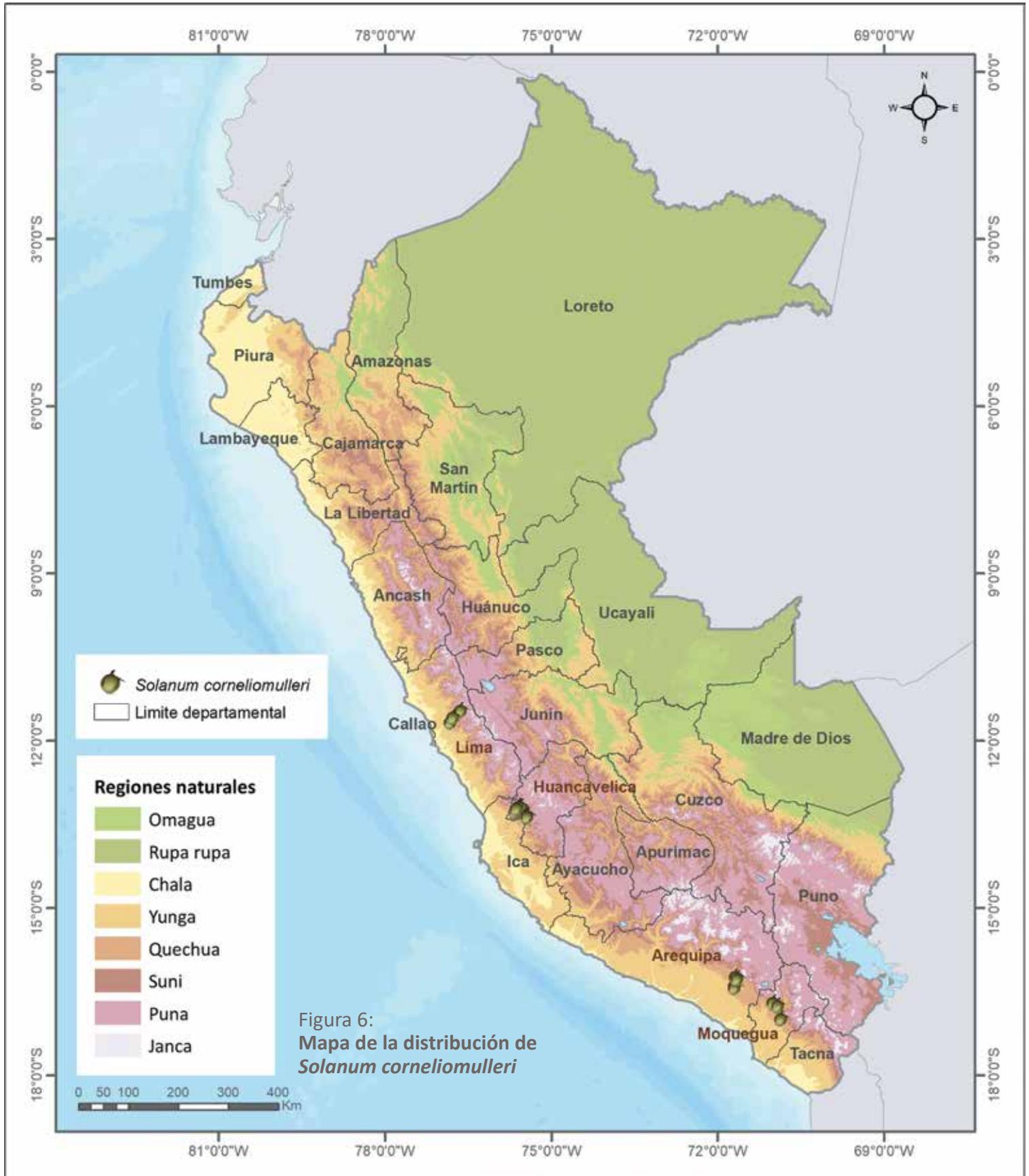
Solanum corneliomulleri J. F. Macbride

Es una planta herbácea postrada ascendente, con tallos y hojas densamente pubescentes y gran cantidad de pelos glandulosos que la hacen pegajosa. La corola es rotácea estrellada, de color amarillo y columna estaminal notoriamente curvada. El fruto es globoso, de aproximadamente 1 cm de diámetro, de color verde a blanquecino, con una franja verde oscura o purpúrea que lo rodea desde el ápice hacia la base.

Es una especie endémica del Perú que crece en laderas rocosas, a veces próximas a zonas de huaycos, entre los 1058 y 2760 m s. n. m. (Figura 6). Se encuentra en las regiones naturales Yunga marítima y Quechua de Arequipa, Huancavelica, Lima y Moquegua. Su presencia también ha sido reportada en Áncash (USM), Ayacucho (LL, US, USM, BM y MOL), Cajamarca (USM y NY), Ica (HUT, USM, BM, MO, GH, NY, U, UC, US, USM, WIS, C, F y M), Junín (F), La Libertad (USM) y Tumbes (USM), aunque no fue posible encontrarla durante las prospecciones realizadas en este estudio.

Es conocida con el nombre de “tomatillo” y no se ha logrado registrar uso alguno.







Solanum habrochaites S. Knapp & D. M. Spooner

Es una planta subarborescente con ramas largas y postradas, con pubescencia hirsuta al igual que las hojas. La corola es de color amarillo dorado, rotácea, y la columna estaminal recta. El fruto es globoso de 1,5 cm de diámetro, pubescente y de color verde con una franja más oscura que lo rodea desde el ápice hacia la base. Los lóbulos del cáliz son persistentes y se encuentran cubriendo parcialmente al fruto.

En la Figura 7 se observa que está ampliamente distribuida en los valles interandinos cerca de los ríos y centros poblados, entre los 642 y 3540 m s. n. m.

Se le encuentra en las siguientes regiones naturales:

- **Yunga marítima** de los departamentos de Áncash, Cajamarca, Huancavelica, Lambayeque, Lima y Piura.
- **Yunga fluvial** de los departamentos de Amazonas, Ayacucho y Cajamarca.
- **Quechua** de los departamentos de Amazonas, Áncash, Ayacucho, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque y Lima.
- **Suni** del departamento de Ayacucho.

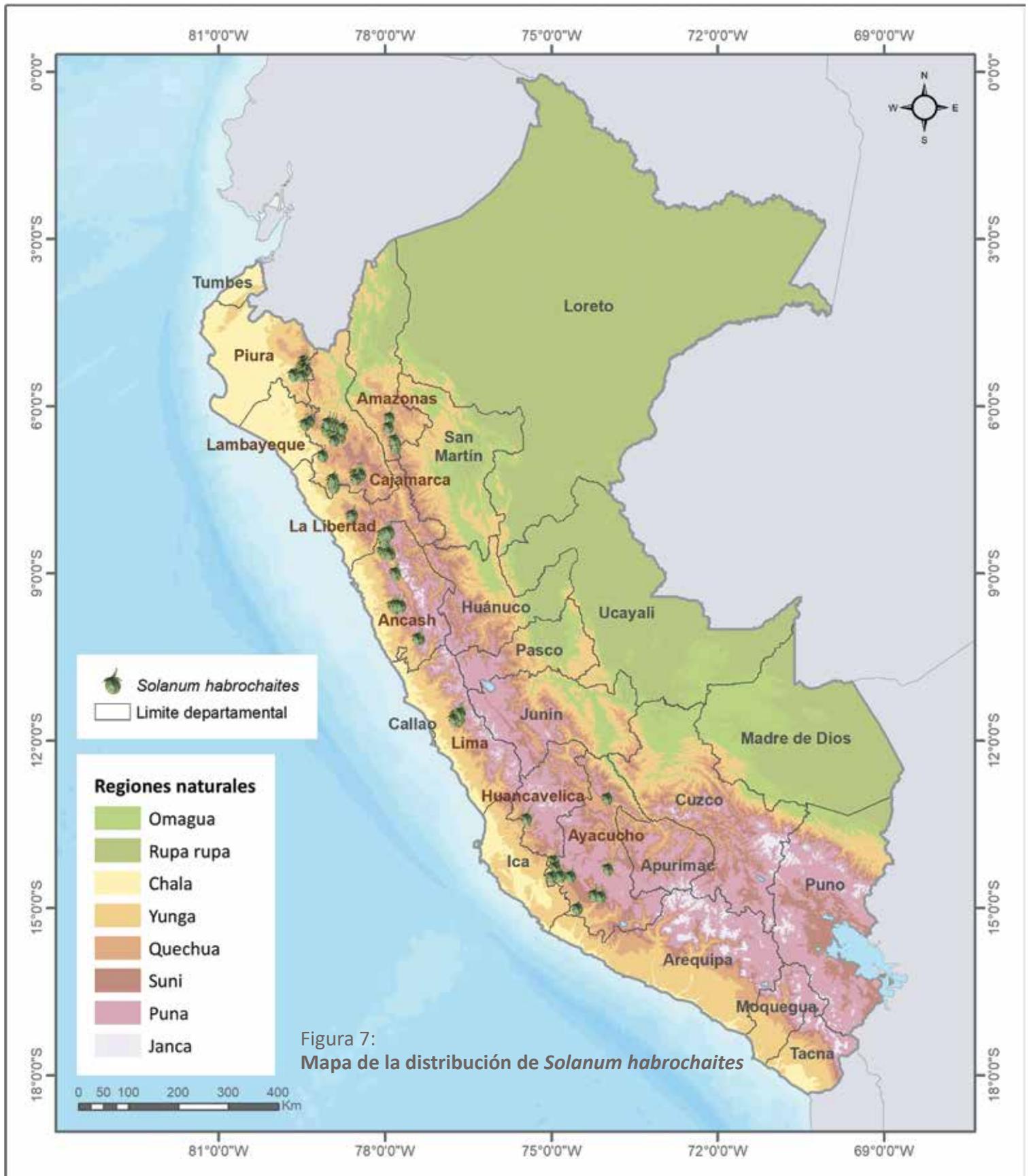


Existen registros de la ocurrencia de esta especie en Ica (USM) y Tumbes (USM, NY, BM, MO y GH).

Se le encuentra en las prospecciones realizadas entre el 2014 al 2019.

A este tomate se le conoce como “paja del susto”, “añasquero”, “hierba del shingo”, entre otros, y se usa tradicionalmente para tratar afecciones conocidas como el mal del susto o espanto y mal de ojo.



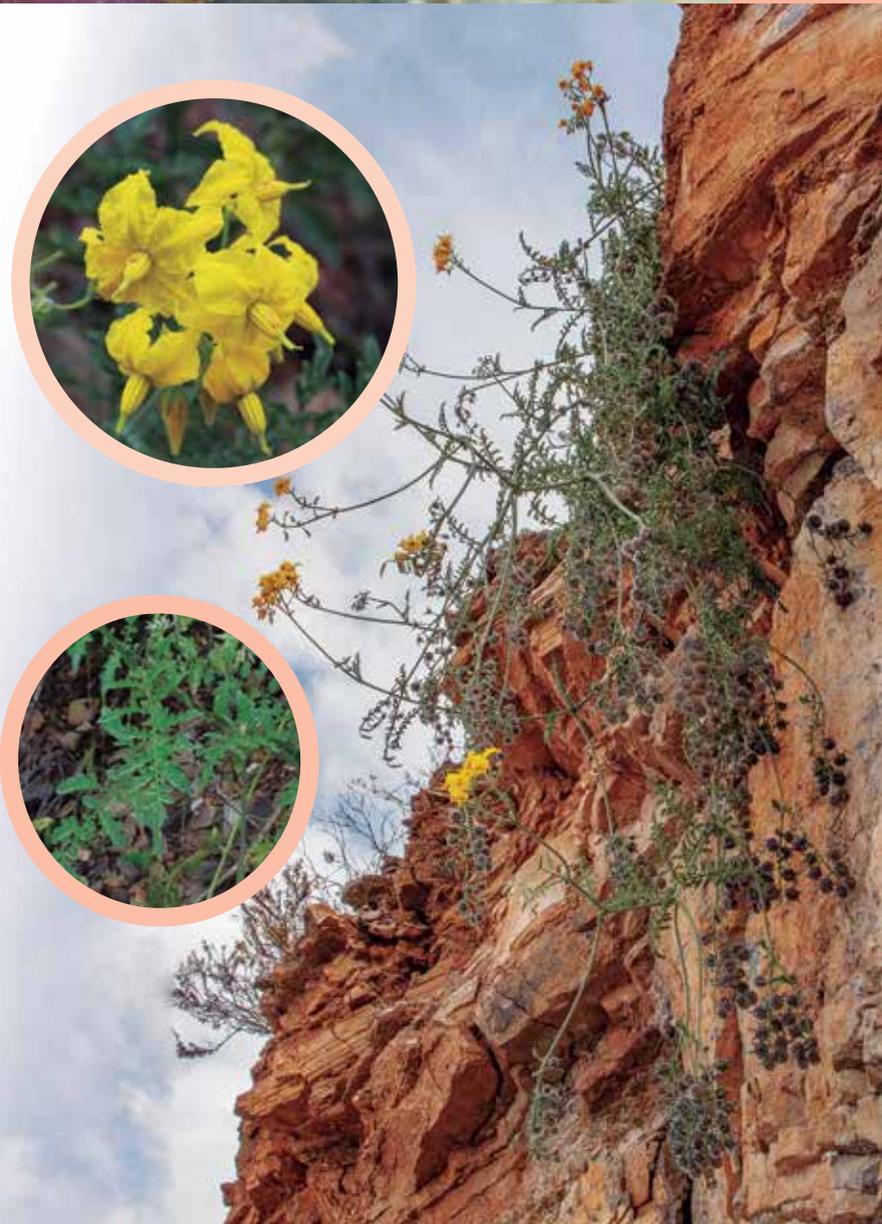


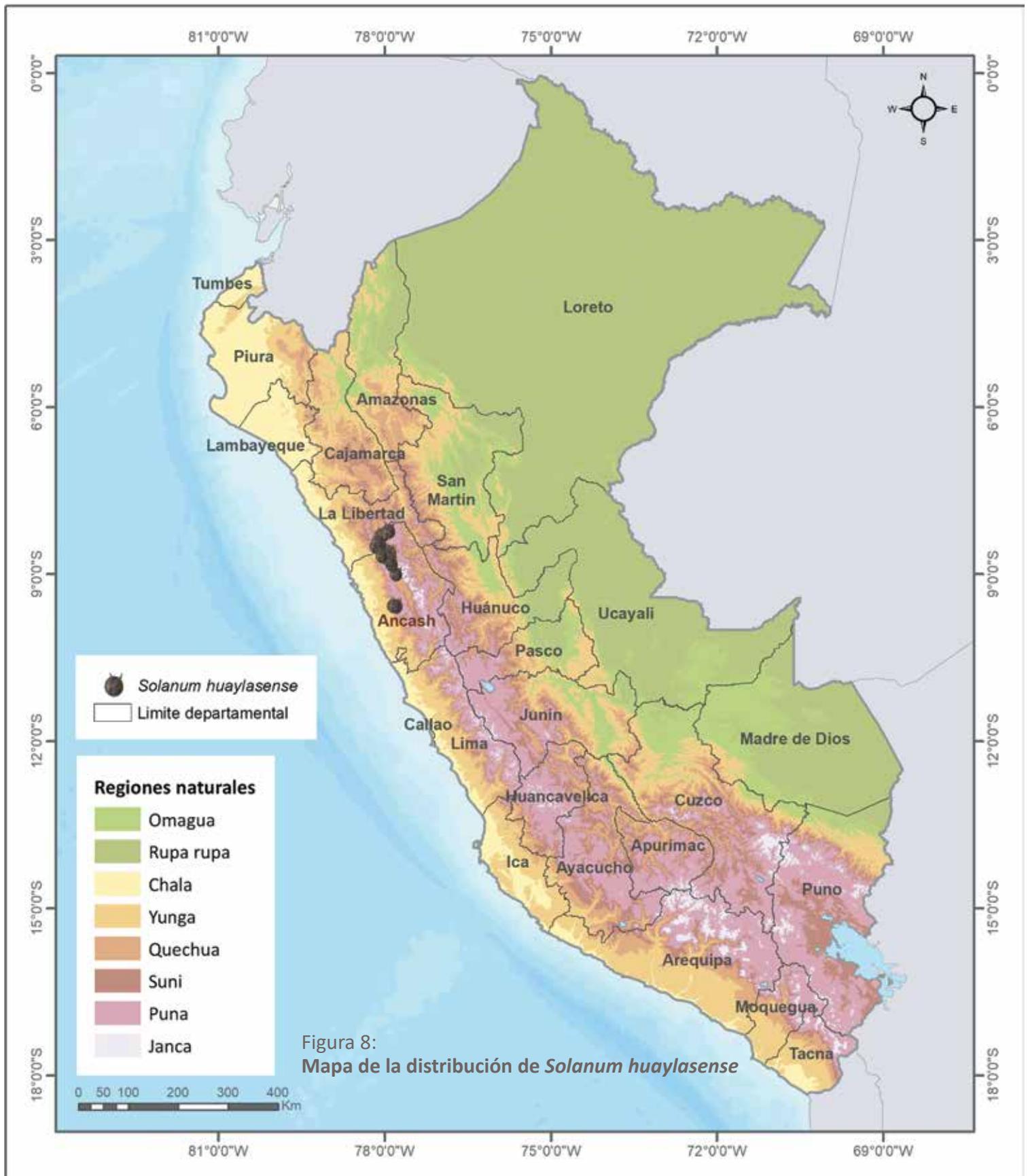


Solanum huaylasense Peralta

Es una planta herbácea postrada o ascendente, de tallos y hojas verdes, finamente pubescentes. La corola es amarilla y estrellada con los lóbulos reflexos en la antesis, columna estaminal recta o curva, y estilo y estigmas exertos. El fruto es de más de 1 cm de diámetro, de color verde claro, con una franja verde oscura o purpúrea que rodea al fruto desde el ápice hacia la base. Los lóbulos del cáliz son persistentes en el fruto y recurvos hacia afuera. Las semillas son pequeñas y de color marrón pálido.

Esta especie es endémica del Callejón de Huaylas, en el departamento de Áncash, donde habita las laderas rocosas, extendiendo su presencia por encima de los 809 m s. n. m. en el distrito de Macate, llegando hasta los 3376 m s. n. m. en el distrito de Yupán, abarcando las regiones naturales Yunga marítima y Quechua (Figura 8). Es importante destacar que es conocida con el nombre de “tomatillo” y no se le conoce algún uso directo.



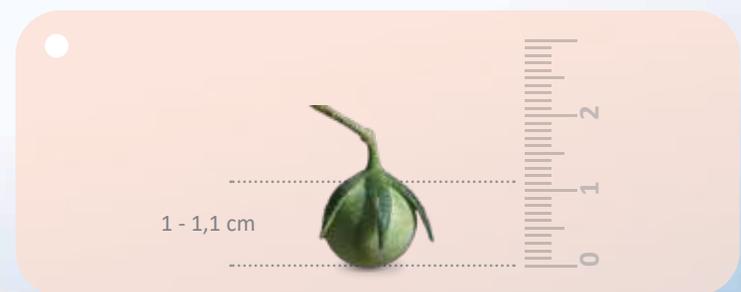




***Solanum neorickii* D. M. Spooner,
G. J. Anderson & R. K. Jansen**

Es una planta herbácea de tallos delgados y largos, postrados y finamente pubescentes, al igual que las hojas, que son de color verde blanquecino por el envés y verde normal por el haz. La corola es pentagonal y amarilla, de lóbulos fuertemente reflexos en la antesis, con columna estaminal recta; el estilo y el estigma están totalmente incluidos en el tubo estaminal. El fruto es globoso, de 1 cm de diámetro, de color verde con una franja verde oscura que lo rodea desde el ápice hacia la base; a veces los frutos son blanquecinos cuando maduran, las semillas son pequeñas, numerosas y de color marrón.

Esta especie crece en rocas empinadas, suelos rocosos y a los costados de los caminos, entre los 1055 y 2658 m s. n. m. (Figura 9). Se ha registrado su presencia en las regiones naturales de Yunga fluvial de los departamentos de Amazonas, Apurímac y Piura, así como en la Quechua de los departamentos de Apurímac y Huánuco. Ha sido registrada previamente en los departamentos de Áncash (Chetelat, 2013)



y Cajamarca (LL, NY, BH, MO, USM, MOL y BM), Cuzco (US y NY), Huancavelica (USM) y Pasco (F, G y S). Sin embargo, no se le ha encontrado en estos departamentos durante las prospecciones realizadas.

Se la denomina localmente "tomatillo" y no se le conoce uso.



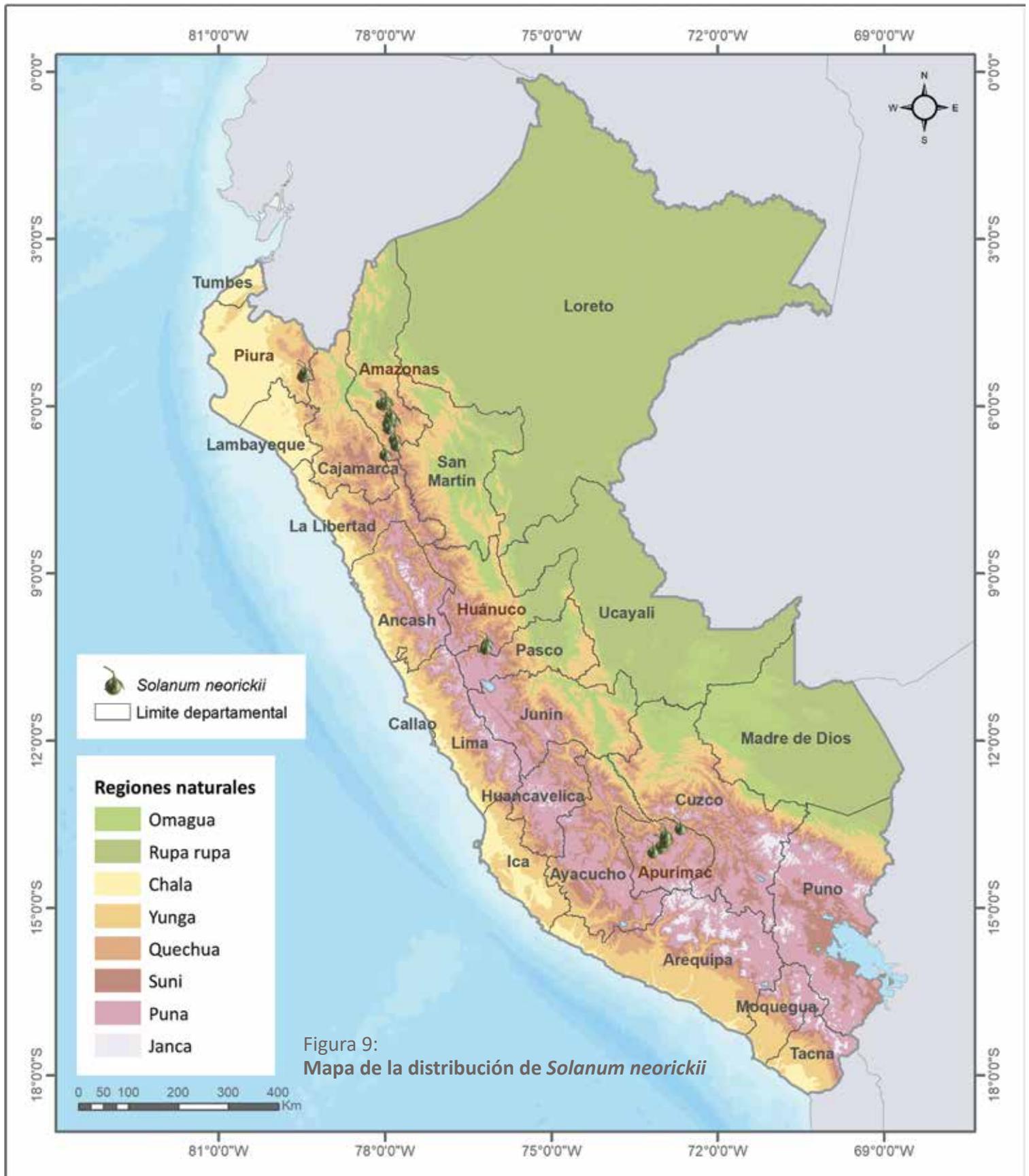


Figura 9:
Mapa de la distribución de *Solanum neorickii*



Solanum pennellii Correll

Es una planta herbácea postrada ascendente, con un follaje cubierto de pubescencia pegajosa y de hojas con folíolos elípticos u orbiculares. Presenta flores con lóbulos del cáliz deltoideos o espatulados, corola zigomorfa por tener el pétalo superior más grande, anteras conniventes formando un tubo curvo por tener las dos anteras superiores más grandes y sin apéndice estaminal estéril. El fruto es verde y pubescente, de aproximadamente 1 cm de diámetro.

Esta especie crece en ambientes áridos andinos, entre los 860 y 1434 m s. n. m. (Figura 10). Se le ha encontrado en la región natural Yunga marítima de los departamentos de Huancavelica y Lima, aunque ha sido registrada previamente en los departamentos de Áncash (USM Y BM), Arequipa (LL, MO y USM), Ayacucho (Chetelat, 2013), Cuzco (MO), Ica (USM, BM, MO, F,



HUT Y M), La Libertad (F, HUT, M, NY, MO, GH, LL, BH, CPUN y BM), Lambayeque (BM, MO y USM), Moquegua (USM, BM (USM, BM y F), Piura (F, GH, HUT, LL y MO) y Tacna (USM), pero no pudo ser encontrada durante las prospecciones realizadas en este estudio.

Se le conoce con el nombre de "tomatillo" y no se ha logrado registrar uso alguno.



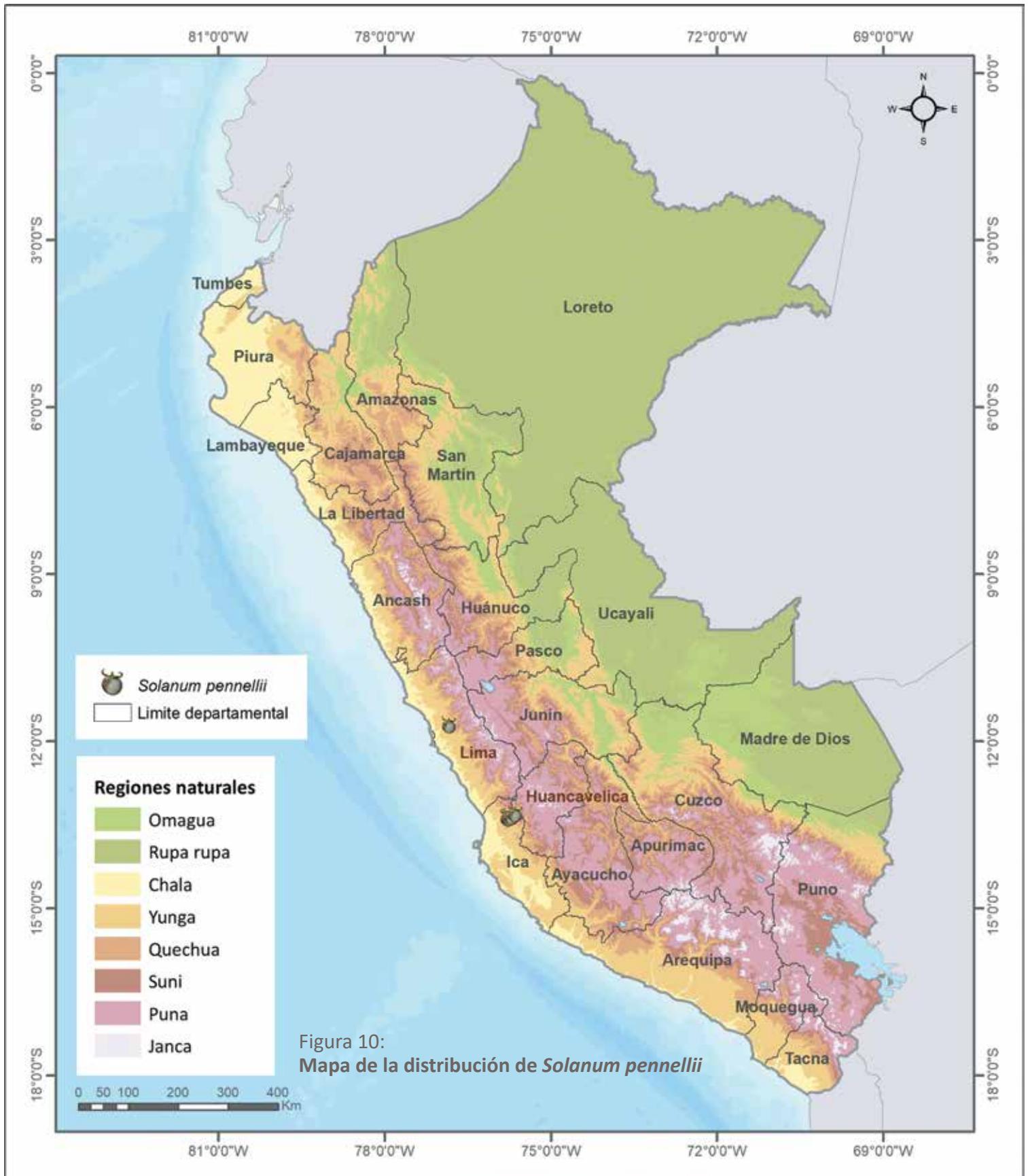


Figura 10:
Mapa de la distribución de *Solanum pennellii*

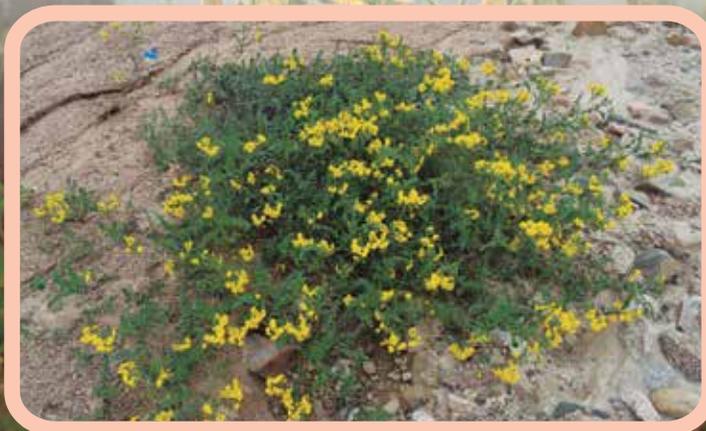


Solanum peruvianum L.

Es una planta herbácea, postrada o apoyante, de tallos y hojas de color verde grisáceo, cubiertos por una pubescencia fina aterciopelada. La corola es amarilla rotácea, ligeramente estrellada, la columna estaminal curva, las dos anteras superiores más grandes y curvas, y el apéndice apical estéril de color verde. El fruto es globoso, de aproximadamente 1 cm de diámetro, de color verde a blanco verdoso, con una franja verde oscura o purpúrea desde el ápice a la base. Las semillas son pequeñas y de color marrón oscuro.

Tiene una amplia distribución, la cual abarca las zonas áridas y lomas, desde el nivel del mar hasta los 3083 m s. n. m. en la región natural Chala de los departamentos de Arequipa y Tacna, en la región natural Yunga marítima de los departamentos de Arequipa, Lima y Tacna, así como en la región natural Quechua de los departamentos de Áncash y Lima (Figura 11). Se ha registrado previamente su presencia en los departamentos de Amazonas (Chetelat, 2013), Cajamarca (BM y Chetelat, 2013), Ica (NY y Chetelat, 2013), La Libertad (NY y Chetelat, 2013) y Moquegua (USM y Chetelat, 2013). Sin embargo, no fue posible encontrarla en estos departamentos durante las prospecciones realizadas en el presente estudio.

Se le conoce como “tomatillo” y no se ha logrado registrar uso alguno.



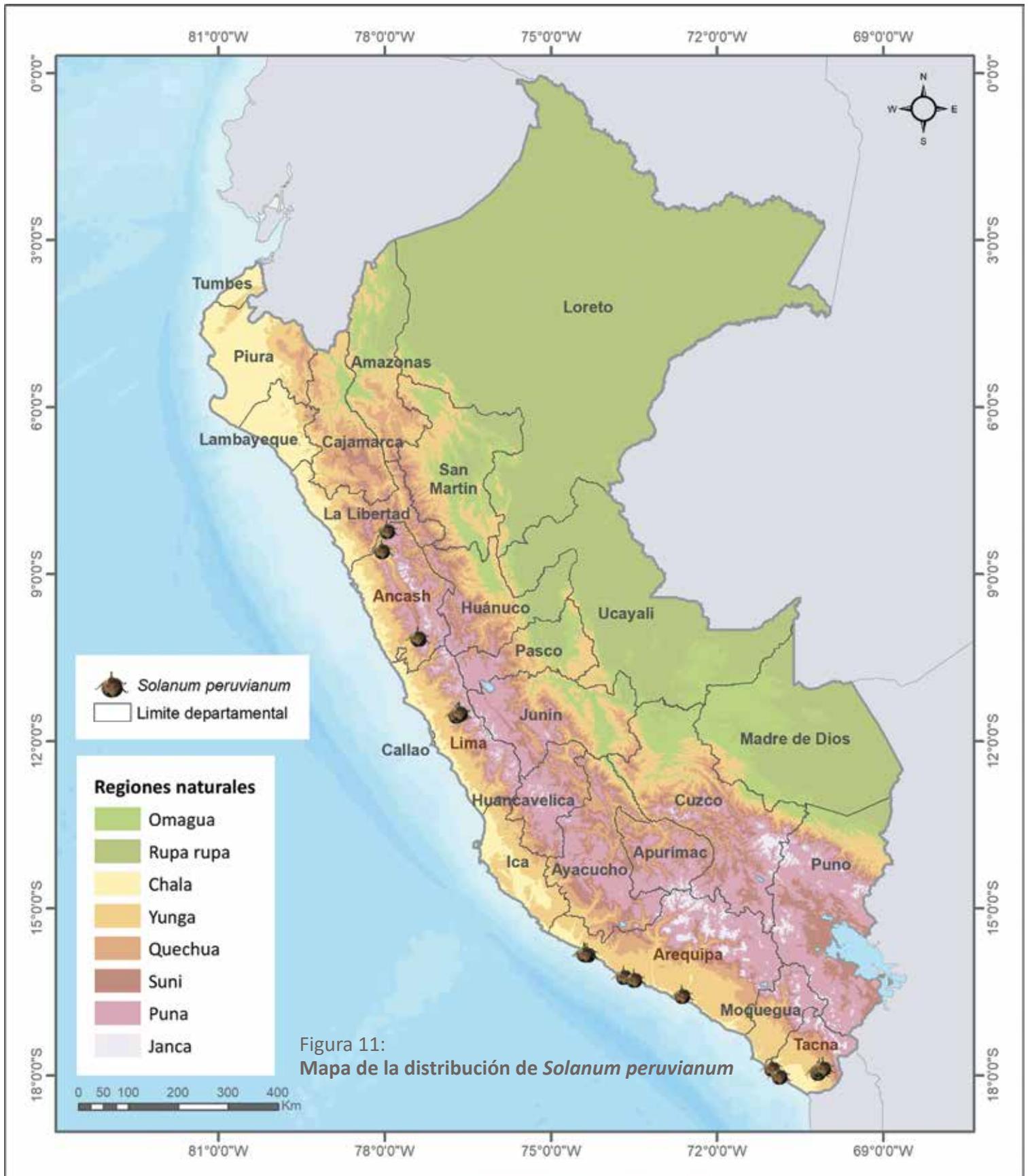


Figura 11:
Mapa de la distribución de *Solanum peruvianum*

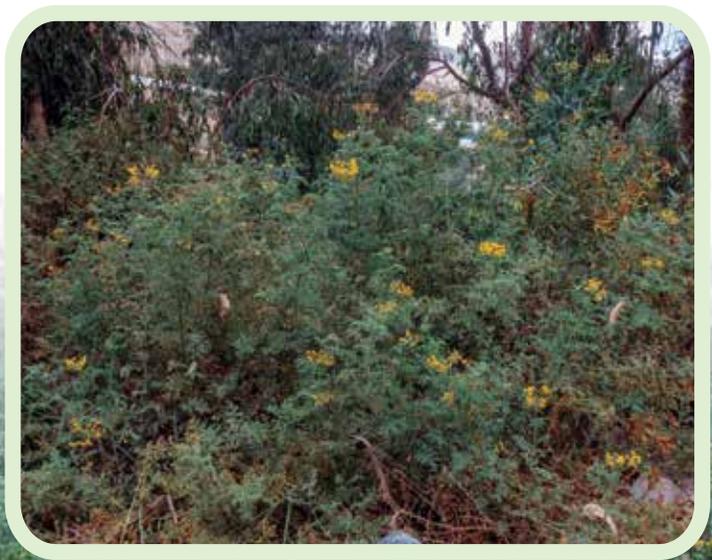


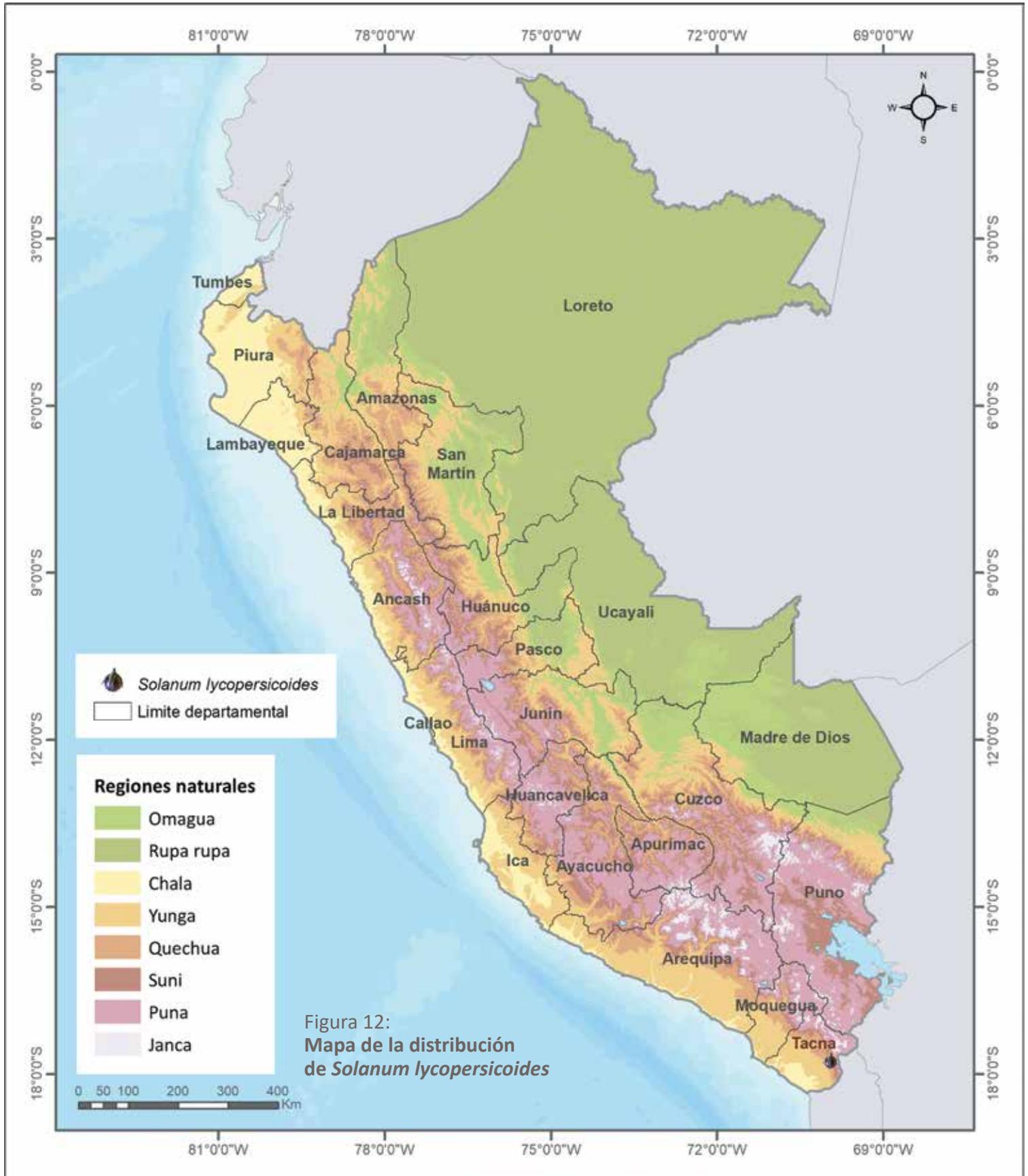
SECCIÓN *Lycopersicoides*

Solanum lycopersicoides Dunal

Son arbustos ampliamente ramificados y erectos, de 2 a 2,5 m de alto. Los frutos son de 1 cm de diámetro, de color púrpura o negro.

Esta especie habita en hondonadas andinas húmedas, a orillas de quebradas con caudal temporal a 2922 m s. n. m. Se la ha encontrado en la región natural Quechua del departamento de Tacna (Figura 12). Además, se cuenta con registros previos en el departamento de Arequipa (F y MA).







SECCIÓN *Juglandifolia*

Solanum ochranthum Dunal

Son lianas trepadoras sobre la vegetación arbórea, alcanzando 10 m o más de altura, sus frutos son grandes, de 2 a 5 cm de diámetro, verdes y duros, con cáscara leñosa.

Esta especie crece a orillas de ríos y quebradas con caudal permanente, entre los 1853 y 2477 m s. n. m. Se la ha encontrado en la región natural Yunga fluvial del departamento de Amazonas y en la región natural Quechua del departamento de Cajamarca (Figura 13). Existen registros previos de su presencia en los departamentos de Apurímac (F, WIS, W, GH, US, MO y USM), Cuzco, (US, F, MO, NY, MA, GH, UC, BM y LE), Huancavelica (USM, GH, US, F y G), Junín (F) y Piura (USM, MO, NY y Chetelat, 2013), pero no ha sido posible encontrarla en algunos de estos lugares, probablemente por el cambio de uso de la tierra.



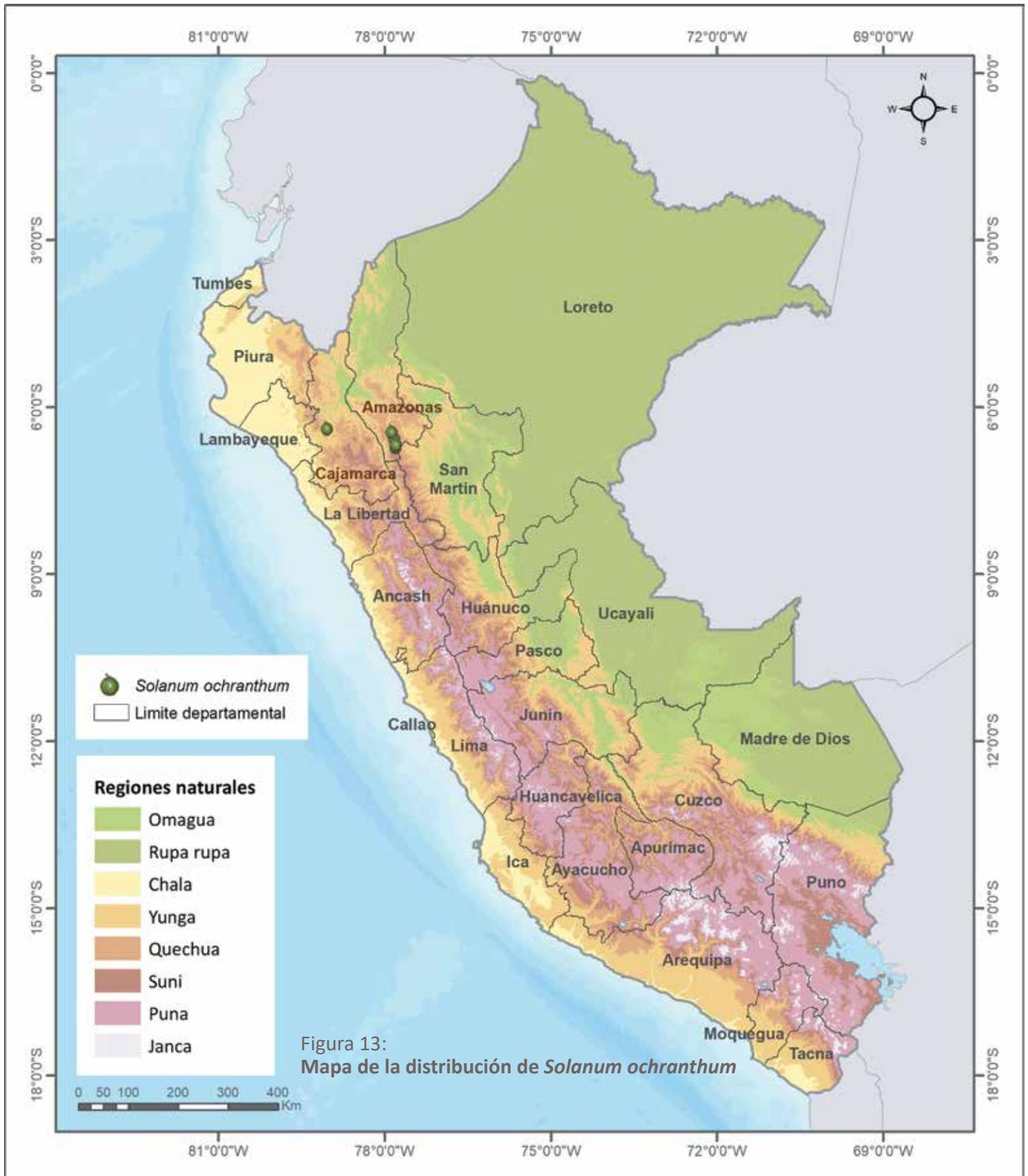


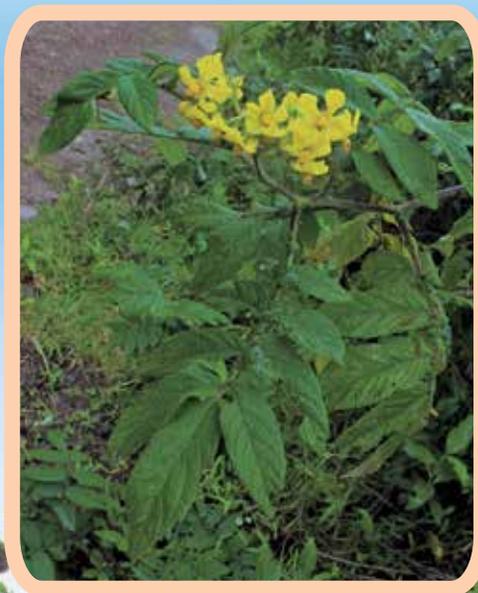
Figura 13:
 Mapa de la distribución de *Solanum ochranthum*



Solanum juglandifolium Dunal

Son lianas de más de 10 m de largo, se apoyan en las ramas de los árboles que conforman el dosel del bosque, sus frutos tienen de 1,5 a 2 cm de diámetro, y son verdes y duros.

Esta especie habita los bosques húmedos de los Andes orientales, entre los 1200 y 3100 m s. n. m. Se encuentra distribuida desde el noreste de Colombia, en el departamento de Santander, pasando por todo el este de Ecuador hasta el norte del Perú. Existe un registro de su presencia en el departamento de San Martín (BM, HAO, USM y UT).



Fotografías tomadas por Iris Peralta,
Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza, Argentina.



El registro del tomate cultivado y de las especies silvestres encontradas dentro del territorio peruano durante las prospecciones realizadas entre los años 2014 a 2019 muestra que están distribuidas ampliamente y se pueden reconocer fácilmente lugares de mayor concentración (Tabla

1, Figura 14). La región en la que se encuentra el mayor número de especies es la Yunga marítima de Lima (seis especies), seguida de la Yunga fluvial de Amazonas, y la Yunga marítima y la Quechua de Áncash, ambas con cinco especies.

Tabla 1: Ocurrencia del tomate cultivado y sus parientes silvestres por región natural y departamento

Departamento	N.º de especies	Regiones naturales (Pulgar Vidal, 1987)						
		Chala	Yunga marítima	Quechua	Suni	Yunga fluvial	Rupa rupa	Omagua
Amazonas	6			<i>S. habrochaites</i>		<i>S. arcanum</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> <i>S. neorickii</i> <i>S. ochranthum</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	
Áncash	6	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. arcanum</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. huaylasense</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. arcanum</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. huaylasense</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. peruvianum</i>				
Apurímac	3			<i>S. chmielewskii</i> <i>S. neorickii</i>		<i>S. chmielewskii</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. neorickii</i>		
Arequipa	4	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. peruvianum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. corneliomulleri</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. peruvianum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. corneliomulleri</i>				
Ayacucho	2			<i>S. habrochaites</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. habrochaites</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. habrochaites</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	
Cajamarca	5	<i>S. arcanum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. arcanum</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. arcanum</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> <i>S. ochranthum</i>		<i>S. arcanum</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>		
Cuzco	1			<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	
Huancavelica	5		<i>S. corneliomulleri</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. pennellii</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. corneliomulleri</i> <i>S. chmielewskii</i>				
Huánuco	2			<i>S. neorickii</i>		<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>		

Departamento	N.º de especies	Regiones naturales (Pulgar Vidal, 1987)						
		Chala	Yunga marítima	Quechua	Suni	Yunga fluvial	Rupa rupa	Omagua
Ica	2	<i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>					
Junín	2			<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>		<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>
La Libertad	4	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. arcanum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. arcanum</i> <i>S. habrochaites</i>				
Lambayeque	3	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. habrochaites</i>	<i>S. habrochaites</i>				
Lima	6		<i>S. corneliomulleri</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i> <i>S. pennellii</i> <i>S. peruvianum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. corneliomulleri</i> <i>S. habrochaites</i> <i>S. peruvianum</i>				
Loreto	1							<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>
Madre de Dios	1							<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>
Moquegua	3	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i>	<i>S. corneliomulleri</i> <i>S. chilense</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i>	<i>S. corneliomulleri</i> <i>S. chilense</i>				
Pasco	1					<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	
Piura	4	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>	<i>S. habrochaites</i>			<i>S. neorickii</i>		
Puno	1					<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	
San Martín	1					<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>
Tacna	4	<i>S. peruvianum</i>	<i>S. chilense</i> <i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. peruvianum</i>	<i>S. chilense</i> <i>S. lycopersicoides</i>				
Tumbes	2	<i>S. lycopersicum</i> var. <i>lycopersicum</i> <i>S. pimpinellifolium</i>						
Ucayali	1							<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>

Elaboración: MINAM.



2.4 Biología floral

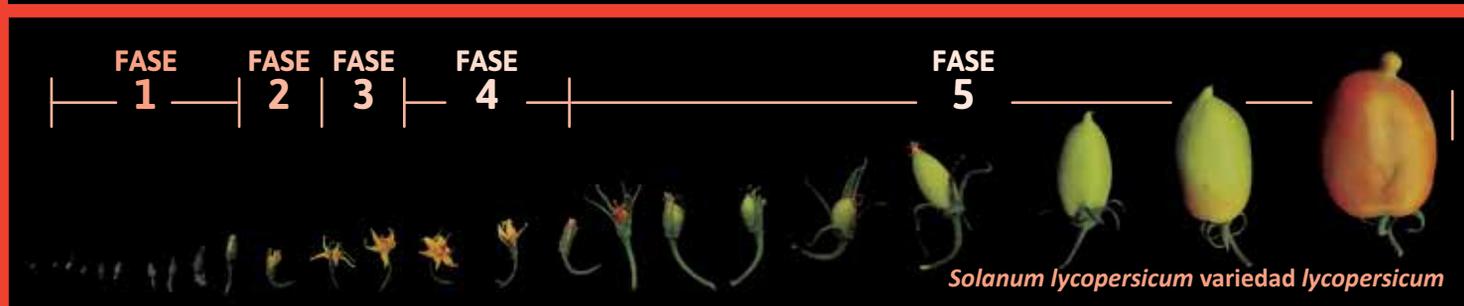
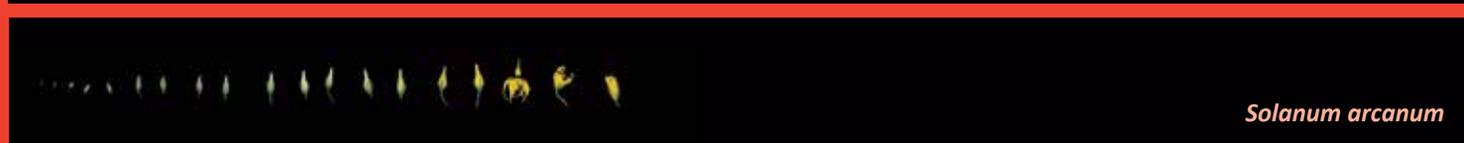
La biología floral del tomate cultivado (*S. lycopersicum* variedad *lycopersicum*) consta de cinco fases (Sánchez *et al.*, s.f.):

FASES:

- 1 Desde la aparición del botón floral hasta la aparición de los pétalos.
- 2 Desde el crecimiento de los pétalos por encima del cáliz hasta que su color es amarillo.
- 3 Desde la apertura del botón floral hasta la expansión de los pétalos a 45° del eje central de la flor.
- 4 Los pétalos se abren enteramente, los estambres también y la flor es polinizada.
- 5 Marchitez de los pétalos, óvulos fertilizados y crecimiento en tamaño del ovario.



Biología floral de 10 especies de tomate



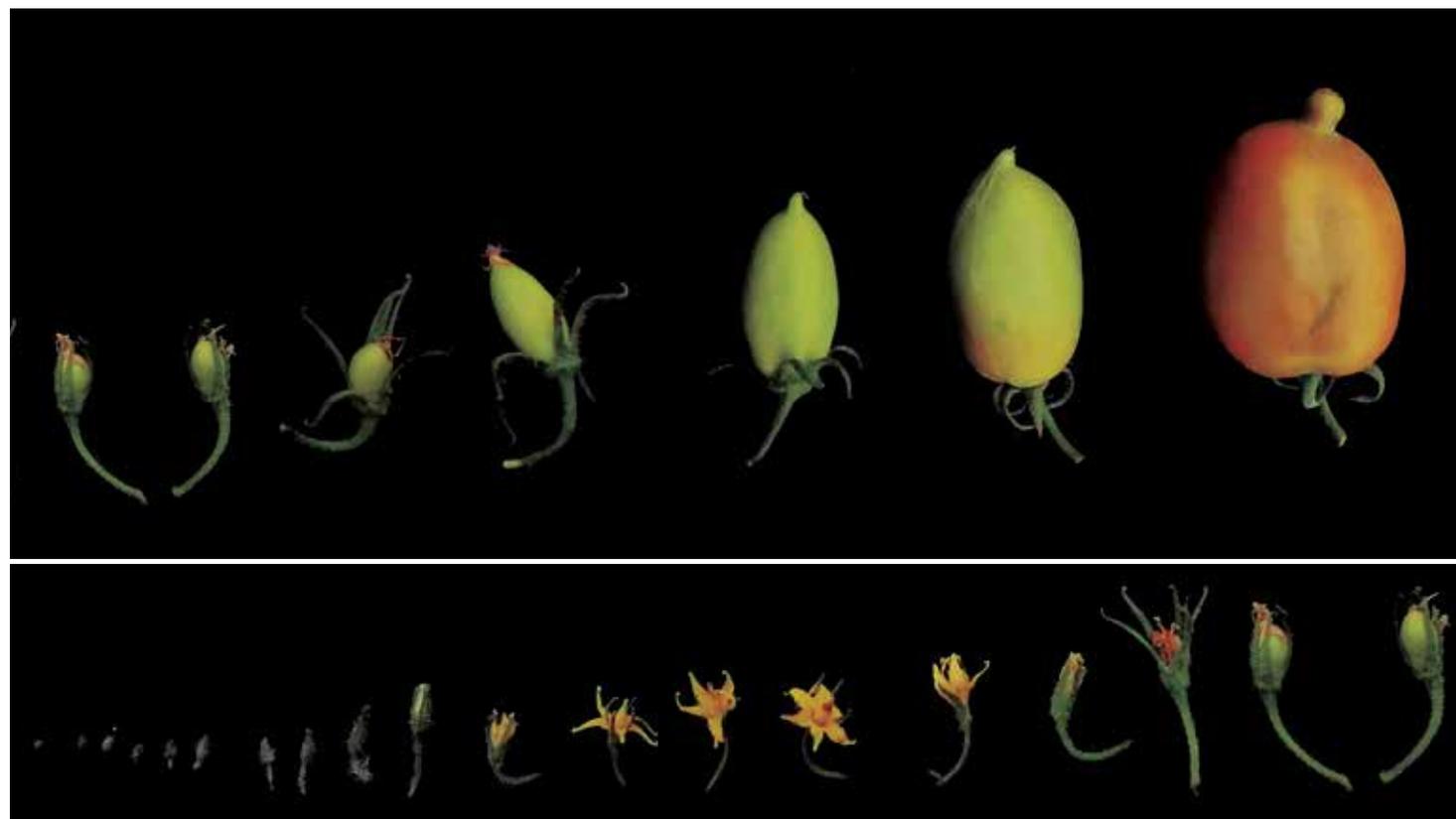
Este modelo fue corroborado mediante el establecimiento de cuatro parcelas experimentales en tres regiones naturales del Perú, en las cuales se observaron y registraron estas cinco fases en *S. lycopersicum* variedad *lycopersicum* (Tabla 2).



Tabla 2: Duración en días de las fases del desarrollo floral del tomate cultivado *S. lycopersicum* variedad *lycopersicum*, analizadas en cuatro parcelas experimentales

Localidad	Región natural	Elevación (m s. n. m.)	T° mínima promedio del periodo	Fases (días)					Total
				Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	
Mórrope (Dpto. Lambayeque)	Chala	17	15,8 °C	9,6	2,3	3	3,3	2	18,2
Cochabamba (Dpto. Cajamarca)	Yunga fluvial	1828	11,7 °C	13,6	2,7	2,2	2,4	1,5	22,4
Moquegua	Yunga marítima	1270	10,4 °C	14,5	2,7	3,1	3,5	2,8	26,6
Ica	Chala	375	11,0 °C	15,3	3,8	3,9	3,8	3,3	30,1

Elaboración: MINAM.



En todas las localidades evaluadas, el tiempo de duración de la fase 1 fue de aproximadamente la mitad del todo el periodo de floración. La duración de las fases de la floración del tomate cultivado fue diferente en las cuatro localidades evaluadas, debido probablemente a la influencia ambiental. La variable más determinante para el desarrollo de las fases florales fue la temperatura mínima, la cual está influenciada por la altura sobre el nivel del mar y su ubicación latitudinal. A mayor temperatura mínima y menor latitud, la duración de las fases de la floración es menor (Chala en Mórrope), inclusive a mayor altura (Yunga fluvial en Cochabamba). A menor temperatura y mayor latitud, la duración de la floración es mayor (Chala en Ica y Yunga marítima en Moquegua).

Teniendo en cuenta este modelo desarrollado para *S. lycopersicum* variedad *lycopersicum*, se evaluó la especie *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme* y las especies silvestres de la sección *Lycopersicon* presentes en el territorio peruano en la región natural Chala, en Mórrope (Lambayeque) (Tabla 3).

En todas las especies evaluadas, la fase 1 tiene una duración promedio del 40 % de toda la floración. De las 11 especies evaluadas, la más precoz es *S. pimpinellifolium* (16,8 días) y la más tardía es *S. chilense* (27,6 días). Un factor que explicaría este comportamiento es que *S. pimpinellifolium* fue probado en su hábitat natural, mientras que *S. chilense* fue llevado del sur del Perú a Lambayeque.

Tabla 3: Duración de las fases de desarrollo floral de *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme* y de 10 de las 13 especies de tomate silvestre que se encuentran en el Perú

Especie	Fases (días)					Total
	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4	Fase 5	
<i>S. pimpinellifolium</i>	7	2,6	2,8	3	1,4	16,8
<i>S. corneliomulleri</i>	7	3	3	3	1	17
<i>S. neorickii</i>	7,1	3	3,2	2	2	17,3
<i>S. pennellii</i>	8	3,1	3	3	2	19,1
<i>S. chmielewskii</i>	9	4	3,1	3	2	21,1
<i>S. lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>	9	4	3,2	3,3	2,8	22,3
<i>S. huaylasense</i>	8,6	3	3,6	4,6	3	22,8
<i>S. habrochaites</i>	10,4	3,6	3,8	3,4	3	24,2
<i>S. peruvianum</i>	8,7	3	3,7	4,3	5,7	25,4
<i>S. arcanum</i>	9,3	4,3	4	4,7	4,7	27
<i>S. chilense</i>	12,5	3,8	3,3	4	4	27,6

Elaboración: MINAM.



2.5 Flujo de genes

Para comprender el flujo de genes entre las especies del género *Solanum* sección *Lycopersicon*, es necesario conocer el flujo de polen y la cruzabilidad.

El flujo de polen es la liberación de los granos de polen de las anteras y su traslado al estigma de la misma flor u otras flores de la misma planta o de otras en la población, a través de mecanismos propios, por el viento o mediado por vectores. Cuando este flujo se produce en la misma flor y el polen produce la doble fecundación en el óvulo, se denomina autogamia; y cuando el polen pasa de una flor a otra flor se denomina alogamia.

Las especies del género *Solanum* secciones *Lycopersicon*, *Juglandifolia* y *Lycopersicoides* se denominan facultativas porque se comportan como autógamas en una época y alógamas en otra o se comportan al mismo tiempo de las dos formas. Se conoce como autógamo facultativo cuando se comporta predominantemente autógamo, pero se puede comportar como alógamo en la misma época o en distinta época. Asimismo, se reconoce como alógamo facultativo cuando se comporta predominantemente alógamo, pero puede comportarse como autógamo en la misma época o en distinta época, cuando el propio polen no puede fecundar; en este caso, las especies tienen autoincompatibilidad gametofítica.

De acuerdo al Tomato Genetics Resource Center (2013), las especies autógamas son *S. lycopersicum*, *S. neorickii*, *S. cheesmaniae* y *S. galapagense*. Asimismo, las especies alógamas son *S. chilense*, *S. juglandifolium*, *S. lycopersicoides*, *S. ochranthum* y *S. sitiens*. La especie autógama facultativa es *S. pimpinellifolium* y las especies alógamas facultativas son *S. corneliomulleri*, *S. huaylasense* y *S. peruvianum*. La especie autógama o alógama facultativa es *S. chmielewskii*. Algunas poblaciones pueden comportarse como alógamas facultativas, puesto que *S. arcanum*, *S. habrochaites* y *S. pennellii* se comportan también como alógamas. Sin embargo, algunas poblaciones presentan autogamia y se las considera autógamas y alógamas facultativas. Cabe resaltar que estos datos fueron obtenidos bajo condiciones de invernadero.

Durante las prospecciones en el campo, se ha encontrado la coexistencia de dos o más especies en un mismo lugar: por ejemplo, las especies silvestres *S. corneliomulleri*, *S. pennellii* y *S. pimpinellifolium* en Santa Rosa de Quives, departamento de Lima; *S. arcanum*, *S. habrochaites* y *S. pimpinellifolium* en los distritos de Catache y Llama, departamento de Cajamarca; *S. chilense* y *S. corneliomulleri* en el distrito de Torata, departamento de Moquegua; y se han encontrado creciendo juntas a las especies *S. chmielewskii* y *S. neorickii* en seis distritos del departamento de Apurímac. No se conocen los mecanismos de polinización en las especies de tomate silvestre en condiciones naturales, sobre todo en aquellos lugares donde coexisten varias especies.

Se considera que existe cruzabilidad cuando se ha producido la polinización de una especie a otra y tiene como resultado la fecundación de los óvulos de la planta receptora. Asimismo, se conoce como introgresión cuando en el proceso se desarrollan semillas fértiles en el fruto híbrido, fijando las características en la siguiente generación.

Rick (1960, 1979), citado en Peralta *et al.* (2008), realizó una serie de cruzamientos experimentales de las especies silvestres con el tomate cultivado en condiciones de invernadero. Obtuvo híbridos unilaterales de *S. lycopersicoides* con *S. lycopersicum*, *S. pimpinellifolium*, *S. cheesmaniae* y *S. pennellii*, logrando descendencia viable; mientras que con *S. sitiens* si bien fue compatible, pero no se obtuvo descendencia viable.

Rick (1979), citado en Peralta *et al.* (2008), propuso dos grupos de cruzabilidad que comparten el acervo genético: grupo Esculentum y grupo Peruvianum. A su vez, el propio Rick (1963), citado en Peralta *et al.* (2008), evaluó la diversidad de *S. peruvianum*, la especie más polimorfa, y propuso que la autoincompatibilidad gametofítica y el aislamiento geográfico condujeron a la diferenciación, y que los genes responsables de esa diferenciación se fijaron gradualmente durante un largo periodo, lo que resultó en una amplia diversidad dentro de esta especie. Sin embargo, no las consideró especies diferentes. Posteriormente, Peralta *et al.* (2008) las describen como *S. arcanum*, *S. corneliomulleri*, *S. huaylasense* y *S. peruvianum*, demostrando que los procesos de diversificación y especiación aún continúan, por lo que se requieren estudios de cruzabilidad y flujo de genes en condiciones naturales.

Así como la naturaleza sigue operando en los procesos de diversificación, los agricultores también continúan desarrollando los procesos de domesticación. Por ejemplo, en la región natural Rupa rupa de Villa Rica en Oxapampa (departamento de Pasco), así como en la región natural Omagua en Pucallpa (departamento de Ucayali) y Las Piedras en Tambopata (departamento de Madre de Dios), se vienen realizando prácticas de selección de *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*, donde se obtienen semillas y realizan almácigos, generando así cultivares nativos. Otra experiencia es la documentada en la región natural Chala





de Monsefú (departamento de Lambayeque), donde agricultores están realizando híbridos entre *S. lycopersicum* variedad *lycopersicum* y *S. pimpinellifolium*, lo que pone en evidencia que la innovación es realizada por los agricultores mediante sus prácticas tradicionales, y confirma que los procesos de domesticación aún continúan.

2.6 Dispersión de semillas

De acuerdo a la Clasificación Nacional de Productos Agrarios (CNPA) (Minagri, 2016), los cultivares comerciales de tomate utilizados en el Perú incluyen a los tomates de mesa “Río Grande”, “Marsano”, “Marglobe”, “Híbrido Dominator” y “Cereza”. El Registro Nacional de Cultivares Comerciales a cargo de la Autoridad en Semillas² señala que, al no tener reglamento específico, no se registran los cultivares de tomate, por lo que ingresan al país cumpliendo solamente los requisitos de sanidad (L. Pajuelo, comunicación personal, 26 de noviembre de 2019).

En la última década (2009 - 2019), se han importado semillas de tomate de Estados Unidos (9000 kg), China (2455 kg), Italia (1240 kg), así como también desde Asia, África, Europa, Centro América y Sudamérica (Sunat, 2019), las cuales son distribuidas a través de tiendas especializadas debidamente registradas ante el Senasa.

Dentro del territorio peruano también se producen semillas de los cultivares importados, que corresponden a los cultivares ‘Riñón’ y ‘De mesa’ según la CNPA (Minagri, 2016). Parte de esta semilla es comercializada a través de las tiendas especializadas en todo el país, pero

la mayor parte es exportada. Según Sunat (2019), se exportaron 15 000 kg de semillas en el año 2019, siendo el principal destino Holanda, con más del 50 % de las exportaciones.

En el caso de las especies silvestres del género *Solanum*, secciones *Lycopersicon*, *Juglandifolia* y *Lycopersicoides*, la dispersión se realiza principalmente por el agua, las aves, los roedores y otras especies de la fauna silvestre y doméstica. Para el caso de *S. pimpinellifolium* y *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*, dos especies ligadas al hombre, han sido encontradas creciendo fuera de su hábitat natural, muy posiblemente transportadas por el hombre de forma intencional o accidental.

Durante las prospecciones en las regiones naturales Yunga fluvial y Rupa rupa de los departamentos de Junín, Pasco, San Martín y Ucayali, así como en la región natural Omagua en el departamento de Madre de Dios, se ha constatado que un pequeño grupo de agricultores selecciona y produce su propia semilla de tomate *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*, que es utilizada para autoconsumo y distribuida a sus familiares y amigos cercanos mediante prácticas tradicionales de intercambio de semillas.

Estas semillas tradicionales son utilizadas inmediatamente o guardadas para ser usadas cuando lo requieran; por ejemplo, después de una severa inundación, cuando no logran cosechar semilla para la próxima campaña agrícola. Sobre el particular, Starr y Hall (1966) mostraron que cuando las semillas de tomate se almacenan en pequeñas cantidades en sobres de papel a temperatura ambiente, la viabilidad se mantenía, incluso hasta por 20 años.

² Con fecha 17/06/2020 mediante la Resolución Ministerial n.° 0142-2020-Minagri, se concluyó el proceso de transferencia de las funciones de la Autoridad en Semillas del INIA al Senasa.





3. Organismos y microorganismos asociados al cultivo del tomate



3. Organismos y microorganismos asociados al cultivo del tomate

Los organismos y microorganismos conviven en equilibrio en los ecosistemas naturales, ya sean herbívoros, fitófagos, organismos benéficos como los enemigos naturales y los polinizadores, los saprófagos y los microorganismos que cumplen un rol en la naturaleza. Sin embargo, este equilibrio se pierde debido a la intervención del hombre por su afán de producir alimentos, y esta ruptura se manifiesta bajo la forma de plagas y enfermedades.

Las plagas y enfermedades se convierten en blanco de tecnologías de control, prevención o manejo de sus poblaciones con diferentes grados de impactos económicos y ambientales, con medidas que pueden ir desde las más simples y naturales hasta las más complejas y tecnológicas.

El cultivo del tomate presenta una diversidad de organismos y microorganismos asociados a sus diferentes etapas fenológicas, las cuales inciden directamente en su rendimiento, calidad y valor nutritivo.

Dentro de las medidas de prevención, control y manejo se encuentran el control biológico, cultural, mecánico, etológico y químico. La integración de todos estos métodos de control es el manejo integrado de plagas, sistema orientado a mantener las plagas en niveles que no causen daño económico y que las técnicas aplicadas no generen impactos ambientales negativos.

Adicionalmente a ello, se ha logrado la producción de plantas genéticamente modificadas gracias al desarrollo de la biotecnología, transfiriendo genes de resistencia o tolerancia a ciertas plagas y/o patógenos. Se han autorizado eventos de OVM en tomate para obtener plantas con resistencia a insectos lepidópteros utilizando los genes de *Bacillus thuringiensis*, una bacteria grampositiva del suelo que produce proteínas Cry con actividad insecticida, así como resistencia al virus del mosaico del pepino (CMV). Actualmente, ninguno de ellos es comercializado (Anexo 2).

A nivel global, las especies de insectos plaga del tomate que han sido objetivo del desarrollo de OVM son los lepidópteros *Heliothis zea*

(Boddie), *Keiferia lycopersicella* (Walsingham) y *Manduca sexta* (L.) (Fischhoff *et al.*, 1987; Delannay *et al.*, 1989), *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Saker *et al.*, 2011) y *Spodoptera litura* Fabricius (Koul *et al.*, 2014); el coleóptero *Leptinotarsa decemlineata* Say (Rhim *et al.*, 1995), el díptero *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Abdeen *et al.*, 2005), el áfido *Macrosiphum euphorbiae* Thomas, el hemíptero *Bemisia tabaci* Gennadius y el nemátodo *Meloidogyne* spp. (Goggin *et al.*, 2006), entre otros.

De igual manera, se han realizado investigaciones para el desarrollo de OVM con resistencia o tolerancia a diversos patógenos como el oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (Thomzik *et al.*, 1997), los hongos *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary (Kesarwani *et al.*, 2000), *Fusarium oxysporum* Schldl. emend. Snyder & Hansen (Lin *et al.*, 2004), *Verticillium dahliae* Klebahn (Tabaeizadeh *et al.*, 1999), *Alternaria solani* Sorauer (Schaefer *et al.*, 2005) y *Cladosporium fulvum* Cooke (Tang *et al.*, 1999); así como las bacterias *Ralstonia solanacearum* (Smith), *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dows y *Pseudomonas syringae* van Hall (Alan *et al.*, 2004), entre otros.

Asimismo, los geminivirus, virus transmitidos por la mosca blanca, están ampliamente distribuidos en las regiones tropicales y subtropicales de todo el mundo, lo que causa pérdidas de rendimiento en el tomate y en otros cultivos, por lo que se han realizado esfuerzos sustanciales para diseñar resistencia al virus en plantas de tomate, como se reporta para el virus del bronceado del tomate (TSWV) y el virus del mosaico del pepino (CMV) (Xue *et al.*, 1994).

3.1 Organismos y microorganismos blanco

Los organismos y microorganismos blanco son aquellas especies que impactan a los cultivos de dos maneras: directamente, afectando la calidad del producto de la cosecha; e indirectamente, atacando diferentes partes de la planta y ocasionando pérdidas de rendimiento, por lo que los métodos de manejo, control y modificaciones genéticas están dirigidos a controlar este último efecto.



Bemisia tabaci



Prodiplosis longifila



Meloidogyne incognita



Tuta absoluta



Myzus persicae

El tomate es atacado por una gran cantidad de artrópodos y nemátodos; no obstante, solo algunos de ellos llegan a tener importancia económica.

Actualmente, no existen cultivos de tomate genéticamente modificados aprobados para su cultivo y comercialización, pero sí existen investigaciones para encontrar resistencia a diversos insectos, nemátodos y microorganismos patógenos de importancia global, lo que permitiría que se desarrollen cultivares comerciales genéticamente modificados.

Dentro de las principales plagas para el cultivo de tomate que se reportan en el Perú destacan la polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick), que se encuentra ampliamente distribuida a nivel mundial; la caracha o mosquilla *Prodiplosis longifila* Gagne; la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius; la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard); el pulgón verde *Myzus persicae* (Sulzer); el nematodo de la nodulación radicular *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White); y varias especies de gusanos de tierra como *Agrotis ipsilon* (Hufnagel), *Agrotis experta* Walker, *Spodoptera frugiperda* (Smith) y *S. eridania* (Cramer) (Redolfi y Marín, 1992).



En el grupo de los microorganismos blanco se encuentran varios patógenos, como hongos, bacterias y virus, que causan diversas enfermedades y representan un factor limitante en la producción del tomate.

El control de estas enfermedades es complicado debido a la alta susceptibilidad de los cultivares sembrados en el Perú, así como la aparición de nuevos patógenos como consecuencia del cambio climático o el surgimiento de aquellos que se mantuvieron como potenciales o secundarios.

Los principales patógenos reportados para el Perú son el oomiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary, los hongos de las especies *Alternaria solani* Sorauer, *Fusarium oxysporum* Schltdl. emend. Snyder & Hansen, *Cladosporium fulvum* Cooke y *Botrytis cinerea* Pers.; la bacteria de la especie *Pectobacterium carotovorum* subsp. *carotovorum* (Jones) Waldee, el virus del mosaico del tomate (ToMV), el virus peruano del tomate (PTV), el virus del bronceado del tomate (TSWV) y el virus del enrollamiento foliar del tomate (TYLCV).

3.2 Organismos y microorganismos no blanco

Los organismos no blanco son aquellos que comparten el mismo ambiente con los organismos blanco, pero no están sujetos a control por parte de ningún método ni de los OVM.

Entre ellos se encuentran los fitófagos, que no llegan a causar daño económico; la fauna benéfica, formada principalmente por enemigos naturales y polinizadores; los organismos descomponedores, que no participan en el ciclo de vida del tomate, pero sí como parte fundamental del agroecosistema al intervenir activamente en los ciclos biogeoquímicos del carbono, nitrógeno y otros elementos.

Los enemigos naturales están conformados por parasitoides y predadores y juegan un rol de suma importancia en el control de las plagas, por lo que uno de los posibles riesgos de la liberación de plantas Bt son los efectos tóxicos sobre la fauna benéfica para la agricultura (Gatehouse *et al.*, 2011). En consecuencia, es necesario evaluar las consecuencias ambientales de

los cultivos transgénicos como un requisito previo importante para su comercialización.

Por otro lado, los polinizadores representan un grupo funcional de gran relevancia en la diversidad biológica debido a que participan en el flujo génico que sustenta la diversidad de las especies cultivadas y silvestres.

En el caso del tomate, si bien no existe una zoopolinización exclusiva, los polinizadores pueden incrementar su rendimiento y la calidad del fruto (De Melo e Silva Neto *et al.*, 2013).

Entre los microorganismos benéficos que se encuentran asociados a la rizósfera del tomate, existen varias especies de hongos del género *Trichoderma*, particularmente la especie *T. harzianum* Rifai, que produce metabolitos que inhiben el crecimiento de otros hongos y parasitan el micelio de los hongos patógenos de los géneros *Rhizoctonia* y *Sclerotinia* (Chavarría, 2016).

Asimismo, destacan especies de bacterias como *Pseudomonas fluorescens*, bacterias gramnegativas que cumplen un papel importante en la degradación de la materia orgánica por poseer un sistema metabólico complejo (Wahyudi, 2011).

De igual manera, algunas especies del género *Bacillus* producen metabolitos con propiedades antifúngicas contra hongos patógenos de los géneros *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Botrytis*, *Fusarium* y *Gaeumannomyces*, así como el oomiceto patógeno del género *Phytophthora* (Salle, 1968; Sinclair, 1992 citados por Osman, 2008).

Entre el periodo de agosto 2018 a diciembre 2019, se recogieron muestras de follaje y suelo en chacras y ecosistemas aledaños a ellas en 17 distritos donde se cultiva tomate. La metodología y los lugares de muestreo se encuentran detallados en el Anexo 1-B.

El análisis de las muestras permitió la identificación de 70 especies pertenecientes a 45 familias y nueve órdenes, que a su vez corresponden a cuatro clases: Insecta, Arachnida, Enoplea y Chromadorea (Tabla 4).

Tabla 4: Organismos asociados al cultivo de tomate

Grupo funcional	Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común	
Fitófago	Insecta	Coleoptera	Bruchinae	<i>Acanthoscelides</i> sp.	Gorgojo	
			Chrysomelidae	<i>Ceratoma</i> sp.	Tortuguilla	
			Chrysomelidae	<i>Diabrotica</i> sp.	Diabrotica	
			Curculionidae	<i>Premnotrypes</i> sp.	Gorgojo	
			Elateridae	<i>Conoderus</i> sp.	Escarabajo	
			Nitidulidae	<i>Carpophilus</i> sp.	Gorgojo	
		Diptera	Agromyzidae	<i>Liriomyza huidobrensis</i>	Mosca minadora	
			Cecidomyiidae	<i>Prodiplosis longifila</i>	Caracha	
			Lonchaeidae	<i>Neosilba</i> sp.	Mosca	
			Otitidae	<i>Euxesta</i> sp.	Mosquilla	
		Hemiptera	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca	
			Aphididae	<i>Macrosiphum</i> sp.	Pulgón	
			Aphididae	<i>Myzus persicae</i>	Pulgón	
			Cicadellidae	<i>Dalbulus</i> sp.	Salta hoja	
			Cicadellidae	<i>Empoasca</i> sp.	Lorito	
			Cicadellidae	<i>Phthiacnemis</i> sp.	Chinche	
			Clastoptera	<i>Clastoptera</i> sp.	Salivazo	
			Delphacidae	<i>Peregrinus</i> sp.	Cigarrita	
			Lygaeidae	<i>Nysius</i> sp.	Chinche	
			Membracidae	<i>Cyphonia</i> sp.	Periquito	
			Miridae	<i>Cyrtocapsus</i> sp.	Chinche	
			Pentatomidae	<i>Euschistus</i> sp.	Chinche	
			Phyrrhocoridae	<i>Dysdercus</i> sp.	Arrebiatado	
			Psylloidea	<i>Russelliana</i> sp.	Mosquilla	
			Rhopalidae	<i>Liorhyssus</i> sp.	Chinche	
			Tingidae	<i>Gargaphia</i> sp.	Mosquilla	
			Tingidae	<i>Leptobyrsa</i> sp.	Chinche	
			Hymenoptera	Formicidae	<i>Iridomyrmex</i> sp.	Hormiga
		Lepidoptera	Gelechiidae	<i>Tuta absoluta</i>	Polilla del tomate	
			Geometridae	<i>Erosina</i> sp.	Polilla	
			Noctuidae	<i>Chloridea virescens</i>	Gusano perforador	
			Noctuidae	<i>Spodoptera frugiperda</i>	Cogollero	
		Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllus</i> sp.	Grillo	
			Tettigoniidae	<i>Neoconocephalus</i> sp.	Langosta	
		Thysanoptera	Thripidae	<i>Thrips</i> sp.	Trips o trípido	
		Enoplea	Dorylaimida	Longidoridae	<i>Xiphinema</i> sp.	Nemátodo
		Chromadorea	Rhabditida	Dolichodoridae	<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	Nemátodo
				Criconematidae	<i>Hemicycliophora</i> sp.	Nemátodo
				Criconematidae	<i>Macroposthonia</i> sp.	Nemátodo
				Meloidogynidae	<i>Meloidogyne incognita</i>	Nemátodo
Hoplolaimidae	<i>Helicotylenchus</i> sp.			Nemátodo		
Hoplolaimidae	<i>Rotylenchulus</i> sp.			Nemátodo		
Hoplolaimidae	<i>Rotylenchus</i> sp.			Nemátodo		
Pratylenchidae	<i>Pratylenchus</i> sp.			Nemátodo		

Grupo funcional	Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Parasitoide	Insecta	Diptera	Phoridae	<i>Megaselia</i> sp.	Mosquita
			Tachinidae	<i>Winthemia</i> sp.	Mosca
		Hymenoptera	Aphelinidae	<i>Encarsia</i> sp.	Avispa
			Braconidae	<i>Aphidius</i> sp.	Avispa
			Braconidae	<i>Chelonus</i> sp.	Avispa
			Encyrtidae	<i>Copidosoma</i> sp.	Avispa
			Eulophidae	<i>Diglyphus</i> sp.	Avispa
			Ichneumonidae	<i>Ophion</i> sp.	Avispa
			Ichneumonidae	<i>Pristomerus</i> sp.	Avispa
			Mymaridae	<i>Erythmelus</i> sp.	Avispa
Pteromalidae	<i>Halticoptera</i> sp.	Avispilla			
Polinizador	Insecta	Hymenoptera	Apidae	<i>Apis mellifera</i>	Abeja
Predador	Arachnida	Araneae	Salticidae	<i>Dendriphantes</i> sp.	Araña
			Salticidae	<i>Hassarius</i> sp.	Araña
			Salticidae	<i>Metaphidippus</i> sp.	Araña
			Salticidae	<i>Phiale</i> sp.	Araña
	Insecta	Coleoptera	Anthicidae	<i>Anthicus</i> sp.	Gorgojo
			Carabidae	<i>Megacephala</i> sp.	Escarabajo
			Carabidae	<i>Langea Euprosopides</i>	Escarabajo
			Coccinellidae	<i>Hippodamia convergens</i>	Mariquita
			Lampyridae	<i>Cladodes</i> sp.	Cigarrita
		Diptera	Asilidae	<i>Smeryngolaphria</i> sp.	Mosca
			Dolichopodidae	<i>Condylostylus</i> sp.	Mosquita
			Syrphidae	<i>Allograpta</i> sp.	Mosca
		Hemiptera	Anthocoridae	<i>Orius</i> sp.	Chinche
			Berytidae	<i>Metacanthus</i> sp.	Chinche
			Nabidae	<i>Nabis</i> sp.	Chinche
			Berytidae	<i>Aknisus</i> sp.	Chinche
		Reduviidae	<i>Zelus nugax</i>	Chinche	
		Hymenoptera	Vespidae	<i>Polistes</i> sp.	Avispa
		Neuroptera	Chrysopidae	<i>Chrysoperla</i> sp.	Crisopa
		Saprófago	Insecta	Coleoptera	Tenebrionidae
Muscidae	<i>Musca domestica</i>				Mosca
Diptera	Phoridae			<i>Dohrniphora</i> sp.	Mosca
	Piophilidae			<i>Piophila</i> sp.	Mosca

Elaboración: MINAM.



Pratylenchus sp.



Rotylenchulus sp.



Xiphinema sp.



Pratylenchus sp.



Helicotylenchus sp.

La mayor parte de los organismos registrados en la colección de muestras de follaje y suelo fueron no blanco, identificados y clasificados de acuerdo al grupo funcional: fitófago, predador, parasitoide, polinizador y saprófago.

En la clase Arachnida (depredadores), fueron registradas cuatro especies de arañas, mientras que en la clase Insecta se identificaron 66 especies. Adicionalmente, se registraron dos clases de nemátodos, Enoplea y Chromadorea.

Entre las 44 especies de insectos fitófagos registrados, 18 de ellas son plaga del cultivo de tomate, entre las más importantes están la polilla del tomate *Tuta absoluta* (Meyrick) y el cogollero *Spodoptera frugiperda* (Smith), en los valles costeros; la caracha *Prodiplosis longifila* Gagne en los valles interandinos; así como la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius, la mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) y el pulgón *Myzus persicae* (Sulzer) en los valles costeros e interandinos.

Entre los nemátodos registrados como plaga, la nodulación radicular *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) representa una especie clave que afecta el cultivo tomate.

Cisneros (1995) señala que cualquier población fitófaga, constituya plaga o no, está influenciada por el ambiente abiótico (físico-químico) y biótico

(biológico) que la rodea, como el clima, el agua, el suelo, las plantas, otras plagas, los enemigos naturales y las alteraciones que producen las prácticas culturales, componentes que repercuten en los niveles que alcanzan las poblaciones de plagas. En consecuencia, las especies fitófagas encuentran en los cultivos una fuente de alimento abundante, facilidad de encontrar pareja para su reproducción, lugares apropiados para la oviposición, mejores condiciones microclimáticas y, posiblemente, un número menor de enemigos naturales por la eliminación de las especies que requieren presas u hospederos alternantes.

En la Tabla 5 se presentan los microorganismos relacionados con el cultivo del tomate reportados por Canto (1986), Abad y Abad (1995, 1997), Garry *et al.* (2005), Salvador (2005), French y Silva (2006), Hodgetts *et al.* (2009), Delgado y Cedano (2010) y Morales *et al.* (2014).

Tabla 5: Microorganismos asociados al cultivo de tomate

Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Reino MONERA				
Actinobacteria	Actinomycetales	<i>Micrococcaceae</i>	<i>Micrococcus</i> sp.	Micrococo
		<i>Microbacteriaceae</i>	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>michiganensis</i> (Smith) Davis	Cancro bacteriano
Bacilli	Bacillales	<i>Bacillaceae</i>	<i>Bacillus</i> sp.	Bacilus
Betaproteobacteria	Burkholderiales	<i>Burkholderiaceae</i>	<i>Ralstonia solanacearum</i> (Smith)	Marchitamiento bacteriano
Gammaproteobacteria	Enterobacteriales	<i>Pectobacteriaceae</i>	<i>Pectobacterium carotovorum</i> subsp. <i>carotovorum</i> (Jones) Hauben <i>et al.</i> , 1999 emend. Gardan <i>et al.</i> , 2003	Podredumbre blanda
			<i>Pectobacterium carotovorum</i> (Jones) Waldee	Pudrición blanda de fruto
	Pseudomonadales	<i>Pseudomonadaceae</i>	<i>Pseudomonas corrugata</i> (Roberts & Scarlett)	Mancha bacteriana
			<i>Pseudomonas</i> sp.	
Xanthomonadales	<i>Xanthomonadaceae</i>	<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>vesicatoria</i> (Doidge) Dows	Mancha bacteriana	
Reino FUNGI				
Agaricomycetes	Atheliales	<i>Atheliaceae</i>	<i>Athelia rolfsii</i> (Curzi) C.C.Tu & Kimbr	Marchitamiento
	Cantharellales	<i>Ceratobasidiaceae</i>	<i>Rhizoctonia solani</i> J.G. Kühn	Rizoctoniasis
Dothideomycetes	Pleosporales	<i>Incertae sedis</i>	<i>Pyrenochaeta lycopersici</i> Schneid. & Gerlach	Podredumbre corchosa de las raíces
	Cladosporiales	<i>Cladosporiaceae</i>	<i>Cladosporium cladosporioides</i> (Fresen.) G.A. de Vries	Cladosporiosis
	Mycosphaerellales	<i>Mycosphaerellaceae</i>	<i>Passalora fulva</i> (Cooke) U.Braun & Crous	Moho foliar
			<i>Septoria lycopersici</i> Speg.	Mancha de hoja
	Pleosporales	<i>Pleosporaceae</i>	<i>Alternaria alternata</i> (Fr.) Keissl.	Tizón
			<i>Alternaria solani</i> Sorauer	Tizón temprano
			<i>Drechslera</i> sp.	Saprófito
			<i>Stemphylium solani</i> G.F. Weber.	Mancha gris de las hojas
Eurotiomycetes	Eurotiales	<i>Trichocomaceae</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i> Fresenius	Moho negro
			<i>Aspergillus niger</i> van Tieghem	Moho negro
			<i>Aspergillus</i> sp.	Moho negro
			<i>Penicillium</i> sp.	Moho

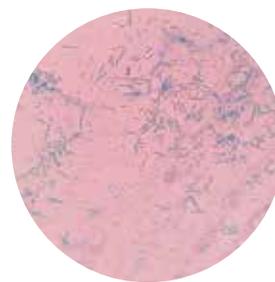
Clase	Orden	Familia	Nombre científico	Nombre común
Leotiomycetes	Erysiphales	<i>Erysiphaceae</i>	<i>Leveillula taurica</i> (Lév.) G. Arnaud	Oidio, Cenicilla u Oidiopsis
	Helotiales	<i>Sclerotiniaceae</i>	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	Moho gris
Sordariomycetes	Togniniales	<i>Togniniaceae</i>	<i>Phaeoacremonium</i> sp.	
	Hypocreales	<i>Hypocreaceae</i>	<i>Trichoderma</i> sp.	Tricoderma
			<i>Cylindrocarpon</i> sp.	Pie negro
		<i>Nectriaceae</i>	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>lycopersici</i> W.C. Snyder & H.N. Hansen	Pudrición seca
			<i>Fusarium</i> sp.	Pudrición seca
	<i>Ophiocordycipitaceae</i>	<i>Paecilomyces lilacinum</i> (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson	Paecilomices	
Hypocreales incertae sedis	<i>Plectosphaerellaceae</i>	<i>Verticillium</i> sp.	Marchitez vascular en tomate	
Mucoromycetes	Mucorales	<i>Mucoraceae</i>	<i>Mucor</i> sp.	Pudrición blanda
			<i>Rhizopus</i> sp.	Podredumbre del tomate
Reino PROTISTA/Phyllum OOMYCOTA				
Oomycete	Peronosporales	<i>Peronosporaceae</i>	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary	Rancha o tizón tardío
	Pythiales	<i>Pythiaceae</i>	<i>Pythium</i> spp.	Chupadera fungosa
Virus				
Alsuviricetes	Martellivirales	<i>Bromoviridae</i>	Cucumovirus, Cucumber mosaic virus (CMV)	Virus del mosaico del pepino
		<i>Virgaviridae</i>	Tobamovirus, Tomato mosaic virus (ToMV)	Virus del mosaico del tomate
Ellioviricetes	Bunyavirales	<i>Tospoviridae</i>	Tospovirus, Tomato spotted wilt tospovirus (TSWV)	Virus del bronceado del tomate
Repensiviricetes	Geplafuvirales	<i>Geminiviridae</i>	Begomovirus, Tomato yellow leaf curl virus (TYLCV)	Virus del enrollado de la hoja
Stelpaviricetes	Patatavirales	<i>Potyviridae</i>	Potyvirus, Peru tomato mosaic virus (PTV)	Virus peruano del tomate

Elaboración: MINAM.

De la misma manera, como resultados de los muestreos de follaje y del suelo en las zonas productoras de tomate y en los ecosistemas aledaños a las chacras en 17 distritos del Perú, se registraron 25 especies de microorganismos pertenecientes a 16 familias.

Los hongos fitopatógenos del cultivo de tomate encontrados fueron el moho foliar *Cladosporium cladosporioides* (Fresen.) G.A. de Vries, el tizón *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl., el tizón temprano *Alternaria solani* Sorauer, la mancha foliar *Drechslera* sp., la mancha foliar gris *Stemphylium solani* G. F. Weber, la oidiosis *Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud, la chupadera fungosa *Pythium* spp., la pudrición seca *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* W.C. Snyder & H.N. Hansen.

Durante las prospecciones también se registraron organismos asociados al tomate, como mohos negros saprófitos de las especies *Aspergillus fumigatus* Fresenius, *Aspergillus niger* van Tieghem y *Aspergillus* sp.; el moho *Penicillium* sp.; la pudrición blanda *Mucor* sp. y la podredumbre *Rhizopus* sp. Asimismo, se reportó un hongo antagonista (*Trichoderma* sp.), un hongo nematófago (*Purpureocillium lilacinum* (Thom) Luangsa-ard, Houbraken, Hywel-Jones & Samson), una bacteria entomopatógena (*Bacillus* sp.) y una bacteria descomponedora del suelo (*Pseudomonas* sp.).



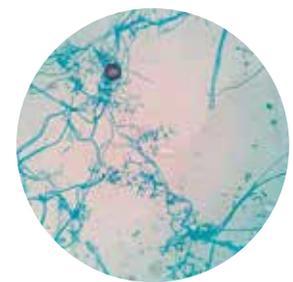
Fusarium sp.



Cladosporium sp.



Pseudomonas sp.



Trichoderma sp.





4. Agroecosistemas y regiones naturales



4. Agroecosistemas y regiones naturales

En la memoria descriptiva del *Mapa Nacional de Ecosistemas* (Resolución Ministerial n.º 440-2018-MINAM), se define al ecosistema como un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional. Asimismo, se clasifican 36 ecosistemas continentales mediante criterios de región natural, bioclima, cobertura vegetal, fisiografía y piso ecológico.

Dado que para una efectiva gestión del ambiente es vital la comprensión de su entorno, diferentes autores como Weberbauer (1945), ONERN (1976) y Brack (1986) han realizado diversos esfuerzos para clasificar el ambiente en el Perú, y han propuesto diferentes denominaciones a las categorías empleadas en la actualidad.

Pulgar Vidal (1987) clasificó las zonas de vida natural en “regiones naturales”, cuya denominación se basa en topónimos recogidos del conocimiento tradicional: Chala, Yunga (marítima y fluvial), Quechua, Suni, Puna, Janca, Rupa rupa y Omagua. Esta clasificación responde a ocho criterios: el folklore, la toponimia, el clima, la flora, la fauna, los “productos límite”, la obra humana y el paisaje.

Para el presente estudio se adoptó la clasificación de Pulgar Vidal (1987) por dos razones: la primera es porque no es instrumental y la segunda es porque utiliza el conocimiento tradicional. Las otras clasificaciones, incluyendo el *Mapa Nacional de Ecosistemas*, requieren datos como temperatura del aire, precipitación, entre otros, mientras que la clasificación de Pulgar Vidal es sensorial y se basa en el conocimiento tradicional, que resulta fundamental para la comprensión del poblador local de su entorno, un escenario donde se originaron, diversificaron y domesticaron especies como el tomate.

4.1 Regiones naturales asociadas a las especies de tomate silvestre

El complejo de especies del tomate cultivado y sus parientes silvestres presentes en el territorio peruano se distribuyen en seis de las ocho regiones naturales clasificadas por Pulgar Vidal (1987) (Tabla 6).



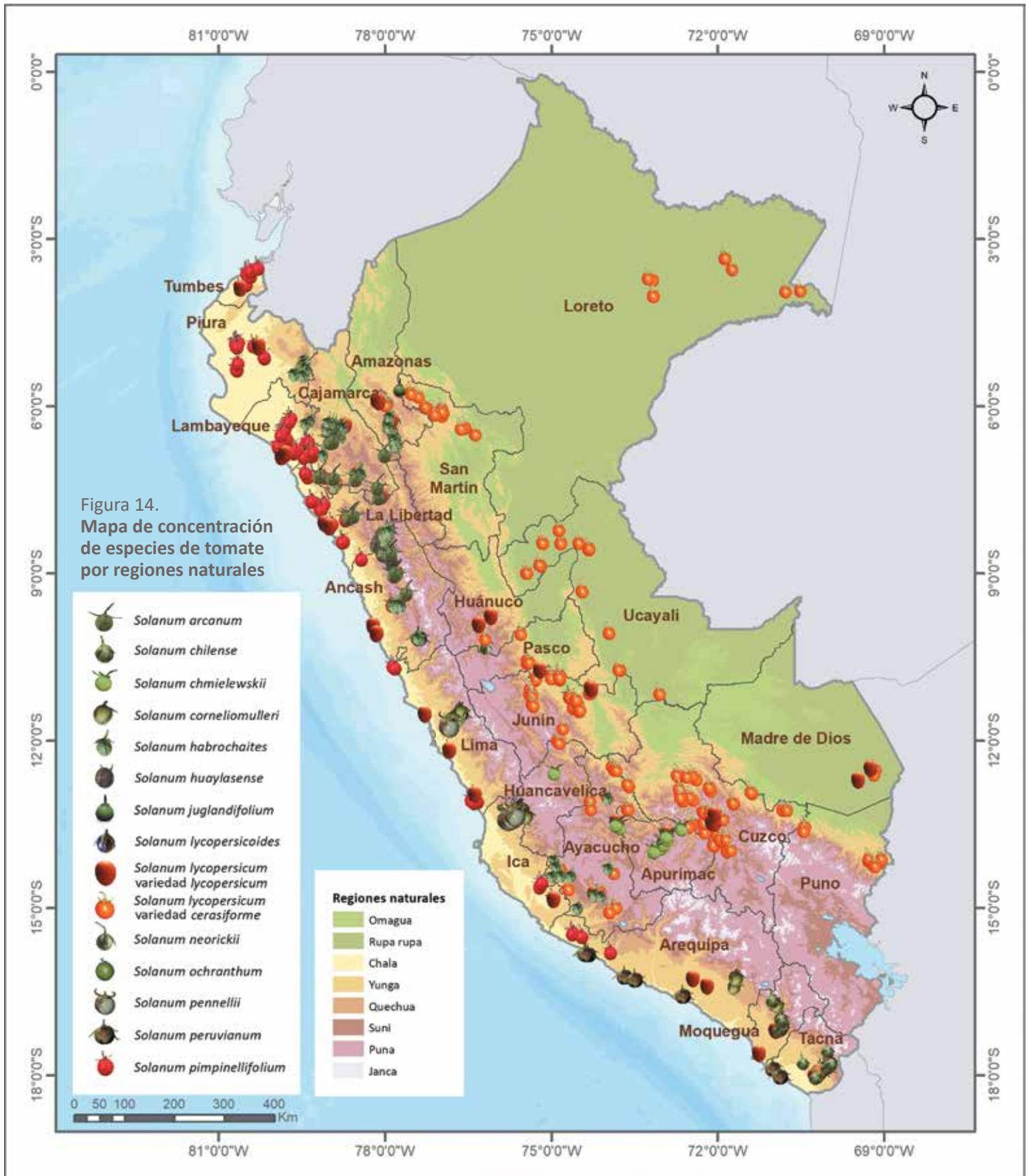
Tabla 6: Concentración de especies de tomate por regiones naturales

Región natural		Características	Especie de tomate
Chala		Se extiende desde la orilla del mar hasta donde comienza la pendiente andina a 500 m s. n. m., tiene la forma de una faja longitudinal con un relieve complejo con cerros, llanuras y colinas.	<i>S. pimpinellifolium</i>
			<i>S. peruvianum</i>
			<i>S. lycopersicum</i> variedad <i>lycopersicum</i>
			<i>S. arcanum</i>
Yunga	marítima	Valles de desierto entre relieves de 500 a 2300 m s. n. m. de altura, que bajan hasta el océano Pacífico desde los declives occidentales de la cordillera andina.	<i>S. pimpinellifolium</i>
			<i>S. peruvianum</i>
			<i>S. lycopersicum</i> variedad <i>lycopersicum</i>
			<i>S. arcanum</i>
			<i>S. chilense</i>
	fluvial		<i>S. habrochaites</i>
			<i>S. huaylasense</i>
			<i>S. pennellii</i>
			<i>S. corneliomulleri</i>
			<i>S. pimpinellifolium</i>
Quechua		Se ubica en los declives occidental y oriental del sistema andino, entre los 2300 y 3500 m s. n. m., constituyendo fajas longitudinales a lo largo de el país. Posee una superficie recorrida por quebradas que forman pequeños valles con fondos planos continuados por faldas de los cerros de suave declive.	<i>S. lycopersicum</i> variedad <i>lycopersicum</i>
			<i>S. lycopersicum</i> variedad <i>cerasiforme</i>
			<i>S. arcanum</i>
			<i>S. chilense</i>
			<i>S. habrochaites</i>
			<i>S. huaylasense</i>
			<i>S. corneliomulleri</i>
			<i>S. chmielewskii</i>
			<i>S. ochranthum</i>
			<i>S. lycopersicoides</i>
			Suni
<i>S. habrochaites</i>			
Rupa rupa		Está ubicado en el lado oriental del Perú, en la base de los andes, entre los 400 y 1000 m s. n. m. Posee una superficie montañosa, plena de quebradas, laderas, valles y pongos, es inclinado a favor de la corriente de las quebradas y ríos.	<i>S. pimpinellifolium</i>
			<i>S. lycopersicum</i> variedad <i>lycopersicum</i>
			<i>S. lycopersicum</i> variedad <i>cerasiforme</i>
Omagua		Se ubica desde los 80 hasta los 400 m s. n. m., con un relieve plano formando el gran llano amazónico, recorrido por algunas cordilleras de poca altura.	<i>S. lycopersicum</i> variedad <i>lycopersicum</i>
			<i>S. lycopersicum</i> variedad <i>cerasiforme</i>

Elaboración: MINAM.

Las especies de tomate en el Perú se concentran principalmente en la región natural Quechua, con 11 especies y 2 variedades; seguida de la región natural Yunga marítima, con 9 especies; y la Yunga fluvial, con 7 especies y 2 variedades. En menor frecuencia se encuentran en la

región natural Chala, con 4 especies; en la región natural Rupa rupa, con 2 especies y 2 variedades; en la región natural Suni, con 2 especies y la región natural Omagua con solo una especie y 2 variedades.



4.2 Agroecosistemas asociados al tomate cultivado

La agricultura convencional ha producido un aumento importante en la productividad de los cultivos, pero este modelo está afectando al ambiente, especialmente a los recursos naturales como el suelo, el agua y la biodiversidad. El enfoque agroecológico busca restablecer la armonía entre la agricultura y el ambiente como una unidad de optimización del agroecosistema (Restrepo *et al.*, 2000).

Un agroecosistema es un ecosistema que cuenta por lo menos con un componente vegetal de utilidad agrícola (Hart, 1985), que permite su preservación y cuya actividad biótica está regulada por la intervención del hombre (Elliot y Cole, 1989).

El hombre es quien modifica el medio y, con ello, las interacciones de sus componentes como el agua, el suelo, las plantas, los animales, y efectúa cambios espaciales y temporales. Por ejemplo, un canal de riego modifica el ciclo hidrológico y una terraza (o andén) varía la estructura del suelo (Tapia, 1997).

Basado en la clasificación de regiones naturales de Pulgar Vidal (1987), Tapia (1997) propone la zonificación agroecológica para clasificar los espacios en un ecosistema de acuerdo con las variables que afectan al uso de la tierra y las condiciones abióticas tales como clima, suelo y topografía, estableciendo niveles jerárquicos: el primer orden es la subregión, el segundo orden está representado por la zona agroecológica y en tercer orden se encuentra la zona homogénea de producción. El tercer orden jerárquico (o zona homogénea de producción) no es uniforme ya que las zonas se diferencian por sus condiciones edáficas, la pendiente y la retención de humedad, lo que determina la productividad de los diferentes cultivos; por lo tanto, no son continuas y se presentan como parches aislados.

Se adopta esta propuesta de zonificación del agroecosistema debido a que involucra la complejidad y diversidad del espacio andino de manera intrínseca, que representa el escenario del origen, diversificación y domesticación del tomate.

Solanum lycopersicum variedad *lycopersicum*

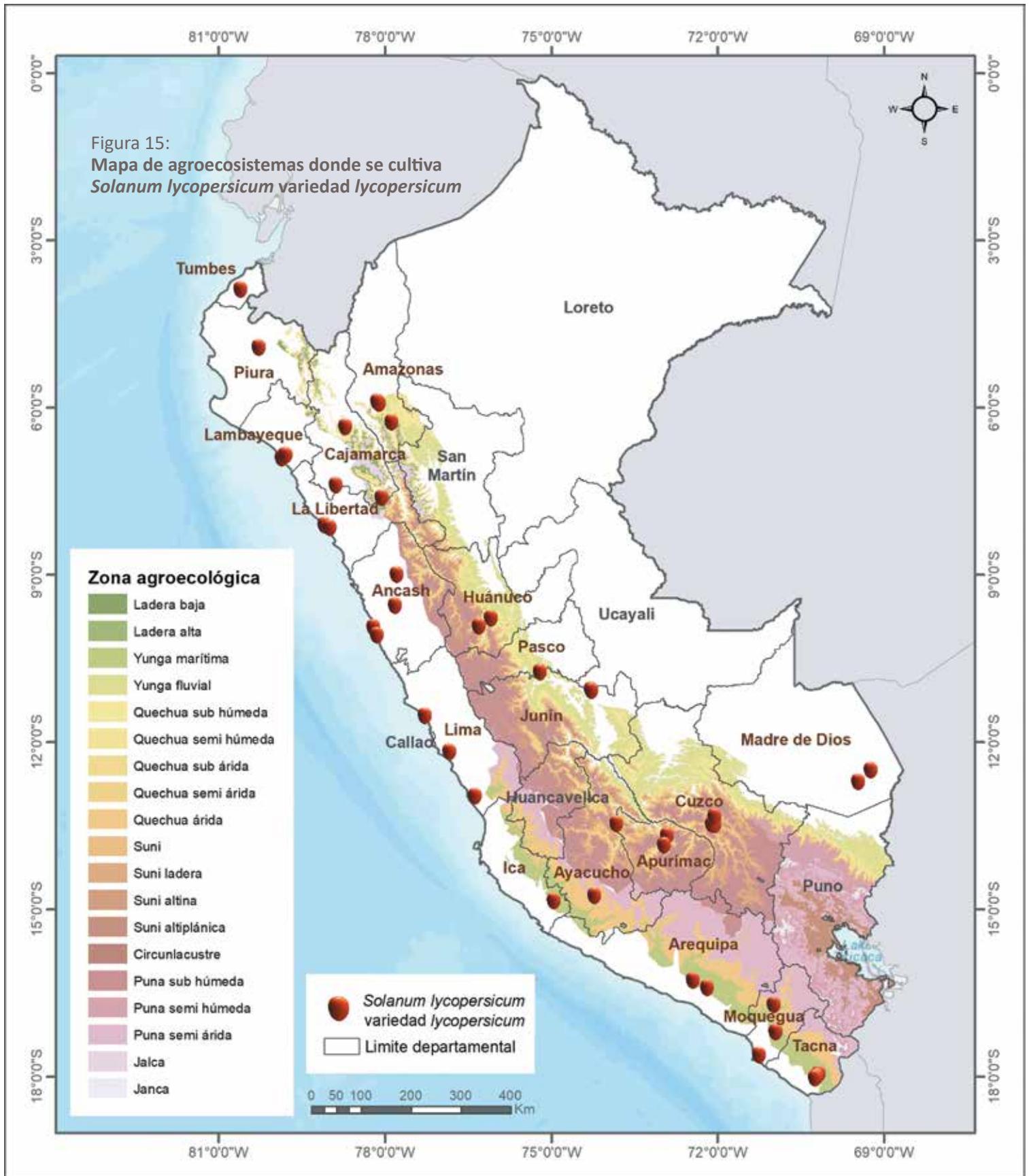
Como ya se mencionó anteriormente, las mayores áreas cosechadas con tomate se encuentran en los departamentos de Ica y Lima, específicamente en la región natural Chala. La clasificación de zonas agroecológicas de Tapia (1997) está incompleta para esta región natural, por lo que el análisis se realizó solo en las regiones naturales donde la clasificación sí está desarrollada (Tabla 7, Figura 15).



Tabla 7: Agroecosistemas donde se cultiva el tomate (*S. lycopersicum* variedad *lycopersicum*)

Subregión	Zona agroecológica	Elevación (m s. n. m.)	
		Mínima	Máxima
Norte o Septentrional	Quechua semihúmeda	1900	2700
	Ladera baja	2700	3200
Central	Quechua semiárida	1850	3200
Centro sur	Quechua subárida	2000	2700
	Suni ladera	3500	4000
Vertiente oriental	Yunga fluvial	1500	2000
	Quechua subhúmeda	2000	2700

Elaboración: MINAM.





En la subregión norte, se cultiva el tomate en la zona agroecológica Quechua semihúmeda, entre los 1900 y 2700 m s. n. m., donde el clima es templado y cálido en pequeños valles cerrados como el distrito de Sócuta, provincia de Cutervo, departamento de Cajamarca. También en la zona agroecológica Ladera baja, entre los 2700 y 3200 m s. n. m., donde el clima es templado frío, por lo que se emplean invernaderos para el cultivo de tomate, como en la ciudad de Cajamarca, provincia y departamento de Cajamarca.

En la subregión central, se cultiva el tomate en la zona agroecológica Quechua semiárida, en el distrito, provincia y departamento de Huánuco (2042 m s. n. m.). En la subregión centro sur, se cultiva tomate en la zona agroecológica Quechua árida, en el distrito de Circa (2031 m s. n. m.), provincia de Abancay, departamento de Apurímac; en los distritos de Cachimayo (entre 3611 y 3663 m s. n. m.) y Pucyura (3652 m s. n. m.), en la provincia de Anta, departamento de Cuzco; y en Huayllabamba (2889 m s. n. m.), provincia de Urubamba, departamento de Cuzco.

En la subregión vertiente oriental, se cultiva tomate en la zona agroecológica Yunga fluvial, en el distrito de Villa Rica (1550 m s. n. m.), provincia de Oxapampa, departamento de Pasco, y en el distrito de Chinchao (2200 m s. n. m.), provincia y departamento de Huánuco.

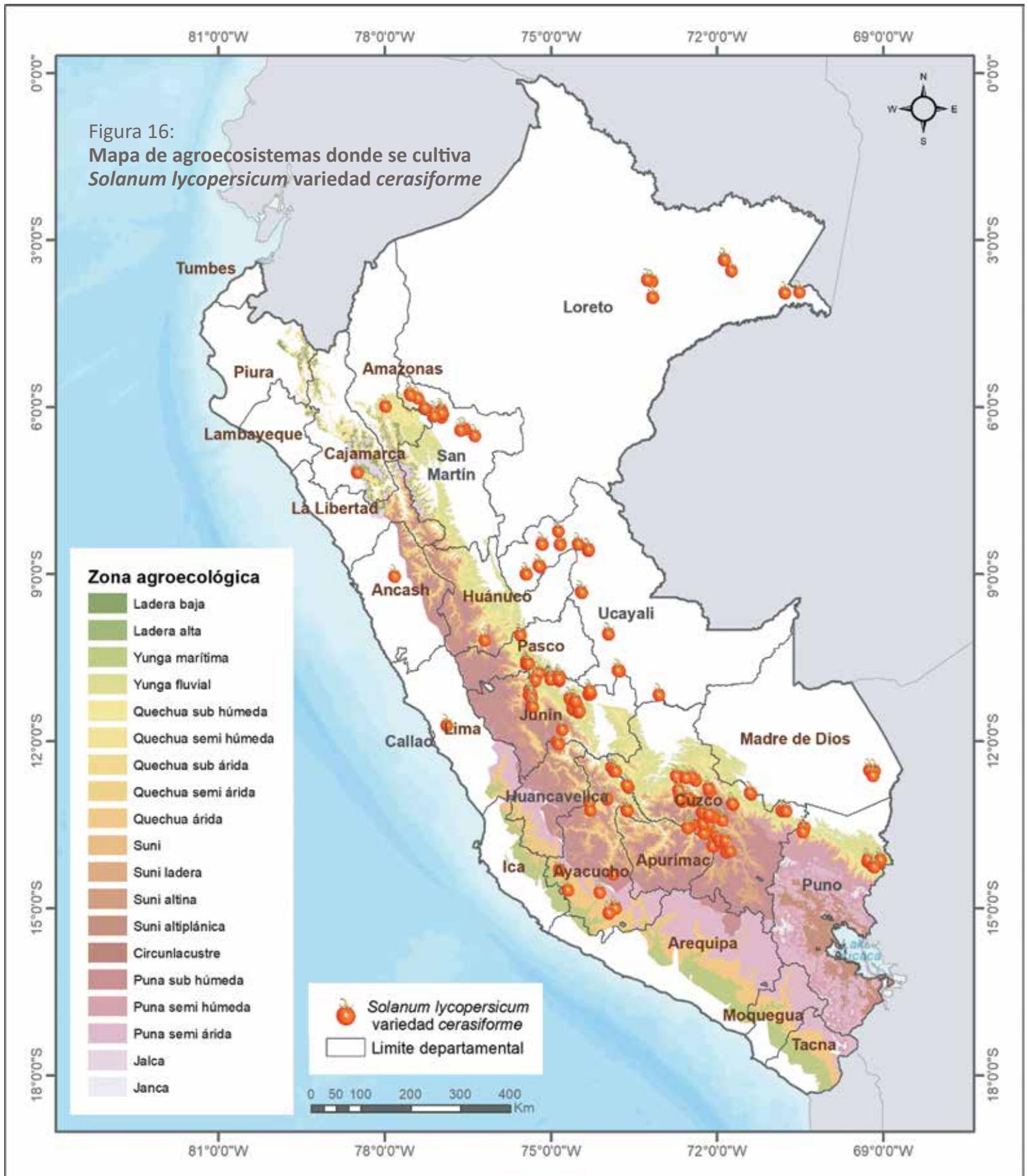
Solanum lycopersicum variedad *cerasiforme*

De igual manera, los cultivares nativos del tomate (*S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*), son manejados o cultivados principalmente en la región natural Rupa rupa de los departamentos de Amazonas, Cuzco, Junín, Puno y San Martín; así como en la región natural Omagua de Cuzco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Puno, San Martín y Ucayali, en donde la clasificación de zonas agroecológicas de Tapia (1997) está incompleta, por lo que se evaluó en las regiones donde sí está descrita (Tabla 8, Figura 16).

Tabla 8: Agroecosistemas donde se maneja o cultiva el tomate nativo (*S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*)

Subregión	Zona agroecológica	Elevación (m s. n. m.)	
		Mínima	Máxima
Norte o Septentrional	Quechua semihúmeda	1900	2700
Central	Quechua semiárida	1850	3200
	Quechua subárida	2000	2700
Centro sur	Quechua árida	2700	3500
	Suni ladera	3500	4000
Vertiente occidental	Quechua árida	2300	3200
	Puna semiárida	3200	3800
Vertiente oriental	Yunga fluvial	1500	2000

Elaboración: MINAM.





En la subregión norte o septentrional, se cultiva tomate nativo en la zona agroecológica Quechua semihúmeda del distrito, provincia y departamento de Cajamarca (2691 m s. n. m.). De la misma manera, en la subregión central, se le cultiva en la zona agroecológica Quechua semiárida del distrito de Caraz (2233 m s. n. m.), provincia de Huaylas, departamento de Áncash; en el distrito y provincia de Ambo (2195 m s. n. m.), departamento de Huánuco; y en los distritos de Pariahuanca y Santo Domingo de Acobamba (entre 2049 y 2456 m s. n. m.), provincia de Huancayo, departamento de Junín.

En la subregión centro sur, se cultiva el tomate nativo en las zonas agroecológicas Quechua subárida (2000 a 2700 m s. n. m.), Quechua árida (2700 a 3500 m s. n. m.) y Suni ladera (3500 a 4000 m s. n. m.) de diferentes distritos de las provincias de Anta, Calca, La Convención, Paruro, Paucartambo y Urubamba, en el departamento de Cuzco; así como en el

distrito de Chipao (3440 m s. n. m.), provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho.

Por otro lado, en la subregión vertiente occidental, se cultiva el tomate nativo en la zona agroecológica Quechua árida en el distrito de Sancos (2838 m s. n. m.) y Puna semiárida de los distritos de Chaviña (3233 a 3369 m s. n. m.) y Puquio (3369 m s. n. m.), provincia de Lucanas, departamento de Ayacucho.

En la subregión vertiente oriental, se cultiva el tomate nativo en la zona agroecológica Yunga fluvial del distrito de Huayopata (1524 m s. n. m.), provincia de La Convención, departamento de Cuzco; en el distrito de Monobamba (1569 a 1738 m s. n. m.), provincia de Jauja, departamento de Junín; y en los distritos de Chontabamba, Huancabamba, Oxapampa y Villa Rica (1505 a 1842 m s. n. m.), provincia de Oxapampa, departamento de Pasco.







5. Aspectos socioeconómicos y culturales del cultivo del tomate en el Perú



5. Aspectos socioeconómicos y culturales del cultivo del tomate en el Perú

El tomate es un producto básico en la alimentación cotidiana de los peruanos, por lo que es ampliamente cultivado. Minagri (2018a) reporta que se cosecharon 5494 ha en el año 2018, con una producción total de 253 toneladas (t) producidas en 21 departamentos del Perú. Ica es el departamento donde más se produce, con 1306 ha cosechadas y una producción de 138,863 t, lo que representa el 24 % de la superficie nacional cosechada y el 55 % de la producción nacional. Esta producción se destina principalmente al mercado nacional (91 %) y en segundo lugar a la exportación (9 %), con una pequeña fracción (0,003 %) destinada a la agroindustria (INEI, 2012).

La CNPA reconoce a los cultivares de tomates importados y nativos en la subclase 01234, distinguiendo claramente cada cultivar de tomate importado, a diferencia del caso de los tomates nativos, a los que agrupa en una categoría (Minagri, 2016).

Por otro lado, las estadísticas no registran la agricultura a pequeña escala, la cual es destinada para autoconsumo y, en ciertas ocasiones, para la venta en el mercado o la feria local.

Para una mejor comprensión del agricultor y la agricultura del tomate, se hicieron 740 encuestas: 24 el año 2015 en el departamento de San Martín, 440 el año 2016 en los departamentos de Loreto, Ucayali, Junín, Ayacucho, Cuzco y Puno; y 276 encuestas entre los años 2018 y 2019 en los departamentos de Amazonas, Áncash, Apurímac, Arequipa, Cajamarca, Huancavelica, Huánuco, Ica, La Libertad, Lambayeque, Lima, Madre de Dios, Moquegua, Pasco, Piura, Tacna y Tumbes. Los resultados revelan que la agricultura es la actividad principal de los encuestados y es complementada con otras actividades para lograr cubrir sus ingresos. La estrategia no fue solo diversificar su fuente de ingresos, sino también diversificar sus cultivos: el 40 % de los encuestados respondió que en la campaña agrícola anterior cultivó hortalizas y el 28 % de ellos cultivó tomate.

En las regiones naturales Rupa rupa y Omagua, se cultiva el tomate en campos abiertos o bosques, chacras o huertos. Generalmente, las semillas que caen al suelo son manejadas por el agricultor junto a otras plantas. Según el interés y cuidado, el agricultor puede obtener frutos todo el año, y algunos mencionan que hay meses en que se producen muchos más frutos, hasta tres veces al año.

En las regiones naturales Yunga (fluvial y marítima), Quechua y Suni, los agricultores cultivan el tomate en sus jardines, huertos o bajo cobertores; mientras que las encuestas realizadas en la región natural Chala de los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Lima, Ica, Moquegua y Tacna evidenciaron que el 7 % siembra tomate en monocultivo en fincas mayores a 5 ha.

La agricultura del tomate es practicada por horticultores, quienes siembran hortalizas en pequeñas áreas destinadas generalmente al mercado local. También están los monocultivadores de tomate, quienes siembran solamente tomate en parcelas de distinto tamaño (entre 0,1 hasta 20,0 ha), cuya cosecha está destinada también al mercado.

De igual manera, las empresas, que son explotaciones agrícolas formalizadas y siembran tomate con semilla importada y tecnología de punta, destinan la cosecha al mercado ya sea en fresco, para la industria o la producción de semilla. Estas empresas cuentan con provisión de riego (por gravedad, goteo o aspersión) y aplican fertilizantes y pesticidas de distintos tipos (orgánicos y/o inorgánicos).

5.1 Tipología propuesta de la agricultura de tomate con fines de bioseguridad

En el Perú, se han ensayado diferentes clasificaciones para entender la agricultura debido a su diversidad de formas y destino de la producción, en un ambiente diverso y de contrastes, no solamente físicos y climáticos, sino también culturales, particularmente referidos a las percepciones del poblador sobre su entorno.

Con fines de bioseguridad, la agricultura del tomate con enfoque agroecológico se clasifica en tres tipos: la agricultura convencional, la agricultura tradicional y la agricultura orgánica. Existen varias discusiones al respecto, por lo que se adoptarán las siguientes definiciones en relación con estas tipologías.

a. Agricultura convencional

De acuerdo con García (2017), la agricultura convencional es un modelo adoptado durante la aplicación de la denominada “revolución verde” después de la Segunda Guerra Mundial, que se fundamenta en la integración de todos los elementos de la producción, desde los factores genéticos hasta los factores ambientales, dentro de los cuales se incluye el clima, el suelo y la tecnología, que a su vez integra junto con los agroquímicos y el mejoramiento genético de las semillas para aumentar las cosechas y resistir las plagas y enfermedades, además de mejorar la calidad del producto.

Este tipo de agricultura se caracteriza por el monocultivo, utiliza insumos externos como fertilizantes y pesticidas para el control sanitario, aunque algunos aplican el manejo integrado de plagas. De igual manera, aplican energía externa, ya sea mecanizada o mediante la contratación de mano de obra (especializada o no) para las distintas labores agrícolas. Asimismo, procura la tecnificación del riego, la alta eficiencia y la rentabilidad: los agricultores alquilan tierras y pueden acceder a distinto tipo de crédito, ya sea formal o por habilitadores locales.

Este tipo de agricultura del tomate en el Perú se encuentra en las denominadas zonas productoras, que se ubican generalmente en las regiones de Chala y la Yunga marítima de los departamentos de Lambayeque, La Libertad, Áncash, Lima, Ica, Arequipa, Moquegua y Tacna, y es practicada por horticultores, productores que realizan monocultivos y por empresas.

b. Agricultura tradicional

Este tipo de agricultura utiliza sus propios insumos y energía, mantiene la racionalidad de adecuación y adaptación a las condiciones ambientales, económicas, sociales y políticas para gestionar contingencias o riesgos de diferente índole, tales como la caída de precios o la ocurrencia de eventos climáticos extremos (García, 2017). Corresponde a una racionalidad de adaptación a la heterogeneidad dentro de la diversificación de especies y el manejo simultáneo de diversos pisos ecológicos (Murra, 2002).

Esta agricultura es objeto de diversos estudios, sobre todo para comprender los procesos de domesticación de especies. En el caso peruano, que se distingue como el centro de origen del tomate y de otros cultivos estratégicos para la seguridad alimentaria global, ha resultado en una importante revisión de los procesos de domesticación del tomate.

Es más importante verificar lo que ocurrió en los estados intermedios de domesticación para avizorar el futuro, teniendo en cuenta que el centro de origen del tomate se constituye en la fuente de diversidad a largo plazo, sobre todo en un escenario de cambio climático (Razifard *et al.*, 2020).



La agricultura tradicional en general, y la agricultura tradicional del tomate en particular, aún están vigentes. Los pobladores de la región natural Rupa rupa de los departamentos de Junín, Ucayali, Amazonas, Cuzco, Huánuco, Cajamarca, Apurímac y, sobre todo, en San Martín, Loreto y Ucayali, continúan cultivando el tomate nativo (*S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*) en sus huertos o jardines de sus hogares.

c. Agricultura orgánica

Este tipo de agricultura se define como “toda actividad agropecuaria que se sustenta en sistemas naturales, que busca mantener y recuperar la fertilidad de los suelos, la diversidad biológica y el manejo adecuado del agua. Excluye el uso de agroquímicos sintéticos, cuyos efectos tóxicos afectan la salud humana y causan deterioro del ambiente, y descarta el uso de organismos transgénicos. La actividad orgánica es conocida también como agricultura ecológica o biológica” según la Ley n.º 29196, Ley de Promoción de la Producción Orgánica o Ecológica.

Se caracteriza porque es certificada por empresas certificadoras de la producción orgánica conforme al Decreto Supremo n.º 061-2006-AG y al artículo 17º del Decreto Supremo n.º 010-2012-AG, y en su mayor parte está destinada a la exportación. El artículo 18º de la citada norma también establece que “la certificación de productos orgánicos de los pequeños productores organizados, destinados exclusivamente al mercado interno, podrá ser efectuada por las asociaciones público-privadas, legalmente constituidas, que conformen el sistema de garantía”.

Aunque no se cuenta con cifras oficiales de cantidades y ubicación del cultivo del tomate orgánico, en los mercados es posible encontrar cultivares de tomate nativo, generalmente llamado “cherry”, que afirman ser producidos en forma orgánica, aunque no cuenten con certificación de ningún tipo.

5.2 Descripción del productor

En el Perú se pueden distinguir claramente dos tipos de agricultores de tomate, los agricultores que practican la agricultura convencional y los agricultores tradicionales.

a. Agricultor convencional

La principal característica del agricultor convencional es que está orientado por el mercado, está desvinculado de la cultura del agro, por lo que si el mercado no le es atractivo, deja de cultivar tomate. Está atento a los programas de reconversión que propone el Estado, orientado a obtener la máxima rentabilidad.

En este tipo de agricultor están incluidos los horticultores, productores de monocultivos y las empresas que producen tomate para la exportación y la industria, así como para la producción de semilla de cultivares importados para el mercado nacional y del exterior.

b. Agricultor tradicional

Se trata del poblador rural dedicado principalmente a las actividades agrícolas. Aunque el tomate no es su cultivo principal o el sustento familiar, se dedica a cultivarlo a pequeña escala junto a una diversidad de cultivos nativos y naturalizados en sus huertos y jardines. Aprovecha selectivamente la diversidad de plantas que crecen al borde de las chacras, caminos y fuentes de agua, entre los que están el tomate nativo cultivado (*S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*) y una que otra especie silvestre de tomate, dependiendo de donde se encuentre.

Este tipo de agricultores generalmente cuentan con servicios básicos en sus localidades, la mayoría ha recibido educación formal primaria y secundaria, rara vez superior, y tienen un limitado acceso a los servicios de salud de calidad. El índice de desarrollo humano los sitúa entre bajo a medio, de acuerdo a los indicadores de la esperanza de vida al nacer, el logro educativo y el ingreso familiar *per capita* (PNUD, 2019). Su principal

f fuente de ingresos no es el cultivo de tomate, sino otras actividades agropecuarias complementadas por los programas sociales del Estado y de los Organismos no Gubernamentales (ONG). Otra característica de estos pobladores es su sentido de la innovación ya que manejan la diversidad del tomate nativo mediante sus prácticas agrícolas tradicionales.

Se ha constatado que los agricultores aprovechan las hibridaciones naturales entre *S. lycopersicum* variedad *lycopersicum* y *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme* para seleccionar cultivares apropiados a sus sistemas de producción tradicional en las regiones naturales Omagua y Rupa rupa. Por ejemplo, los agricultores están logrando un cultivar denominado “riñón” o “arriñonado” en Pucalpillu, zona hortícola aledaña a la ciudad de Pucallpa. De igual modo, se han encontrado pobladores seleccionando y distribuyendo semilla a sus familiares en Villa Rica (Pasco) y Las Piedras (Madre de Dios), variedad a la cual llaman “tomate regional”.

Los pobladores rurales más innovadores mantienen aún fuertes lazos culturales con su entorno. Para conocerlos, es necesario explorar el sistema lingüístico, el léxico, la fonología y la fonética (Spinoglio, 2017), lo que representa un aporte al conocimiento sobre el cultivo tradicional de tomate pues se habría perdido el nombre original del tomate en las diferentes lenguas que aún se hablan en el Perú.

Mediante el abordaje etnolingüístico, se analiza cómo la cultura de una comunidad humana influye en la configuración y en el uso de la lengua, de modo que su objetivo es emplear el conocimiento de la cultura como recurso para expresar el porqué de determinados hechos lingüísticos, tanto del sistema como del uso y, consecuentemente, encontrar huellas de la cultura (Teillier *et al.*, 2016; Spinoglio, 2017). Como resultado de las encuestas, se constató que el nombre del tomate cultivado en todos los casos fue “tomate” y no se conocían otros nombres. Asimismo, se han reportado otros nombres para los tomates silvestres aparte del nombre muy común de “tomatillo” (Tabla 9). En todas las denominaciones y variantes predomina el léxico “tomate”, ya sea como prefijo o como sufijo. De los 27 topónimos, solamente ocho no utilizan dicho término.

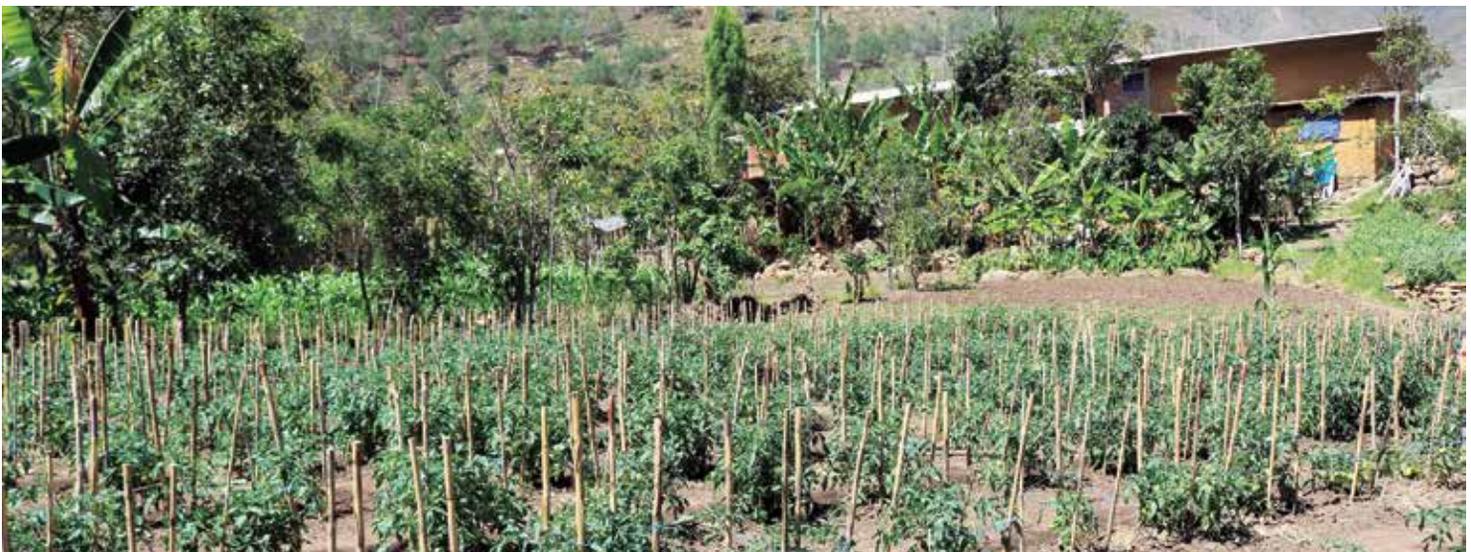


Tabla 9: Nombres comunes de las especies de tomate en el Perú

Especie	Departamento	Nombre vulgar
<i>S. arcanum</i>	La Libertad	Shambraque hembra
	Amazonas	Tomate apestoso
<i>S. habrochaites</i>	Áncash	Tocsozapallu
		Zaqta zapallu
		Asiac-ccora
		Tomate de campo
	Ayacucho	Tomate apestoso
	Cajamarca	Paja del susto
	La Libertad	Shambraque macho
	Lambayeque	Añasquero
<i>S. lycopersicum var. cerasiforme</i>	Piura	Tomate de zorro
	Cajamarca	Tomate <i>cherry</i>
	Cuzco	Inka tomate
	Huánuco	Ucush tomate
	Lima	Tomate <i>cherry</i>
	Loreto	Tomate comunal o regional
	Madre de Dios	Cerojiro tomate (yiné)
	Pasco	Tomate <i>cherry</i>
	Puno	Chillto tomate
	Ucayali	Tomate comunal o regional
<i>S. neorickii</i>	Piura	Tomate de zorro
<i>S. ochranthum</i>	Amazonas	Tomate de monte
	Cajamarca	Lunta de león
<i>S. pimpinellifolium</i>	Áncash	Tomate de campo
	Lambayeque	Tomate cimarrón
	Piura	Tomate de culebra
	Tumbes	Tomate de zoña

Elaboración: MINAM.

Los profesionales de las ciencias sociales también fueron consultados mediante entrevistas. Dos de ellos proporcionaron nombres del tomate en otros idiomas: Antonio Serrepe Ascencio, historiador de Lambayeque, consigna que el tomate en lengua moche es “*faña*”, cuyo significado es “planta tierna”, lo que se encuentra documentado en su publicación *El habla de los Mochicas* (Serrepe Ascencio, 2017), mientras que Dr. Gonzalo Espino, historiador de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), proporcionó otros dos nombres: “*makurk’a*” en aymara y “*sacha tomate*” en quechua.

Existen otros nombres vernaculares reportados en la literatura: Peralta *et al.* (2008) reportan los nombres de “*pirca*” citando a Horkheimer (1973), “*pescco tomate*” en quechua (Yacovleff y Herrera, 1935), y “*ambulluco del muerto*” para referirse al *S. habrochaites* (Bussmann y Sharon, 2007). Brack (1999) reporta los nombres de “*pircca*”, “*tomatera*” y “*paconca*” para referirse al *S. lycopersicum*, “*tomate jacha*” en mención al *S. peruvianum* y “*tomate peludo*” para denominar al *S. habrochaites*.

5.3 El tomate nativo del Perú

El tomate nativo peruano corresponde al *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*. Crece en forma espontánea en los huertos y jardines de los pobladores locales, en los bordes de acequias, canales y ríos, así como dentro de las chacras. Reciben distinto tipo de cuidado, desde el manejo incipiente, hasta el uso de tutores y la cosecha continua.

La especie se encuentra distribuida en lugares con humedad permanente en la región natural Quechua de los departamentos de Ayacucho, Cuzco y Junín; en la región Suni de los departamentos Ayacucho y Cuzco; ampliamente distribuida en la región Yunga fluvial de los departamentos de Amazonas, Cuzco, Huánuco, Junín, Pasco, Puno y San Martín; así como en la región Rupa rupa de los departamentos de Ayacucho, Cuzco, Junín, Pasco, Puno y San Martín; y la región Omagua de los departamentos de Junín, Loreto, Madre de Dios, San Martín y Ucayali (ver sección 2.2).



5.4 Los cultivares comerciales

En el Perú, se siembran cultivares de tomate importado bajo distintas denominaciones. Son producidos por empresas transnacionales productoras de semillas de diversos cultivos, incluyendo la producción y comercialización de semillas con eventos OVM en algodón, canola, maíz y soya. Sin embargo, destacar que, por la Ley de Moratoria (Ley n.º 29811), está prohibida la importación y liberación de semillas OVM en el Perú.

Los cultivares de crecimiento determinado son los denominados “Katya”, “de mesa”, “Río Grande”, “Marsano” e “Híbrido Dominator”, mientras que el cultivar “Marglobe” es de crecimiento indeterminado. La producción es destinada al mercado de consumo directo y una pequeña parte para la agroindustria. El conjunto de estos cultivares es promocionado por su alto rendimiento, con valores que superan las 40 t/ha, así como por su capacidad de resistencia o tolerancia a enfermedades causadas por distintos virus.

Los tomates “cherry” (*S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*) tienen como principal característica que son de fruto pequeño, entre 3 a 5 cm de diámetro, y son apreciados porque los asocian a la producción orgánica.

Tabla 10: Empresas productoras y exportadoras de semillas de tomate

Empresa	Porcentaje de variación 2018 - 2017	Porcentaje de participación en el mercado 2018
NATUCULTURA S.A.	24	60
MONSANTO PERÚ S.A.	-51	26
AGROSEED DEL PERÚ S.A.C.	31	6
AGROINDUSTRIAS AIB S.A.	110	5
HM. CLAUSE PERÚ S.A.C.	-66	1
AGRÍCOLA WAMBRA S.A.C.	--	0
COMERCIO AGRÍCOLA DEL SUR PERÚ E.I.R.L.	--	0
BOZELT S.A.C.	--	0

Fuente: SIISEX (2019).

5.5 Los OVM en tomate

En el mundo han sido autorizados para su comercialización 11 eventos OVM en tomate: ocho de ellos han sido desarrollados por EE. UU. y tres por China (Anexo 2), aunque ninguno de ellos se comercializa actualmente. La empresa Calgene de EE. UU. obtuvo el primer tomate OVM en el año 1994 y fue el primer alimento transgénico, pero se dejó de comercializar tras el rechazo de los consumidores (Azurdia, 2014; Ardisana *et al.*, 2019). La mayoría de los OVM han incorporado genes para la maduración tardía, la resistencia a enfermedades y la producción de ciertas sustancias.

En general, los OVM son difícilmente aceptados para el consumo humano directo, ya sean frescos o procesados. En América Latina y El Caribe, muchos de los consumidores están preocupados por la seguridad de los OVM y sus derivados, por lo que prefieren no consumirlos (Bárcena *et al.*, 2004).

5.6 Dinámica del comercio de semillas

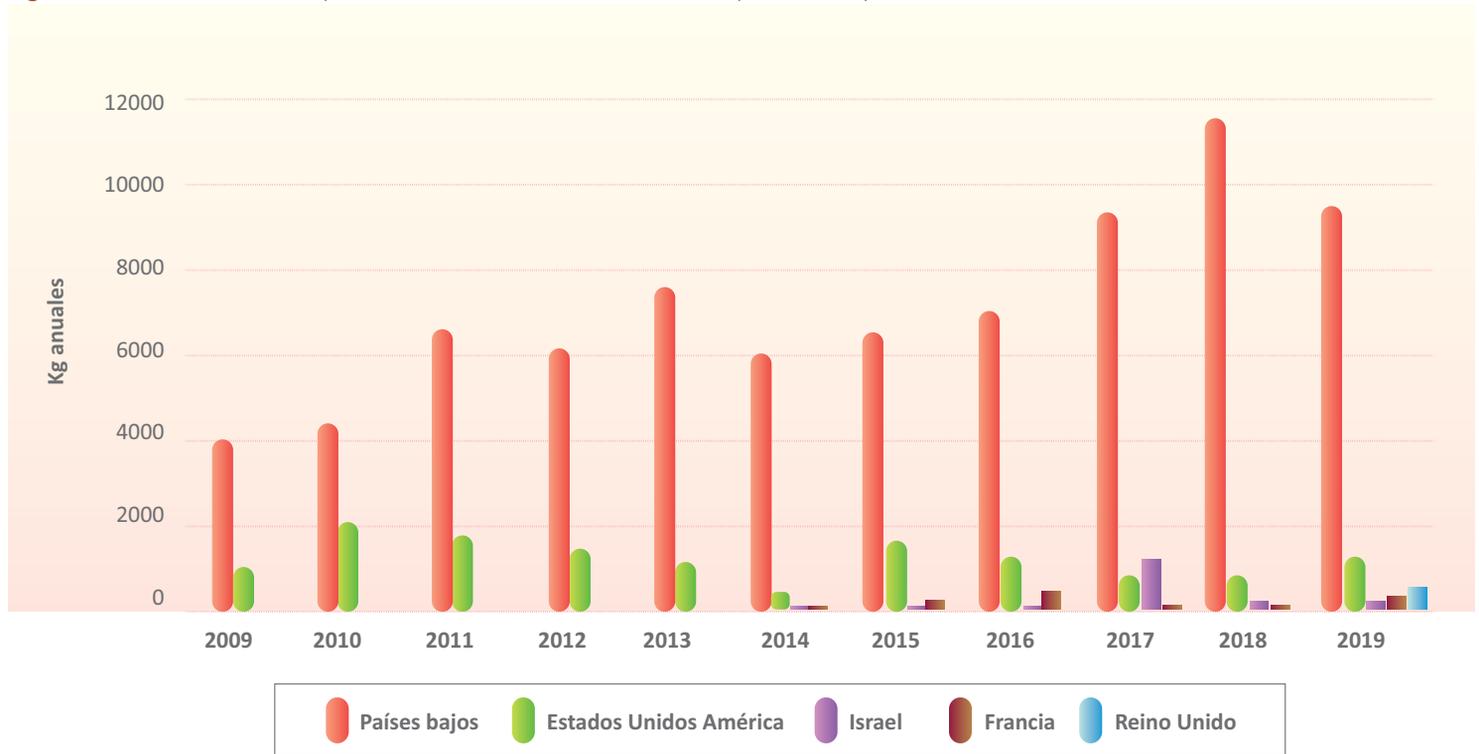
Si se toma en cuenta que la semilla es la principal fuente de adopción de tecnología, es relevante revisar lo que está sucediendo en el mercado actual de semillas de tomate dentro del país.

Hacia el Perú fluyen de manera formal semillas de tomate en cantidades importantes principalmente de cuatro países. En los últimos 10 años han llegado más de 9000 kg de semilla importada desde EE. UU., 2458 kg desde China, 1241 kg desde Italia y 1385 kg desde España (hasta el 2010). El Perú recibe semillas de tomate de Asia, África, Europa, Centro América y Sudamérica, aunque ha recibido importaciones de Islandia durante algunos años. En total, en la última década han ingresado al Perú 15 031 kg de semillas de tomate (Anexo 3).

En el Perú, existe una balanza comercial de exportación e importación de semillas de tomate con la partida arancelaria 1209915000 (Sunat, 2019), lo que genera un flujo favorable. En la Tabla 10 se presentan las empresas que producen semilla de tomate en nuestro país.

La exportación de semillas de tomate se ha incrementado en más de 100 % en la última década, siendo los países con mayor demanda los Países Bajos, EE. UU., Israel, Francia y Reino Unido (Figura 17, Anexo 4); y son nueve países a los que se exportan de forma intermitente pequeños

Figura 17: Volumen anual de exportación de semillas de tomate a los cinco países de mayor demanda



Fuente: SIISEX (2019).

volúmenes de semillas, incluyendo China, Italia, México y Japón. Existe también un flujo informal de semillas, principalmente en las zonas de frontera de Tumbes y Madre de Dios (Figura 18), donde se pudo constatar la presencia de semilla de tomate procedente de Brasil.

Figura 18: Sobres de semilla de tomate que circulan en Puerto Maldonado



El análisis de las encuestas realizadas en el departamento de San Martín en el año 2015 reveló que el tomate crece de manera espontánea alrededor de la chacra (70,8 %) y alrededor de la casa (29,2 %) de los agricultores encuestados. La explicación para ambos casos es que las semillas no son sembradas, sino que son lanzadas hacia los alrededores.

En la encuesta realizada en los departamentos de Loreto, Ucayali, Junín, Ayacucho y Cuzco el 2016, el 57 % de los encuestados afirmó que utilizan solo su propia semilla. No se encontraron cultivos de tomate en limpio o en monocultivo, solamente en huertos, jardines, alrededor de la chacra o en el bosque de las regiones naturales Rupa rupa y Omagua de los mencionados departamentos.

Las encuestas sobre semillas realizadas en 17 departamentos distintos a los anteriores en los años 2018 y 2019 mostraron que el 39,4 % de los encuestados compra semilla en tiendas especializadas, el 8,2 % selecciona su propia semilla y el 3,9 % la obtiene de ambas formas. Sobre la procedencia, el 32,6 % indicó que las semillas son introducidas y el 14,3 % que son de la localidad. En general, el 48,4 % de los encuestados reveló que no cultiva tomate.

Todos estos resultados son trascendentales para la evaluación de la pertinencia de permitir o no el cultivo de OVM en el Perú. De igual manera, deberá ser tomada en cuenta cuando se busque dinamizar el mercado de semillas de tomate en el país, así como para los estudios de centro de origen, de diversidad y domesticación.

5.7 Significado de la introducción de los OVM de tomate en el Perú

La agricultura de los OVM se puede reconocer por cuatro características: 1) semillas que se compran en forma recurrente, 2) siembra a gran escala, 3) uso de un paquete tecnológico definido para cada tipo de OVM y 4) producción como materia prima (“*commodity*”).

Dado que los consumidores rechazan habitualmente el consumo directo de tomates OVM, su cultivo quizás tendría una oportunidad en la agricultura convencional de empresas agrícolas orientadas a la industria de transformación del tomate. El fortalecimiento del agricultor convencional, ya sea monocultivador u horticultor de tomate, requiere disponer de un potente programa de asistencia técnica y transferencia tecnológica, ya que esta tecnología es de alta especialidad. A pesar de ello, existen experiencias de su rápida adaptación y fácil manejo en otros cultivos, como los de algodón y berenjena en países como India, Pakistán, Sudáfrica, entre otros (IPBO, 2017; Shelton *et al.*, 2018; Pavan *et al.*, 2019).

De igual forma, es imperativo fortalecer la agricultura tradicional, sobre todo reconociendo que se diferencia claramente de la agricultura de los OVM, porque utiliza su propia semilla en forma recurrente, se realiza a pequeña escala, se basa en prácticas y usos tradicionales como el empleo y la gestión de la diversidad, y la producción suele ser para consumo directo; mientras que en el caso de los OVM prima la homogeneidad y la producción se usa como materia prima para derivados industriales.

La diferencia entre ambos sistemas es también significativa por el valor que le da el mercado actual: la producción a escala de cultivares de tomate para la industria y a bajo costo contrasta con los cultivares nativos, que son producidos a pequeña escala y tienen mayor valor en los mercados locales y diferenciados.

Entonces, de acuerdo con la tipología de agricultura propuesta con fines de bioseguridad, de autorizarse la liberación de OVM de tomate, sería adecuada solamente en aquellos lugares donde se practica la agricultura convencional y no en lugares donde se practica la agricultura tradicional. Evidentemente, no se aplicaría en la agricultura orgánica puesto que la prohíbe por definición.







6. Propuestas para la gestión de la bioseguridad y la diversidad del tomate cultivado y silvestre



6. Propuestas para la gestión de la bioseguridad y la diversidad del tomate cultivado y silvestre

La **gestión de la bioseguridad** se basa en el análisis de riesgo de OVM como herramienta que facilita la toma de decisiones mediante un proceso estructurado de manera lógica, que consiste en recopilar información sobre los potenciales efectos adversos de la liberación deliberada o sin intención de un OVM en una temporalidad y ambiente específico.

Tiene por finalidad establecer medidas de gestión del riesgo, fomentando la participación pública y de los actores clave en la toma de decisiones. El análisis de riesgo es un proceso integrado por tres componentes: evaluación, gestión y comunicación del riesgo. El presente documento se centrará en la evaluación de los riesgos derivados del uso de OVM asociados con los componentes biológico y socioeconómico y las consideraciones para el análisis de riesgo son presentadas en el Anexo 5.

6.1 Impactos potenciales (riesgos) sobre la diversidad del tomate y su ambiente

De acuerdo con el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB, los posibles efectos adversos de los OVM es que pueden generar dos tipos la salud humana y para el medio ambiente.

Según el CDB y UNEP (2014), los riesgos para el medio ambiente son los siguientes: persistencia de genes o transgenes, susceptibilidad de los organismos no objetivo, expresión génica impredecible o inestabilidad transgénica (silenciamiento génico), cambios inducidos por el medio ambiente (abiótico) en la expresión del transgén, aptitud ecológica, cambios en la diversidad biológica (intromisión de interacciones tritróficas) e impactos en la fertilidad del suelo y en su capacidad para degradar materias orgánicas.

El Ministerio del Medio Ambiente de Chile (2014) define los riesgos de la liberación de OVM en el ambiente como la contaminación de la biodiversidad con la consecuente generación de poblaciones silvestres OVM, mutaciones a partir de las poblaciones silvestres OVM, pérdida de la biodiversidad y afectación a los organismos y microorganismos no blanco del aire y del suelo.

En este sentido, un análisis de riesgo para un país megadiverso como el Perú tiene como principal objetivo proteger la biodiversidad y su valor, especialmente para las comunidades indígenas y locales, en concordancia con las consideraciones socioeconómicas (artículo 26° del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB).

La línea de base del tomate muestra la distribución y concentración de las especies del complejo género *Solanum* secciones *Lycopersicum*, *Lycopersicoides* y *Juglandifolia*, insumo que el analista de riesgo podrá tomar en cuenta ante las posibles solicitudes de liberación de OVM en tomate con fines de cultivo, a fin de evitar la contaminación de las especies silvestres y los cultivares nativos de *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*.

a. Riesgos relacionados con el flujo de genes en tomate

Considerando la ausencia de la clasificación agroecológica para las regiones naturales Chala, Rupa rupa y Omagua, la comparación se realizó solamente entre las regiones naturales Yunga (fluvial y marítima), Quechua y Suni.

Al comparar los agroecosistemas donde se cultivan las dos variedades de tomate (*lycopersicum* y *cerasiforme*), se encontró que la variedad *lycopersicum* se cultiva en siete zonas agroecológicas y la variedad *cerasiforme* en ocho zonas agroecológicas. Ambas variedades cohabitan o se cultivan en cinco zonas agroecológicas en común; es decir, comparten el mismo territorio. Este hecho es significativo, teniendo en cuenta tanto el flujo de polen como de genes y el hecho que el poblador local aprovecha los cultivares nativos al seleccionarlos con sus técnicas ancestrales, un requisito a tener en cuenta ante una posible liberación de OVM de tomate en estos agroecosistemas.

En la región natural Chala (excepto Moquegua y Tacna), donde se practica la agricultura convencional del tomate, está presente el *S. pimpinellifolium*, que se cruza de manera natural con el tomate cultivado. Por ello, es necesario establecer monitoreos frecuentes ante el posible flujo de polen e introgresión entre estas poblaciones, considerando que el *S. pimpinellifolium* es tratado como maleza persistente, por lo que es objeto de control con herbicidas.

b. Riesgos relacionados con los organismos y microorganismos

La evaluación del impacto de las tecnologías está orientada al objeto de control, representados por los organismos blanco. Sin embargo, para el caso de los plaguicidas y otros métodos de control, como es el caso de los OVM, no se conoce el efecto sobre los organismos y microorganismos no blanco, como parasitoides y saprófitos, respectivamente.

Para el caso de los microorganismos, los registros realizados durante la elaboración de la presente línea de base se basan en algunos casos registrados en el primer reporte sobre la presencia grupos funcionales; es decir, aún falta conocer la diversidad de microorganismos presentes en los suelos, así como su función.

Por tanto, es pertinente conocer previamente la diversidad del complejo agroecosistema que la alberga, tanto en la abundancia y riqueza de especies, como en los grupos funcionales que la componen, de tal modo que, en caso de aplicar la tecnología de los OVM, el impacto sea el menor posible.

c. Riesgos relacionados con las actividades socioeconómicas

Ante el posible pedido de liberación al ambiente de cultivares comerciales de tomate con eventos OVM, se requerirá, de ser el caso, un componente de transferencia tecnológica continua, considerando el tipo de agricultura tradicional propuesto.

Es necesario hacer efectivas y sostenibles las medidas que minimicen el riesgo de contaminación de la diversidad del complejo género *Solanum* secciones *Lycopersicum*, *Juglandifolia* y *Lycopersicoides*, con la finalidad de lograr el uso seguro de OVM.

Otro aspecto vinculado con la transferencia de tecnología es el daño ocasionado por el uso de plaguicidas, que componen el paquete tecnológico de los OVM y que se sujetan a responsabilidad propia o de terceros, ya sea por accidente o por consecuencia inevitable de su aplicación (Magarinos y Cobo, 2017).

También, en sentido proactivo, se debe evitar posibles conflictos derivados de dos hechos suficientemente documentados, como la contaminación de cultivos y crianzas orgánicas y el uso indebido de semilla transgénica vinculada a la patente. Por ejemplo, Magarinos y Cobo (2017) analizaron y documentaron la jurisprudencia estadounidense respecto de la invasión ajena en la propiedad por objeto patentado sobre transgénicos (caso Chakrabarty en 1980) y el alcance transgeneracional de las patentes (Caso Bowman v. Monsanto Co. en 2008).

6.2 Gestión de la diversidad del tomate cultivado y silvestre

La Ley n.º 29811, que establece la moratoria al ingreso y producción de OVM al territorio nacional por un periodo de 10 años, tiene como objetivo impedir el liberación de OVM al ambiente. Siendo una norma temporal, está prevista su vigencia hasta el 11 de diciembre de 2021. Posterior a esa fecha, se espera que el país haya logrado fortalecer sus capacidades en materia de bioseguridad, haya desarrollado la infraestructura adecuada (por ejemplo, laboratorios para detección de OVM) y se hayan generado las líneas de



base de la biodiversidad nativa, de modo que sea posible una adecuada evaluación de las actividades de liberación de OVM al ambiente. Entre dichas líneas de base se encuentra la del tomate como cultivo priorizado.

Ante este contexto, el país tiene tres alternativas principales: la primera de ellas es permitir el ingreso y liberación al ambiente de los OVM en todo el territorio o en determinadas zonas geográficas, la segunda es extender la moratoria un periodo adicional, y la tercera es prohibir el ingreso de OVM de manera definitiva. Cabe indicar que también se debe tener en cuenta el desarrollo de nuevas metodologías para la ingeniería genética, como la edición de genes, la cual aún no existe consenso en la necesidad de regulación.

En adelante, analizaremos a manera de ejemplo los dos escenarios básicos planteados: el primer escenario, ingreso y liberación de OVM al ambiente; y el segundo escenario, la prohibición definitiva del ingreso y liberación al ambiente de OVM.

En el primer escenario, el permiso del ingreso y liberación de OVM al ambiente, se requiere aplicar rigurosos análisis de riesgo con la finalidad de evitar y mitigar cualquier efecto negativo sobre la diversidad genética del tomate y sus parientes silvestres, especialmente en su centro de origen, diversificación y domesticación. Este análisis de riesgo debe incluir la diversidad biótica asociada, la cual continúa coevolucionando (p. ej., sus polinizadores) para asegurar el uso sostenible de estas especies y sus servicios ecosistémicos.

El segundo escenario, la negación definitiva al ingreso y liberación al ambiente de cualquier OVM, presenta también desafíos, como las alternativas disponibles ante la negativa a una tecnología como los OVM, considerando que alguna de estas tecnologías podría ayudar a superar la inseguridad alimentaria, la pobreza y el subdesarrollo.

Sean estos dos escenarios hipotéticos, o cualquier otro que el país asuma de manera soberana, basaremos los siguientes análisis de la gestión de la diversidad del tomate en función a los objetivos del CDB y el TIRFAA.

a. Conservación de la biodiversidad

En el capítulo 1 se presentó el marco jurídico nacional e internacional relacionado con la diversidad biológica, la diversidad genética y la bioseguridad. Diversos autores señalan que el país ya cuenta con normas que se encuentran en aplicación y efectiva implementación.

Sin duda, el hecho de haber constatado la presencia de 13 especies de tomate, 12 silvestres y una cultivada, así como la amplia presencia del tomate nativo (*S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*), permitiría declararlas patrimonio natural de la nación, conforme a la Ley n.° 28477, acción que le corresponde al Minagri (ahora Midagri). El siguiente paso sería fortalecer el desarrollo de estrategias para la conservación *in situ* y *ex situ* del tomate y sus parientes silvestres en su centro de origen.

Cuando se inició la elaboración de la línea de base del tomate con fines de bioseguridad, el panorama no podría ser más desalentador: la colección de germoplasma de tomate de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) se había perdido, había una pequeña colección de germoplasma en el INIA y los herbarios nacionales no contenían la representatividad de la diversidad del tomate. En los años siguientes, Sotomayor *et al.* (2018) y Vilchez *et al.* (2019) analizaron la representatividad y las prioridades de conservación de la diversidad del tomate en el banco de germoplasma del INIA, mientras que González (2013) hizo lo propio en relación con los herbarios.

El MINAM, como resultado de las prospecciones realizadas en el marco de la elaboración de la línea de base, ha entregado 273 accesiones de germoplasma de 13 especies de tomate cultivado y silvestre al INIA, incluyendo al tomate nativo (*S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*). El MINAM también ha depositado en el herbario PRG 215 exsiccatas (o muestras herborizadas) de las mismas especies de tomate colectadas en todo el país y entregó al herbario MOL 14 exsiccatas como copia de seguridad (Anexo 6).

Gracias a ello, la colección de germoplasma de tomate del INIA se encuentra fortalecida y complementada con el herbario PRG, constituyéndose en las colecciones más representativas y actuales de la diversidad del tomate y sus parientes silvestres del Perú y del mundo. Estos logros y avances son producto de actividades concretas para desarrollar conocimiento e implementar medidas de conservación en los cultivos priorizados en el marco de la Ley de moratoria, por lo que se requiere continuar realizándolas aun cuando culmine el mandato de dicha ley.

Al inicio del periodo de la moratoria, el MINAM, luego de haber consultado en varios talleres a los científicos nacionales, planificó realizar las líneas de base de 10 cultivos prioritarios, considerando que en el Perú se habrían domesticado 184 especies de plantas, que corresponden a 120 cultivos (MINAM, 2014).

La capacidad que se ha logrado desarrollar para elaborar las líneas de base de la diversidad de los cultivos y crianzas con fines de bioseguridad debería continuar. Para ello, se propone que el Programa del conocimiento y conservación creado por el reglamento de la Ley n.° 29811 debería institucionalizarse en el MINAM, ya que abarca especies domesticadas y silvestres, tanto cultivadas como hidrobiológicas. Además, fortalecería la Política Nacional del Ambiente y sería información imprescindible para los futuros análisis de riesgos y para garantizar la conservación de la diversidad biológica.

Otro aspecto prioritario para el país es el acceso a la información sobre diversidad biológica. Cuando se iniciaron los estudios para la elaboración de las líneas de base, fue más fácil acceder a la información internacional, ya que la ciencia y tecnología en torno al tomate ha sido desarrollada mayormente fuera de su centro de origen.

Asimismo, el país también requiere mejorar sus sistemas de intercambio de información. Si bien es cierto que son significativos los esfuerzos de Concytec en este sentido, todavía existen muchas debilidades, por lo que es imperativo el fortalecimiento institucional tanto de las entidades públicas como de la academia.





La realidad actual es que la academia nacional desarrolla ciencia y tecnología de manera aislada y personalizada, por lo que compartir información, sobre todo científica, constituye uno de los principales desafíos. Por ejemplo, en el *Global Biodiversity Information Facility* (GBIF) no está representada la diversidad del tomate peruano, un hecho que debe llamar a reflexión ya que difícilmente podremos impulsar la ciencia nacional sin desarrollar y ni compartir información.

El intercambio de información evitaría la duplicidad de esfuerzos, permitiría acceder a protocolos ya validados y agilizaría los procedimientos para una mejor y mayor conservación de los recursos genéticos entre INIA, Serfor, Sernanp, Concytec y las universidades, a manera de ejemplo; por lo tanto, el acceso a bases de datos institucionales continúa siendo un reto.

Se debe consolidar la conservación *ex situ* mediante el banco de germoplasma del INIA y herbarios de la academia con protocolos de intercambio de información institucional, así como su articulación a un sistema informático en línea, lo que sería un gran adelanto en la conservación *ex situ* del tomate en el Perú.

La conservación *in situ* involucra también sus propios desafíos. Para la elaboración de la línea de base del tomate, se hicieron prospecciones en todo el país fuera de las ANP, por lo que una tarea pendiente es conocer la diversidad del género *Solanum* dentro de las ANP. Esto debería involucrar tanto al tomate como a la papa, de la cual somos el centro primario de domesticación (Spooner *et al.*, 2005).

En la estrategia de conservación *in situ*, la población local juega un rol protagónico, que hasta ahora es tímidamente reconocido, teniendo en cuenta los adelantos del país en este sentido, como la Ley n.° 27811, Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos. Dicha norma nos pone a la vanguardia global en este campo; sin embargo, la modernidad y la globalización alientan más que nunca el abandono del campo, por lo que se necesitan políticas específicas para frenar este proceso, que es una de las mayores amenazas para la agrobiodiversidad.

Mediante las ANP, se estaría manteniendo la conservación de una muestra representativa de la diversidad de parientes silvestres, pero la diversidad domesticada requiere del involucramiento del agricultor tradicional, quien mantiene sus lazos culturales con su entorno, aquel que, con paciencia y conocimiento e ingenio continúa seleccionando semillas, resemebrándolas y continuando el proceso de domesticación de las especies.

Es un reto armonizar la modernidad y el desarrollo con la conservación de la diversidad biológica, puesto que el agricultor tradicional, quien maneja y conserva la diversidad en sus huertos y jardines, no solamente del tomate nativo (*S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*), sino también de otras especies como las del género *Capsicum* o frutales nativos del género *Passiflora*.

Los agricultores tradicionales se encuentran en situación de pobreza extrema e inseguridad alimentaria en la actualidad y representan la población más vulnerable ante los eventos extremos que impone el cambio climático. Además, el promedio de edad entre los agricultores conservacionistas es cada vez más avanzado y el proceso de migración del campo a la ciudad, sobre todo de las nuevas generaciones, es imparable.

Adicionalmente, el agricultor tradicional asume los costos de la conservación de la agrobiodiversidad, a pesar de que la diversidad biológica es patrimonio de la nación y representa un legado para la solución de diversos problemas de seguridad alimentaria y adaptación al cambio climático a nivel global. Por ello, es fundamental la intervención del Estado para mejorar las condiciones de los agricultores tradicionales, así como establecer incentivos que promuevan el manejo sostenible y la conservación de los cultivos nativos y sus parientes silvestres, en este caso del tomate.

La Ley de moratoria propone el fortalecimiento de capacidades y el desarrollo de infraestructura, que se está logrando a nivel institucional. También se requiere fortalecer los procesos de domesticación y la dinámica tradicional de intercambio de semillas; es decir, fortalecer a la población local que desarrolla estos procesos, respetando su visión singular del entorno con base en su sistema de conocimientos tradicionales adquiridos y acumulados de generación en generación.

Cada vez son más reconocidos y valorados estos conocimientos y prácticas tradicionales. Por ejemplo, estos avances se verán materializados cuando los integrantes de la agricultura familiar no solamente sean los protagonistas de la conservación, sino que también los recursos de la agrobiodiversidad se constituyan en activos.

b. Aprovechamiento sostenible de la diversidad

Se suele decir que no se conserva aquello que no se aprovecha y no se aprovecha aquello que no se conoce. Por lo tanto, es imperativo fortalecer la investigación e innovación en torno a la diversidad biológica, pues de poco servirá ser el centro de origen, diversificación y domesticación del tomate si no se pone en valor a los tomates nativos.

El primer paso comprende las acciones dirigidas a la divulgación de información técnica, científica y especializada sobre las especies nativas u originarias del Perú, en particular las especies del género *Solanum*, que incluyen a la papa y al tomate, dos cultivos estratégicos para la economía y la seguridad alimentaria global.

Es fundamental compartir información que incluya su importancia agronómica, etnobotánica, ecológica, económica, histórica y cultural, así como sus usos potenciales, importancia genética, vulnerabilidad ante la liberación de OVM y la necesidad de un manejo apropiado para avanzar en el desarrollo sostenible. Para ello, es importante tomar en cuenta los programas impulsados por Concytec. En esta acción, los protagonistas son INIA, las universidades, Serfor, Sernanp y MINAM, pero se requiere también una movilización nacional.

El segundo paso es la generación de conocimiento. Otra singularidad del Perú con relación a la diversidad del tomate es que solamente existen unos cuantos cultivares nativos, lo opuesto a la diversidad de papa, que cuenta con millares de cultivares nativos. Si se tiene en consideración que el poblamiento de Sudamérica ocurrió entre los 16 600 y 15 100 años antes del presente (Prates *et al.*, 2020), durante este proceso ya se encontraban especies producto de la selección natural como el algodón (*Gossypium barbadense*), que se habría originado hace 1 a 2 millones de años (Westengen *et al.*, 2005) y el tomate (*S. lycopersicum*), que se habría originado hace 78 000 años (Razifard *et al.*, 2020), caso contrario al de la papa (*S. tuberosum*), que se habría originado producto de la selección humana hace 6000 a 10 000 años (Hardigan *et al.*, 2017).

El tercer paso es el monitoreo de su condición de conservación. Hasta ahora, una alternativa para la conservación de las especies silvestres amenazadas es categorizarlas de acuerdo al Decreto Supremo n.º 043-2006-AG, que utiliza los criterios de UICN.

Una acción análoga debería ser aplicada con las especies domesticadas, puesto que también se encuentran variedades en peligro de perderse debido a la falta de cultivo.

Tener pocos cultivares nativos de tomate en el Perú tiene un peso cultural enorme y quizás explica la ausencia de programas de mejora genética del tomate dentro de nuestro país, situación que no ocurre con la papa o el maíz.

Se permita o no la liberación de OVM con fines de crianza o cultivo dentro del territorio nacional, o en cualquier otro escenario, el país requiere conocer y dimensionar a cabalidad la diversidad del tomate; por ejemplo, se necesita conocer dónde está concentrada y qué condiciones ambientales requiere.

En caso que se autorizara algún OVM en tomate y se produjera una afectación por introgresión a poblaciones de especies silvestres del tomate, tal vez no se conozca qué se afectó, cómo se afectó y si el impacto sobre la diversidad del tomate fue positivo o negativo. Por ello, sería necesario cuantificar y monitorear la diversidad del tomate en un potencial escenario de liberación de OVM de tomate al ambiente, tanto las variedades cultivadas como silvestres.

En otro escenario, si se prohibiesen los OVM, también se requiere un mayor conocimiento de la diversidad del tomate para lograr alternativas tecnológicas viables, sostenibles y ambientalmente amigables, adecuadas a las condiciones de la agricultura nacional, que sean pertinentes a la condición del Perú como centro de origen, diversificación y domesticación.

Ya sea que se permita o no la liberación de OVM al ambiente, se requiere promoción, asistencia técnica y fortalecimiento de la investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) para mejorar la competitividad de la agricultura nacional, considerando los valiosos recursos genéticos con los que cuenta el país. De lograrlo, pasaremos de ser proveedores de recursos genéticos del tomate a dominar el mercado global de genes del tomate.

c. Distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales asociados

Un primer punto de análisis nace con la pregunta de qué le conviene más al país: continuar promoviendo en mayor medida la agroexportación de cultivos introducidos (mango, uva, fresa, entre otros) o promover principalmente a los cultivos nativos.

Los cultivos nativos están en manos de los agricultores quienes mantienen vigentes tradiciones ancestrales y prácticas agrícolas de bajos insumos con una baja huella ambiental, que hacen aún más atractivo el modelo para las tendencias de consumo posmoderno; es decir, la producción natural en armonía con la naturaleza.

El CDB y el TIRFAA consagran en su tercer objetivo el anhelo bien intencionado de la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos y los conocimientos tradicionales asociados. De hecho, el Protocolo de Nagoya del CDB está trabajando intensamente para lograrlo.

El caso de la diversidad del tomate en su centro de origen, diversificación y domesticación podría ser el más aleccionador. En un escenario institucional ideal, la legislación nacional debiera permitirnos utilizar de manera eficiente y organizada la diversidad del tomate en forma inmediata, poniendo materia prima o productos acabados de las especies de tomate y sus parientes silvestres en el mercado convencional, así como poder negociar los recursos genéticos del tomate con ventaja para el país.

Se requiere reconocer la contribución pasada y presente de las culturas locales en la conservación de los recursos genéticos con el fin de cuantificarla y valorizarla. Las especies de tomate silvestre han sido encontradas como parte de la naturaleza; es decir, son parte del paisaje y de la dinámica de los ecosistemas, por lo que llevarlas al banco de



germoplasma, conservarlas, caracterizarlas y realizar actividades de I+D+i para ponerlas en valor requiere una considerable inversión en tiempo y recursos.

La I+D+i del uso de recursos genéticos requiere contar con el contrato de acceso a recursos genéticos correspondiente, en cumplimiento del Decreto Supremo n.º 003-2009-MINAM, en el marco de la Decisión 391 de la Comunidad Andina, que implica el acceso a los recursos genéticos y la participación justa y equitativa en los beneficios derivados de su utilización.

El acceso a los recursos genéticos permite la identificación de los beneficios y la participación justa y equitativa de los mismos. Las patentes de procesos, productos o cultivares son solamente un eslabón en la larga cadena de valor, puesto que dicha cadena se inicia en el ecosistema, en el campo de cultivo o en el centro de conservación *ex situ*.

Los OVM que dominan el mercado, como el algodón, la canola, el maíz y la soya, siguen el modelo de agricultura convencional de alta rentabilidad debido a la elevada inversión realizada, que requiere en promedio unos 13 años de estudio y 136 millones de dólares de inversión (McDougall, 2011). Por lo general, la generación de OVM ha sido impulsada por el sector privado, aunque existe un caso de una entidad pública, la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria (Embrapa), que logró un OVM en frijol, el cual aún no ingresa al mercado pese a contar con autorización (ISAAA, 2019).

Este modelo impone la compra de semilla al inicio de cada campaña agrícola, y muchas de ellas cuenta con legislaciones de países como EE. UU. que protegen el derecho de las empresas inversionistas a las regalías de la patente, lo que se contraponen con el TIRFAA, que consagra los derechos del agricultor a utilizar libremente la semilla, sea suya o adquirida, de acuerdo con sus usos y costumbres. En contraste, el agricultor tradicional suele intercambiar las semillas, en muy raras ocasiones la compra, solo cuando requiere renovar su *stock*, y luego vuelve a utilizar de manera recurrente su propia semilla.

6.3 Mercados alternativos

En la gestión de la bioseguridad y la biodiversidad, el mercado es un componente que, aprovechado de manera pertinente, puede ser un factor positivo. Por ejemplo, la generación de demanda de ciertos productos puede constituirse en un incentivo para la conservación de la agrobiodiversidad; del mismo modo, pueden desarrollarse marcas con denominación, como “libre de transgénicos”, para destinarse a ciertos nichos de mercado.

De acuerdo con los ejes de política del Minagri (ahora Midagri), la articulación de los agricultores con los mercados contribuye con el incremento de la productividad, la competitividad y la sostenibilidad. De lograrlo, y utilizando los incentivos correctos, también se fortalecerá la conservación de la agrobiodiversidad.

Para aprovechar en forma positiva la gestión de la bioseguridad y la diversidad del tomate se propone lo siguiente:

- Aprobar un reglamento específico de semillas de tomate.
- Promover la industria nacional de procesamiento del tomate, a fin de incrementar el valor agregado e incrementar la demanda de materia prima, favoreciendo la producción de tomate.
- Fortalecer la I+D+i basada en el uso sostenible de la diversidad de las especies silvestres de tomate y, de esta manera, fomentar el uso de los recursos genéticos del tomate.
- Promover el reconocimiento de los cultivares nativos vinculados al *S. lycopersicum* variedad *cerasiforme*, que se constituye en un producto saludable y, por tanto, atractivo para la industria gastronómica.







Referencias bibliográficas

Referencias bibliográficas

- Abad, Z. G., & Abad, J. A. (1995).** Historical evidence on the occurrence of late blight of potato, tomato and pearl melon in the Andes of South America. En L. J. Dowley, E. Bannan, L. R. Cooke, T. Keane & E. O'Sullivan (Eds.), *Phytophthora infestans; Proceedings of* (pp. 36-41). Dublin: Boole Press Ltd.
- Abad, Z. G., & Abad, J. A. (1997).** *Another Look at the Origin of Late Blight of Potatoes, Tomatoes, and Pear Melon in the Andes of South America.* Plant Dis., 81, 682-688. doi: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.6.682>
- Abdeen, A., Virgós, A., Olivella, E., Villanueva, J., Avilés, X., Gabarra, R., & Prat, S. (2005).** *Multiple insect resistance in transgenic tomato plants over-expressing two families of plant proteinase inhibitors.* Plant Mol. Biol., 57, 189-202. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11103-004-6959-9>.
- Alan, A., Blowers, A., & Earle, E. D. (2004).** *Expression of a magainin-type antimicrobial peptide gene (MSI-99) in tomato enhances resistance to bacterial speck disease.* Plant Cell Rep., 2, 388-396. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00299-003-0702-x>
- Ardisana, E., Gaínza, B., Torres, A., Fosado, O., & León, R. (2019).** *Alimentos transgénicos: ¿sí o no? La perspectiva sudamericana.* Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades, 8, 148-157. Recuperado de http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2550-67222019000200148&lng=es&tlng=es
- Azurdia, C. (2014).** *Cultivos Nativos de Guatemala y Bioseguridad del Uso de Organismos Vivos Modificados. Tomate (Solanum lycopersicum).* Recuperado de <http://bch.cbd.int/database/attachment/?id=14883>
- Baskins, S., Bond, J. K., & Minor, T. (2019).** *Unpacking the Growth in Per Capita Availability of Fresh Market Tomatoes.* Recuperado de <https://www.ers.usda.gov/webdocs/outlooks/92442/vgs-19c-01.pdf?v=996.5>
- Bárcena, A., Katz, J., Morales, C., & Schaper, M. (2004).** *Los transgénicos en América Latina y el Caribe: un debate abierto.* Recuperado de https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/2404/1/S042070_es.pdf
- Brack, A. (1986).** *Las Ecorregiones del Perú.* Boletín de Lima, 44, 57-70.
- Brack, A. (1999).** *Diccionario Enciclopédico de Plantas útiles del Perú.* Cuzco: Centro de Estudios Regionales Andinos "Bartolomé de Las Casas".
- Bussmann, R., & Sharon, D. (2007).** *Plantas de los cuatro vientos. Flora mágica y medicinal del Perú.* Trujillo: Editorial Graficart SRL.
- Canto, M. (1986).** *Los nemátodos y la producción de papa.* En V curso internacional sobre el cultivo de la papa con énfasis en la producción de semilla. Universidad Nacional Agraria La Molina. Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Centro Internacional de la Papa. Huancayo y Lima, 3-23 pp.

Chavarría, M. (2016). *Evaluación de aislados nativos de Trichoderma spp. para el manejo de hongos causantes de mal del talluelo en tomate (Solanum lycopersicom L.).* (Tesis de maestría). Universidad Nacional Agraria, Managua-Nicaragua. Recuperado de <http://repositorio.una.edu.ni/3496/1/tnh20ch512e.pdf>

Chetelat, R. (2013). *Revised List of Wild Species Stocks.* Recuperado de <https://tgrc.ucdavis.edu/Wild%20species%20stock%20list-2013-v2.pdf>

Cisneros, F. (1995). *Control de plagas agrícolas.* Recuperado de http://www.avocadosource.com/books/CisnerosFausto1995/CPA_TOC.htm

Congreso de la República del Perú. (1993). *Constitución Política del Perú.* Lima. Recuperado de <http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/Constitucion-Pol%C3%ADtica-del-Peru-1993.pdf>

Congreso de la República del Perú. (1997). *Ley n.° 26839 - Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica.* Lima. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-26839.pdf>

Congreso de la República del Perú. (1999). *Ley n.° 27104 - Ley de Prevención de Riesgos Derivados del uso de la Biotecnología.* Lima. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-27104.pdf>

Congreso de la República del Perú. (2002a). *Ley n.° 27811 - Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos.* Lima. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/BAC83DB14E7BC9FD052578B0006BD7FF/\\$FILE/27811.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con3_uibd.nsf/BAC83DB14E7BC9FD052578B0006BD7FF/$FILE/27811.pdf)

Congreso de la República del Perú. (2002b). *Ley n.° 27867 - Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.* Lima. Recuperado de http://www.mimp.gob.pe/ogd/pdf/2014-ley-organica-de-gobiernos-regionales_27867.pdf

Congreso de la República del Perú. (2003). *Ley n.° 27972 - Ley Orgánica de Municipalidades.* Lima. Recuperado de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BCD316201CA9CDCA05258100005DBE7A/\\$FILE/1_2.Compendio-normativo-OT.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BCD316201CA9CDCA05258100005DBE7A/$FILE/1_2.Compendio-normativo-OT.pdf)

Congreso de la República del Perú. (2004). *Ley n.° 28303 - Ley Marco de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.* Lima. Recuperado de http://www.pcm.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/Ley_28303_Ley_Marco_Ciencia_Tec_Innovacion_Tecnol%C3%B3gica.pdf

Congreso de la República del Perú. (2005a). *Ley n.° 28477 - Ley de cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas.* Lima. Recuperado de <http://faolex.fao.org/docs/texts/per54974.doc>

Congreso de la República del Perú. (2005b). *Ley n.° 28611 - Ley general del ambiente.* Lima. Recuperado de <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/28611.pdf>

Congreso de la República del Perú. (2008). *Ley n.° 29196 - Ley de Promoción de la Producción Orgánica o Ecológica.* Lima. Recuperado de <http://www.servindi.org/pdf/Ley29196.pdf>

Congreso de la República del Perú. (2011a). *Ley n.° 29763 - Ley Forestal y de Fauna Silvestre.* Lima. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29763.pdf>

Congreso de la República del Perú. (2011b). *Ley n.° 29811 - Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 10 años.* Lima. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29811.pdf>

Congreso de la República del Perú. (2014). *Ley n.° 30220 - Ley Universitaria.* Lima. Recuperado de <https://www.sunedu.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-universitaria-30220.pdf>

Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) & Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). (2014). *Manual de capacitación sobre evaluación del riesgo de los organismos vivos modificados en el contexto del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología.* Recuperado de https://bch.cbd.int/forum/ahteg/training_manual/ra%20training%20manual%202014_es.doc

Comunidad Andina de Naciones. (1996). *Decisión 391 - Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos.* Caracas. Recuperado de <http://www.comunidadandina.org/StaticFiles/DocOf/DEC391.pdf>

Comunidad Andina de Naciones. (2000). *Decisión 486 - Régimen Común sobre Propiedad Industrial.* Lima. Recuperado de <https://www.indecopi.gob.pe/documents/1902049/3468565/02.+01- Decision486.pdf/2d4e6e59-03a9-ed91-26d7-332869bf3b47>

De Melo e Silva Neto, C., Gomes-Lima, F., Bastos-Gonçalves, B., Lima-Bergamini, L., Araújo-Ribeiro Bergamini, B., da Silva Elias, M. A., & Villaron-Franceschinelli, E. (2013). *Native bees pollinate tomato flowers and increase fruit production.* *J. Pollinat. Ecol* 11(6), 41-45. doi: <http://dx.doi.org/10.26786/1920-7603%282013%294>

Delannay, X., La Vallee, B. J., Proksch, R. K., Fuchs, R. L., Sims, S. R., Greenplate, J. T., Marrone P. G., Dodson, R. D., Augustine, J. J., Layton, J. G., & Fischhoff, D. A. (1989). *Field performance of transgenic tomato plants exoressing the Bacillus thuringiensis var. kurstaki insect control protein.* *Nat Biotechnol*, 7, 1265-1269. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nbt1289-1265>

Delgado Junchaya, M. & Cedano Saavedra, C. (2010). *Problemática de virosis en especies de Capsicum en el norte del Perú*. Lima: Manufacturas Gráficas SAC.

Elliot, E., & Cole, C. (1989). *A perspective on agroecosystem science*. Ecology, 70(6), 1597-1602. doi: <http://dx.doi.org/10.2307/1938092>

Fischhoff, D. A., Bowdish, K. S., Perlak, F. J., Marrone, P. G., McCormick, S. M., Niedermeyer J. G., Dean, D. A., Kusano-Kretzmer, K., Mayer, E. J., Rochester, D. E., Rogers, S. G., & Fraley, R. T. (1987). *Insect tolerant transgenic tomato plants*. Nat Biotechnol, 5, 807-813. doi: <http://dx.doi.org/10.1038/nbt0887-807>

French, E., & Silva, H. (2006). *Principales enfermedades bacterianas de los cultivos más importantes*. Fitopatología, 41(2), 42-69.

García, E. (2017). *Normas de certificación de café orgánico para exportación por la región San Martín*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2577/FIAI%20-%20INF.%20ING.-Ernesto%20Garcia%20Pinedo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Garry, G., Forbes, G. A., Salas, A., Santa Cruz, M., Perez, W., & Nelson, R. J. (2005). *Genetic diversity and host differentiation among isolates of Phytophthora infestans from cultivated potato and wild solanaceous hosts in Peru*. Plant Pathology, 54, 740-748. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01250.x>

Gatehouse, A., Ferry, N., Edwards, M., & Bell, H. (2011). *Insect-resistant biotech crops and their impacts on beneficial arthropods*. Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci, 366(1569), 1438-1452. doi: <http://dx.doi.org/10.1098/rstb.2010.0330>

Goggin, F., Jla, L., Shah, G., Hebert, S., Williamson, V., & Ullman, D. (2006). *Heterologous expression of the Mi-1.2 gene from tomato confers resistance against nematodes but not aphids in eggplant*. Mol Plant Microbe Interact, 19(4), 383-388. doi: <http://dx.doi.org/10.1094/MPMI-19-0383>

Hardigan, M., Parker, F., Laimbeer, E., Newton, L., Crisovana, E., Hamilton, J., Vaillancourta, B., Wiegert-Riningera, B., Wooda, J., Douchesc, D., Farréa, E., Veilleuxb, R., & Buell, C. (2017). *Genome diversity of tuber-bearing Solanum uncovers complex evolutionary history and targets of domestication in the cultivated potato*. Proc Natl Acad Sci, 114(46), E9999-E10008. doi: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.1714380114>

Hart, R. (1985). *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Recuperado de <https://vdocuments.mx/agroecosistemas-conceptos-basicos-robert-hart.html>

Hodgetts, J., Chuquillanqui, C., Muller, G., Arocha, Y., Gamarra, D., Pinillos, O., Velit, E., Lozada, P., Boa, E., Boonham, N., Mumford, R., Barker, I., & Dickinson, M. (2009). *Surveys reveal the occurrence of phytoplasmas in plants at different geographical locations in Peru.* *Ann Appl Biol*, 155(1), 15-27. doi: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00316.x>

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario 2012.* Recuperado de <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/#:~:text=El%20IV%20Censo%20Nacional%20Agropecuario,recojo%20de%20las%20declaraciones%20de>

International Plant Biotechnology Outreach (IPBO). (2017). *Cotton in Africa.* Recuperado de http://ipbo.vib-ugent.be/wp-content/uploads/2015/02/Cotton-in-Africa_2017_LR_FINAL.pdf

International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2019). *International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications.* Recuperado de <http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/advsearch/default.asp?CropID=3&TraitTypeID=Any&DeveloperID=15&CountryID=BR&ApprovalTypeID=Any>

Kesarwani, M., Azam, M., Natarajan, K., Mehtaand, A., & Datta, A. (2000). *Oxalate decarboxylase from *Collybia velutipes*: Molecular cloning and its overexpression to confer resistance to fungal infection in transgenic tobacco and tomato.* *J. Biol. Chem.*, 275(10), 7230-7238. doi: <http://dx.doi.org/10.1074/jbc.275.10.7230>

Koul, B., Srivastava, S., Sanyal, I., Tripathi, B., Sharma, V. & Vijay, D. (2014). *Transgenic tomato line expressing modified *Bacillus thuringiensis cry1Ab* gene showing complete resistance to two lepidopteran pests.* *SpringerPlus*, 3, 84. doi: <http://dx.doi.org/10.1186/2193-1801-3-84>

Lin, W., Lu, S., Wu, J., Cheng, M., Lin, Y., Yang, N., Black, L., Green, S., Wang, J., & Cheng, C. (2004). *Transgenic tomato plants expressing the *Arabidopsis NPR1* gene display enhance resistance to a spectrum of fungal and bacterial diseases.* *Transgenic Res.*, 13, 567-581. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s11248-004-2375-9>

Magarinos, B., & Cobo, N. (2017). El Derecho a la Alimentación como fuente de responsabilidad: El caso de la contaminación del maíz por organismos genéticamente modificados. En: O. C. Restrepo-Yepes & C. A. Molina-Saldarriaga (Eds.), *Derecho a la alimentación en el contexto latinoamericano* (pp. 207-247). Medellín: Universidad de Medellín. Recuperado de https://www.anahuac.mx/mexico/EscuelasyFacultades/bioetica/sites/default/files/inline-files/CIBIGA_Derecho_a_la_alimentacion.pdf#page=207

McDougall, P. (2011). *The Cost and Time Involved in the Discovery, Development and Authorization of a New Plant Biotechnology Derived Trait.* Recuperado de <https://croplife.org/wp-content/uploads/2014/04/Getting-a-Biotech-Crop-to-Market-Phillips-McDougall-Study.pdf>

Mendoza, R. & Espinoza, A. (2017). *Guía técnica para muestreo de suelos*. Recuperado de <https://repositorio.una.edu.ni/3613/1/P33M539.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2005). *Decreto Supremo n.° 008-2005-AG - Aprueban Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Senasa*. Lima. Recuperado de <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/jer/GESTION/DS%20008-2005-AG%20y%20modificatoria.pdf>

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2006a). *Decreto Supremo n.° 043-2006-AG - Aprueban categorización de especies amenazadas de flora silvestre*. Lima. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-categorizacion-especies-amenazadas-flora-silvestre>

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2006b). *Decreto Supremo n.° 061-2006-AG - Establecen el Registro Nacional de Organismos de Certificación de la Producción Orgánica*. Lima. Recuperado de https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/jer/SUB_SECC/DS_061-2006-AG.pdf

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2012). *Decreto Supremo n.° 010-2012-AG. Reglamento de la Ley n.° 29196 - Ley de Promoción de la Producción Orgánica y Ecológica*. Lima. Recuperado de http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/marcolegal/normaslegales/decretosupremos/2012/ds_010-2012-ag.pdf

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2014). *Decreto Supremo n.° 010-2014-MINAGRI - Aprueban Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA*. Lima. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2014/11293-decreto-supremo-n-010-2014-minagri>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2015). *Estudio socio económico del tomate nativo cultivado en la región San Martín*. Recuperado de https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/ldb_tomate_sociosanmartin_15.pdf

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2016). *Clasificación Nacional de Productos Agrarios (CNPA)*. Recuperado de https://repositorio.minagri.gob.pe/jspui/bitstream/MINAGRI/137/1/CNPA_2016_Minagri.pdf

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2018a). *Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA)*. Recuperado de <http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/>

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2018b). *Decreto Supremo n.° 001-2018-MINAGRI - Decreto Supremo que modifica el Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio de Agricultura y Riego, aprobado por Decreto Supremo n.° 008-2014-MINAGRI*. Lima. Recuperado de <https://www.minagri.gob.pe/portal/decreto-supremo/ds-2018/20664-decreto-supremo-n-001-2018-minagri>

Ministerio de Agricultura y Riego (Minagri). (2020). *Resolución Ministerial n.° 0142-2020-MINAGRI. Dan por concluido el proceso de transferencia de las funciones de la Autoridad en Semillas del Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA al Servicio Nacional de Sanidad Agraria - Senasa.* Lima. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/863078/RM_142-2020-MINAGRI-CUT_5280-2020.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009a). *Decreto Supremo n.° 003-2009-MINAM - Que eleva a rango de Decreto Supremo la Resolución Ministerial n.° 087-2008-MINAM y ratificación de la aprobación del Reglamento de Acceso a Recursos Genéticos efectuada por la referida Resolución.* Lima. Recuperado de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2009-minam-y-anexo.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009b). *Decreto Supremo n.° 012-2009-MINAM - Política Nacional del Ambiente.* Lima. Recuperado de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_012-2009-minam.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2012). *Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM - 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.* Lima. Recuperado de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_008-2012-minam.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2014). *Informe Final Servicio de elaboración de un documento técnico sobre especies de plantas domesticadas y parientes silvestres para la gestión del acceso a los recursos genéticos.* Lima. Recuperado de http://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/10/especies_domesticadas_fparra_2014.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2016). *Decreto Supremo n.° 006-2016-MINAM - Procedimiento y Plan Multisectorial para la Vigilancia y Alerta Temprana respecto de la Liberación de OVM en el Ambiente.* Lima. Recuperado de http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/07/DS_006-2016MINAM.pdf

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2017). *Decreto Supremo n.° 013-2017-MINAM - Reglamento de Organización y Funciones del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA).* Lima. Recuperado de <https://www.gob.pe/institucion/oeфа/normas-legales/1211414-013-2017-minam>

Ministerio del Ambiente (MINAM). (2018). *Resolución Ministerial n.° 440-2018-MINAM. Resolución Ministerial que aprueba el Mapa Nacional de Ecosistemas; Aprobar el documento denominado “Memoria Descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas” y Aprobar el documento denominado “Definiciones Conceptuales de los Ecosistemas”.* Lima. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/300081/d263479_opt.pdf

Ministerio del Medio Ambiente de Chile. (2014). *Guía Metodológica para la Evaluación de Riesgos Ambientales de Vegetales Genéticamente Modificados (VGM), con Guía Electrónica de Metodologías (GEM) para su uso.* Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/262766261_Guia_Metodologica_para_la_evaluacion_de_riesgos_ambientales_de_vegetales_geneticamente_modificados_VGM_con_guia_electronica_de_metodologias_GEM_para_su_uso

Morales, M., Espinosa, G., Morales, A., Sánchez B., Jiménez, A., & Milián, Y. (2014). *Caracterización morfológica y evaluación de resistencia a Fusarium oxysporum en especies silvestres del género Solanum sección Lycopersicon*. Rev. colomb. biotecnol, 16(1), 62-73. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v16n1.38259>

Mostacero, J., Mejía, F., & Gamarra, O. (2009). *Fanerógamas del Perú*. Taxonomía, Utilidad y Ecogeografía. Trujillo, Perú: Graficart SRL.

Murra, J. (2002). *El mundo andino: población, medio ambiente y economía*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/430057214/El-Mundo-Andino-Poblacion-Medio-Ambiente-y-Economia-John-v-Murra>

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). (1976). *Mapa Ecológico del Perú*. Recuperado de <http://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1052>

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Rio de Janeiro. Recuperado de <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2009). *Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura*. Roma. Recuperado de http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/hnd/files/Tratado_internacional_sobre_los_recursos_fitogeneticos_para_la_alimentacion_y_la_agricultura.pdf

Osman, J. (2008). *Antagonismo in vitro de cepas nativas y de colección (ATCC) de Bacillus subtilis frente a Erwinia carotovora y Rhizoctonia solani* (Tesis de licenciatura). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fco.83a/doc/fco.83a.pdf>

Pavan Kumar, P., Dhorey, R. K., & Singh, S. N. (2019). *Profile Characteristics of Farmers in Adoption of BT Cotton*. Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci., 8(1), 2373-2378. Recuperado de <https://www.ijcmas.com/8-1-2019/P.%20Pavan%20Kumar,et%20al.pdf>

Peralta, I., & Spooner, D. (2007). History, origin and early cultivation of tomato (Solanaceae). En: M. K. Razdan & A. K. Mattoo (Eds.), *Genetic Improvement of Solanaceous Crops, Volume 2: Tomato* (pp. 1-24). New Hampshire: Science Publishers.

Peralta, I., Spooner, D., & Knapp, S. (2008). *Taxonomy of wild tomatoes and their relatives (Solanum sections Lycopersicoides, Juglandifolia, Lycopersicon; Solanaceae)*. Systematic Botany Monographs, (84), 1-186.

Prates, L., Politis, G., & Perez, S. (2020). *Rapid radiation of humans in South America after the last glacial maximum: A radiocarbon-based study*. PLoS ONE, 15(7): e0236023. doi: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0236023>

Presidencia del Consejo de Ministros del Perú (PCM). (2001). *Decreto Supremo n.° 068-2001-PCM - Reglamento de la Ley sobre Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica*. Lima. Recuperado de <http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/PUBL1384.pdf>

Presidencia del Consejo de Ministros del Perú (PCM). (2002). *Decreto Supremo n.° 108-2002-PCM - Reglamento de la Ley de Prevención de Riesgos Derivados del uso de la Biotecnología*. Lima. Recuperado de https://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/NormasSustantivas/N_09_Decreto_Supremo_N_108-2002-PCM.pdf

Presidente de la República del Perú. (2008). *Decreto Legislativo n.° 1013 - Decreto Legislativo que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente*. Lima. Recuperado de <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Creaci%C3%B3n-MINAM-D.Legislativo.1013.pdf>

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2019). *El Reto de la Igualdad - Una lectura de las dinámicas territoriales en el Perú*, Lima, Perú: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.

Pulgar Vidal, J. (1987). *Geografía del Perú. Las Ocho Regiones Naturales. La regionalización transversal. La microregionalización*. Lima: Editorial PEISA.

Razifard, H., Ramos, A., Valle, A., Bodary, C., Goetz, E., Manser, E., Li, X., Zhang, L., Visa, S., Tieman, D., Knaap, E., & Caicedo, A. (2020). *Genomic Evidence for Complex Domestication History of the Cultivated Tomato in Latin America*. *Mol. Biol. Evol.*, 37(4), 1118-1132. doi: <http://dx.doi.org/10.1093/molbev/msz297>

Redolfi, I., & Marín, R. (1992). *Los controladores biológicos de Spodoptera eridania (Cramer) en la costa central del Perú*. *Rev. Per. Entomol*, 35, 121-124.

Restrepo, J., Ange, D., & Prager, M. (2000). *Agroecología*. Recuperado de http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Agroecologia.pdf

Rhim, S., Cho, H., Kim, B., Schnetter, W., & Geider, K. (1995). *Development of insect resistance in tomato plants expressing the δ -endotoxin gene of Bacillus thuringiensis subsp. tenebrioni*. *Mol. Breed.*, 1, 229-236. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02277423>

Rick, C. M., & Holle, M. (1990). *Andean Lycopersicon esculentum var. cerasiforme: Genetic variation and its evolutionary significance*. *Econ. Bot.*, 44(3 Supplement), 69-78. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02860476>

Saker, M., Salama, H., Salama, M., El-Banna, A., & Abdel Ghany N. (2011). *Production of transgenic tomato plants expressing Cry 2Ab gene for the control of some lepidopterous insects endemic in Egypt*. *J Genet Eng Biotechnol*, 9, 149-155. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jgeb.2011.08.001>

Salvador, M. (2005). *Incidencia poblacional de Rotylenchulus reniformis, Linford y Oliveria, (nematodo del riñón) y selección de cultivos prioritarios resistentes.* (Tesis de maestría). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/100411/D-65747.pdf>

Sánchez, Y., Gonzáles, M., Soto, J., Acuña, G., Armas, D., & Brito, G. (s.f.). *Estudios de la Biología de la floración – fructificación y ritmo de la antesis durante el proceso de hibridación en el cultivo del tomate (Lycopersicon esculentum, Mill).* Revista Agroecología de Cuba, 29(1). Recuperado de http://www.actaf.co.cu/revistas/agroecologia_05_2008/agrot2005-1/AGEN12.pdf

Särkinen, T., Baden, M., Gonzales, P., Cueva, M., Giacomin, L., Spooner, D., & Knapp, S. (2015). *Listado anotado de Solanum L. (Solanaceae) en el Perú.* Rev. peru. biol., 22(1), 003-062. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v22i1.11121>

Schaefer, S., Gasic, K., Cammue, B., Broekaert, W., van Damme, E.J.M., Peumans, W.J., & Korban, S. (2005). *Enhanced resistance to early blight in transgenic tomato lines expressing heterologous plant defense genes.* Planta, 222, 858-866. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00425-005-0026-x>

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (SCDB). (2011). *Protocolo de Nagoya – Kuala Lumpur sobre Responsabilidad y Compensación Suplementario al Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología.* Montreal. Recuperado de https://www.wipo.int/edocs/lexdocs/treaties/es/cbd-sp/trt_cbd_sp.pdf

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (SCDB). (2000). *Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica.* Montreal. Recuperado de <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/cartagena-protocol-es.pdf>

Serrepe Ascensio, A. (2017). *El habla de los Mochicas.* Tomo I: Muchik: Historia de la gramática. Chiclayo.

Shelton, A., Hossain, M., Paranjape, V., Azad, A., Rahman, M., Khan, A., Prodhan, M., Rashid M., Majumder R., Hossain M., Hussain S., Huesing J., & McCandless L. (2018). *Bt Eggplant Project in Bangladesh: History, Present Status, and Future Direction.* Front. Bioeng. Biotechnol, 6, 106. doi: <http://dx.doi.org/10.3389/fbioe.2018.00106>

Sierra-Muñoz, J. C., Siquieros-Delgado, M. E., Flores-Ancira, E., Moreno-Rico, O., & Arredondo-Figueroa, J. L. (2015). *Riqueza y distribución de la familia Solanaceae en el estado de Aguascalientes, México.* Bot. sci, 93(1), 97-117. doi: <http://dx.doi.org/10.17129/botsci.63>

Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (SISEX). (2019). *Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior.* Recuperado de http://www.siicex.gob.pe/siicex/portal5ES.asp?_page_=160.00000

Sotomayor, D., Zorrilla, C., & Velasco, E. (2018). *Conservación in situ en el Instituto Nacional de Innovación Agraria del Perú: avances y perspectivas*. Simposio Internacional de Recursos Genéticos para las Américas y El Caribe, 1(1), 305-308. Recuperado de https://figshare.com/articles/Conservaci_n_in_situ_en_el_Instituto_Nacional_de_Innovaci_n_Agraria_del_Per_avances_y_perspectivas_In_situ_conservation_at_the_National_Institute_of_Agricultural_Innovation_progress_and_perspectives_/6856601

Spinoglio, F. (2017). *Las pirámides etnolingüísticas* (Tesis de doctorado). Universitat de Barcelona, Barcelona, España. Recuperado de https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/459071/FRANCESCO%20SPINOGLIO_TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Spooner, D. M., McLean, K., Ramsay, G., Waugh, R., & Bryan, G. J. (2005). *A single domestication for potato based on multilocus amplified fragment length polymorphism genotyping*. Proc Natl Acad Sci, 102(41), 14694-14699. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.0507400102>

Starr, G., & Hall, P. (1966). *Longevity of Tomato and Potato Seeds*. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts, 56, 107-109. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/23432063?seq=1>

Stevens, P. F. (2017). *Angiosperm Phylogeny Website*. Recuperado de <http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/>

Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria (Sunat). (2019). *Consulta en línea: información acumulada por subpartida nacional y país*. Recuperado de <http://www.aduanet.gob.pe/cl-ad-itestadispartida/resumenPPaisS01Alias?accion=cargarFrmResumenPPais>

Tabaeizadeh, Z., Agharbaoui, Z., HARRAK, H., & Poysa, V. (1999). *Transgenic tomato plants expressing a Lycopersicon chilense chitinase gene demonstrated improved resistance to Verticillium dahliae race 2*. Plant Cell Rep., 19, 197-202. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s002990050733>

Tang, X., M., Kim, Y.J., Zhou, J., Klessig, D.F., & Martin, G.B. (1999). *Overexpression of Pto activates defense responses and confers broad resistance*. Plant Cell, 11(1), 15-29. doi: <http://dx.doi.org/10.1105/tpc.11.1.15>

Tapia, M. E. (1997). *Zonificación agroecológica basada en el uso de la tierra, el conocimiento local y las alternativas de producción*. En: M. E. Tapia. *Manejo Integral de Microcuencas*. Recuperado de <https://docplayer.es/33836971-Zonlfcaclon-agroecologica-basada-en-el-uso-de-la-tierra-el-conocimiento-local-y-las-alternativas-de-produccion.html>

Thomzik, J., Stenzel, K., Stocker, R., Schreier, P., Hain, R., & Stahl, D. (1997). *Synthesis of a grapevine phytoalexin in transgenic tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill.) conditions resistance against *Phytophthora infestans*.* *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 51(4), 265-278. doi: <http://dx.doi.org/10.1006/pmpp.1997.0123>

Teillier, F., Llanquinao, G., & Salamanca, G. (2016). *De qué hablamos cuando hablamos de etnolingüística: bases teórico metodológicas para un trabajo con el mapuzugun.* *Revista de Lingüística Teórica y Aplicada*, 54(2), 137-161. doi: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-48832016000200007>

Tomato Genetics Resource Center. (2013). *Recommendation for flowering and reproducing wild tomato species.* California: University of California, Davis.

Vargas, D. (2008). *Caracterización ecogeográfica y etnobotánica, y distribución geográfica de *Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme* (Solanaceae) en el Occidente de México.* (Tesis de doctorado). Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México. Recuperado de http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4525/Vargas_Canela_Diego.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vilchez, D., Sotomayor, D., & Zorrilla, C. (2019). *Prioridades para la conservación ex situ de las especies silvestres de tomate del Perú (*Solanum* L. Sect. *Lycopersicum* (Mill.) Wettst.).* *Ecología Aplicada*, 18(2), 171-183. doi: <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v18i2.1335>

Weberbauer, A. (1945). *El Mundo Vegetal de los Andes Peruanos.* Lima: Lumen S. A.

Westengen, O., Huamán, Z., & Heun, M. (2005). *Genetic diversity and geographic pattern in early South American cotton domestication.* *Theor Appl Genet*, 110, 392-402. doi: <http://dx.doi.org/10.1007/s00122-004-1850-2>.

Xue, B., Gonsalves, C., Provvidenti, R., Slightom, J. L., Fuchs, M., & Gonsalves, D. (1994). *Development of transgenic tomato expressing a high level of resistance to cucumber mosaic virus strains of subgroups I and II.* *Plant Dis.*, 78(11), 1038-1041. Recuperado de https://www.apsnet.org/publications/plantdisease/backissues/Documents/1994Articles/PlantDisease78n11_1038.PDF

Anexo 1:

Metodología utilizada para el levantamiento de muestras e información

Anexo 1-A:

Metodología para la prospección de germoplasma y toma de muestras para herbario de las especies del tomate cultivado y sus parientes silvestres

Se realizó la prospección de la diversidad del tomate cultivado y silvestre en 341 distritos a nivel nacional. Para ello, se utilizó la metodología que se detalla a continuación.

Georreferenciación de puntos de prospección

Se estableció como punto referencial el lugar de registro de la población o la planta de tomate mediante el uso de un GPS portátil, registrando la posición en proyección UTM y sistema WGS 84, así como la altitud en metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.).

Recolección de muestras de tomate cultivado y sus parientes silvestres

En las zonas de evaluación, se realizó la colecta de muestras botánicas con frutos y semillas (en la medida de su disponibilidad) en los individuos con estructuras reproductivas. Caso contrario, las muestras botánicas estaban formadas solo por estructuras vegetativas. Se colectó al menos una muestra de cada especie de tomate registrada en los 341 distritos establecidos.

Recolección de semillas

Para el caso del tomate cultivado, *Solanum lycopersicum* variedad *lycopersicum*, se colectaron las semillas de acuerdo a la disponibilidad del agricultor. Mientras que, en el caso de las especies de tomate silvestre, se colectaron frutos de acuerdo a la disponibilidad de las mismas en la población de plantas encontradas. Las muestras fueron colocadas en bolsas de papel codificadas para su posterior registro en la base de datos y entrega al Banco de Germoplasma del INIA para su conservación.

Colectas botánicas

La colecta de muestras botánicas es un factor indispensable para la identificación y descripción morfotaxonomía de las especies vegetales.

Se colectaron tres ejemplares por cada hallazgo, seleccionando una porción que contuviese las estructuras indispensables para su identificación; es decir, secciones de ramas terminales con hojas, flores y frutos inmaduros o maduros de ser posible. De la misma manera se realizó el registro de lugar, fecha, nombre del colector(es), características fenológicas y morfotaxonomías más importantes y características de hábitat, y se tomó una fotografía de cada muestra antes del prensado. Adicionalmente, se realizó una entrevista al dueño del cultivo en el caso del tomate cultivado.

La identificación de las muestras fue realizada con el uso de la clave de las especies de la Sección *Lycopersicon* elaborada por Peralta *et al.* (2008). La información fue ingresada en el formato de ficha de colecta del Herbario PRG de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (UNPRG) de Lambayeque y las muestras fueron montadas para su conservación en el Herbario PRG. La base de datos de las prospecciones y recolecciones de germoplasma se desarrolló tomando como base los descriptores para el tomate de *Bioversity International* (antes IPGRI o IBPGR).

Anexo 1-B:

Metodología para el registro de los organismos y microorganismos blanco y no blanco

Teniendo en cuenta la información de intenciones de siembra de tomate del Minagri (ahora Midagri) y subsecuente confirmación con las agencias agrarias, se identificaron 16 distritos donde se tomaron las muestras de los organismos y microorganismos. Se seleccionó un distrito por cada departamento prospectado durante los años 2018 y 2019 (Tabla 11).

Tabla 11. Distritos de muestreo de organismos y microorganismos por región natural y departamento (prospecciones 2018-2019)

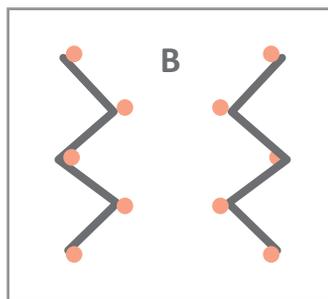
	Región Natural	Departamento	Provincia	Distrito
1	Rupa rupa	Amazonas	Utcubamba	Jamalca
2	Yunga marítima	Áncash	Huarmey	Huarmey
3	Yunga fluvial	Apurímac	Chincheros	Los Chankas
4	Yunga marítima	Arequipa	Caylloma	Majes
5	Yunga fluvial	Cajamarca	Cutervo	Sócota
6	Yunga fluvial	Huánuco	Huánuco	Huánuco
7	Chala	Ica	Nazca	Vista Alegre
8	Chala	La Libertad	Trujillo	Moche
9	Chala	Lambayeque	Chiclayo	Reque
10	Chala	Lima	Huaral	Chancay
11	Omagua	Madre de Dios	Tambopata	Tambopata
12	Yunga marítima	Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua
13	Rupa rupa	Pasco	Oxapampa	Villa Rica
14	Chala	Piura	Piura	Tambo Grande
15	Chala	Tacna	Tacna	Calana
16	Chala	Tumbes	Contra Almirante Villar	Casitas

Se tomaron muestras pareadas en cada uno de los distritos: una tomada en la parcela donde se cultiva tomate y otra en un campo aledaño donde no se cultiva tomate, dentro de un perímetro de 50 m. alrededor de la parcela de tomate.

a. Técnica de muestreo de organismos y microorganismos

En el campo identificado, se traza un zigzag imaginario (Mendoza y Espinoza, 2017), que consiste en líneas cruzadas, que se forman caminando unos 25 a 30 pasos desde cada punto seleccionado de muestreo, y cada vértice del zigzag se constituye en un punto de muestreo (Figura 19).

Figura 19: Zigzag imaginario trazado en el campo para el muestreo de organismos y microorganismos



Fuente: Mendoza y Espinoza (2017).

b. Colecta de insectos

Teniendo en cuenta el estado de desarrollo del cultivo, se tomaron las siguientes submuestras:

De acuerdo con la metodología propuesta por Sánchez y Sarmiento (2012) para el estado de desarrollo del cultivo, se tomaron submuestras siguiendo los siguientes criterios:

- Cuando se tiene una planta pequeña o tiene entre dos a cuatro hojas: una planta completa.
- Cuando se encuentran plantas en crecimiento: el cogollo y las tres o cuatro primeras hojas.
- Cuando se tiene plantas desarrolladas: el tallo con hojas y flores.
- Cuando se encuentra una planta madura: un fruto maduro.

Se recolectaron todos los insectos capturados, incluidos los considerados plaga y no plaga. Utilizando redades se colectaron insectos que vuelan (dípteros, lepidópteros, himenópteros, hemípteros, entre otros); utilizando la mano o una pinza se recolectaron los artrópodos en estado inmaduro (larvas, ninfas y pupas) de coleópteros y hemípteros, así como pulgones y queresas. Los insectos capturados fueron introducidos en la cámara letal, que fue cerrada herméticamente, y luego fueron remitidos al Laboratorio de Entomología de la UNPRG para su posterior montaje, identificación y conservación.

c. Muestreo de microorganismos asociados al tomate

A lo largo del zigzag imaginario, se buscaron y colectaron 20 hojas del tercio medio de la planta que presentaban síntomas y signos de enfermedades. Las hojas colectadas se colocaron con papel toalla en una bolsa de plástico con su respectiva ficha de identificación y se conservaron bajo sombra y en cajas refrigerantes, hasta su envío al laboratorio dentro de las 24 horas siguientes.

d. Muestreo de microorganismos del suelo

Las muestras del suelo fueron tomadas de la rizósfera de la planta en las parcelas con cultivo de tomate. En los vértices del zigzag imaginario,

se tomaron 10 muestras simples de 0,5 kg de peso cada una, luego se mezclaron, homogenizaron y finalmente se tomó una muestra de suelo compuesta de 0,5 kg.

Se extrajo el suelo de una profundidad y diámetro de 30 cm, retirando previamente 5 cm de la superficie del punto muestreado. Se quitaron los materiales no correspondientes de la muestra de suelo y luego se acondicionó una bolsa de plástico transparente de primer uso con la ficha de identificación respectiva. Las muestras de suelo recolectadas se conservaron cubiertas, bajo sombra o en una caja refrigerante y se enviaron al laboratorio dentro de las 24 h de recolectadas.

Anexo 1-C:

Metodologías para las encuestas a los productores

El protocolo consistió en la aplicación de encuestas semiestructuradas a un conjunto de agricultores (población muestral). La información recogida fue complementada con entrevistas a especialistas de diferentes ramas de las ciencias sociales y naturales (antropólogos, sociólogos, agrónomos, biólogos y otros).

El procedimiento para determinar la muestra poblacional para la realización de las encuestas socioeconómicas se basó en la muestra probabilística aleatoria simple establecida en el estudio socioeconómico del tomate nativo cultivado en la región San Martín (MINAM, 2015), que señala lo siguiente:

- **Universo:** está constituido por agricultores segmentados en dos tipos: i) agricultores en general para aquellos distritos seleccionados a prospectar y no existen estadísticas de cultivo de tomate y ii) agricultores que cultivan tomate en aquellos distritos seleccionados donde se tiene registros de cultivo de tomate. En todos los casos, se utilizaron como referencia las estadísticas del IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012) (Tabla 12).
- **Muestra:** el tamaño de la muestra se calculó de acuerdo a la siguiente fórmula estadística:

$$n = \frac{Z^2 p q N}{NE^2 + Z^2 pq}$$

Donde:

N: Población

Z: Valor correspondiente a la distribución de Gauss, para un nivel de confianza al 95 %

E: Error experimental

p: Prevalencia esperada del parámetro a evaluar

q: 1-p

n: Tamaño de la muestra

Tabla 12: Tamaño de la muestra por año de prospección

Símbolo	2015	2016	2018-2019
N	22716.00	4186.00	1979.00
Z	1.96	1.96	1.96
E	0.20	0.10	0.10
p	0.50	0.50	0.50
q	0.50	0.50	0.50
n	24.00	342.00	92.00

Teniendo en cuenta el tamaño de la muestra antes determinado (agricultores), se procedió a calcular la probabilidad que permita establecer el número de encuestas a realizar por cada distrito aplicando la siguiente fórmula, cuyos valores se muestra en laTabla 13.

$$\text{Probabilidad calculada} = \frac{\text{Tamaño de la muestra}}{\text{Población}}$$

Tabla 13: Número de encuestas por año en que se realizaron las prospecciones

Descripción	2015	2016	2018-2019
Población	22716	4186	1979
Tamaño de la muestra	24	342	92
Probabilidad calculada	0.00106	0.0816613	0.00219
Número de encuestas	24	440	276

Anexo 2:

Eventos OVM autorizados en tomate, características y situación actual

Especie	Evento	Empresa desarrolladora	País	Año autorización	Genes introducidos	Características	Condición actual
<i>S. lycopersicum</i>	1345-4	DNA Plant Technology Corporation	EE. UU.	1995: EEUU (L, FFP) 1995: CAN (FFP) 1998: MEX (FFP)	<i>accD/nptII</i>	Tomates de maduración tardía, creados mediante la introducción de una secuencia de genes que codifica la enzima 1-amino-ciclopropano-1-ácido carboxílico sintasa (ACC) que metaboliza el precursor de la hormona de maduración de la fruta etileno. Presenta resistencia a la kanamicina como gen selector.	Comercializado por poco tiempo
<i>S. lycopersicum</i>	35-1-N	Agritope, inc	EE. UU.	1996: EEUU (L, FFP)	<i>K-sam/nptII</i>	Tomate de maduración tardía debido a la expresión de la enzima S-adenosilmetionina hidrolasa del bacteriófago T3 de <i>E. coli</i> . Presenta resistencia a la kanamicina como gen selector.	No comercializado
<i>S. lycopersicum</i>	5345	Monsanto	EE. UU.	1998: EEUU (L, FFP)	<i>cry1Ac / nptII</i>	Tomate con resistencia contra insectos lepidópteros mediante la inserción de una copia del gen Cry1Ac. Presenta resistencia a la kanamicina como gen selector.	No comercializado
<i>S. lycopersicum</i>	8338	Monsanto	EE. UU.	1995: EEUU (L, FFP)	<i>accD/nptII</i>	Tomate de maduración tardía por la introducción del gen para la desaminasa del ácido 1-amino-ciclopropano-1-carboxílico (ACC) derivada de una bacteria del suelo no patógena (<i>Pseudomonas chlororaphis</i>) que metaboliza el precursor de la hormona de maduración de la fruta etileno. Presenta resistencia a la kanamicina como gen selector.	No comercializado
<i>S. lycopersicum</i>	Flavr Savr	Calgene / Monsanto	EE. UU.	1992: EEUU (L) 1994: EEUU (FFP) 1995: CAN (FFP) 1997: MEX (FFP)	<i>anti-PG/nptII</i>	Tomate de maduración tardía por inserción de gen "antisentido" de la enzima poligalacturonasa (PG) que degrada la pectina. Presenta resistencia a la kanamicina como gen selector.	Cultivado de 1994 a 1997
<i>S. lycopersicum</i>	66-51/08 (B)	Zeneca Plant Science / Syngenta	EE. UU.	1995: EEUU (L, FFP) 1996: MEX (FFP)	<i>anti-PG/nptII</i>	Tomate de maduración tardía por inserción de gen "antisentido" de la enzima poligalacturonasa (PG) que degrada la pectina. Presenta resistencia a la kanamicina como gen selector.	No comercializado
<i>S. lycopersicum</i>	87-22/08 (Da)	Zeneca Plant Science / Syngenta	EE. UU.	1995: EEUU (L, FFP) 1996: MEX (FFP)	<i>anti-PG/nptII</i>	Tomate de maduración tardía por inserción de gen "antisentido" de la enzima poligalacturonasa (PG) que degrada la pectina. Presenta resistencia a la kanamicina como gen selector.	Producido de 1996-1999 para producción de pasta de tomate
<i>S. lycopersicum</i>	88-32/13 (F)	Zeneca Plant	EE. UU.	1994: EEUU (FFP)	<i>anti-PG/nptII</i>	Tomate de maduración tardía por inserción de gen "antisentido" de la enzima poligalacturonasa (PG) que degrada la pectina. Presenta resistencia a la kanamicina como gen selector.	Producido de 1996-1999 para producción de pasta de tomate
<i>S. lycopersicum</i>	Huafan Nº. 1	Huazhong Agric. Univ.	China	1997: CHN (L, FFP)	<i>anti-efe</i>	Tomate de maduración tardía por inserción de ARN antisentido del gen 1-amino-ciclopropano -1-carboxilato oxidasa (ACO) (no se produce enzima ACO funcional)	Ya no es cultivado
<i>S. lycopersicum</i>	Da Dong Nº. 9	Inst. of Microbiology CAS	China	1997: CHN (L, FFP)	<i>anti-efe</i>	Tomate de maduración tardía por inserción de ARN antisentido del gen 1-amino-ciclopropano -1-carboxilato oxidasa (ACO) (no se produce enzima ACO funcional)	Ya no es cultivado
<i>S. lycopersicum</i>	PK-TM8805R	Beijing University	China	199: CHN (L, FFP)	<i>cmv cp</i>	Tomate con resistencia al cucumovirus mosaico del pepino (CMV) a través del mecanismo de "resistencia derivada de patógenos".	Ya no es cultivado

Anexo 3: Volumen (peso neto en kilogramos) de importación de semillas de tomate cultivado por país de procedencia

País de procedencia/año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
China	123,03	101,69	90,43	195,56	500	248,14	214,26	188,96	188,16	85,65	522,84	2458,72
Tailandia	0,01	50,49	31,99	7,89	24,26	4,32	44,35	55,87	59,65	50,17	66,17	395,17
Estados Unidos	525,27	994,1	1215,17	473,47	1030,60	586	849,01	723,09	727,87	850,32	1176,89	9151,79
Israel	7,49	20,51	11,32	35,46	39,2	42,67	21,92	8,71	9,1	3,03	3,22	202,63
Chile	0,01	0	3,86	1,78	0,65	0	0,79	0	0	0,35	3,77	11,21
Brasil	0	0	1,09	0	0,06	0,65	0,04	0	0	1,29	1,99	5,12
Países Bajos	0,17	0,04	0,04	0,74	0,09	0,94	5,54	5,54	3,85	2,95	1,68	21,58
México	2,38	0	0	0,01	0,01	0,03	0,19	0,17	1,96	1,73	0,75	7,23
Italia	75,83	489,24	43,23	421,12	185,5	20	0,85	1,35	2,8	0,81	1,02	1241,75
India	100,24	0	0	0	0	1,12	1,55	0	6,46	0	1,65	111,02
Tanzania	0	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0,01	0,4	0,44
Guatemala	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0,11	0,5	0,62
República de Corea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2
Vietnam	2	0	0	0	0	0	0	0	0,07	0	0	2,07
Francia	0,34	0,25	0,43	0,26	0,08	0,22	0	0,12	0	0	0	1,7
Taiwan	0	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0,02
Japón	0,01	0	0	0	0,02	0	0,01	0	0	0	0	0,04
Islandia	0	0	0	0	10,08	14,79	0	0	0	0	0	24,87
Kenia	0	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0	0	0,01
Marruecos	0	0	0	0	0,02	0	0	0	0	0	0	0,02
España	1120,34	265,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1385,74
TOTAL	1957,13	1921,72	1397,56	1136,32	1790,58	918,88	1138,51	983,83	999,92	996,42	1781,08	15021,95

Fuente: Elaboración propia con base a los datos de Sunat-Aduanas, partida arancelaria 1209915000: Importación de semillas de tomates (*Lycopersicum* spp.) 2009 – 2019.

Anexo 4:

Volumen (peso neto en kilogramos) de exportación de semillas de tomate cultivado por país de destino

País de destino / año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Total
Países bajos	4082,1	4231,28	6456,69	6077,95	7516,47	6103,92	6548,56	6989,8	9185,86	11587,24	9452	78231,87
Estados Unidos	954,14	2034,4	1858,28	1556,11	1422,75	406,31	1616,67	1118,73	504,13	504,13	1289,91	13265,56
China	0	0	108,39	0	0	0	0	0	30,55	30,55	0	169,49
Francia	15,86	73,11	51,98	62,37	7,67	76,56	186,32	311,89	90,43	90,43	213	1179,62
Reino Unido	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	392	392
Israel	40	0	0	0	0	5,61	107,79	87,04	859,42	142,3	174,02	1416,18
Brasil	0	0	0	0	0	0	21	0	2,13	2,13	152	177,26
Turquía	0	0	0	0	0	0	0	0	18,75	18,75	48	85,5
España	0	0	0	0	0	0	0	0	15,27	15,27	22	52,54
Italia	0	0	0	0	0	0	9,15	43,25	0	0	10,88	63,28
Chile	0	7,75	0	0	8,85	0	0	0	0	0	8,45	25,05
Japón	0	0	0	0	0	0	0	5,06	0	0	4	9,06
México	0	0	0	0,57	8,6	0	0	0	1,37	1,37	0	11,91
Alemania	0	0	0,43	0	0	16,02	0	0	0	0	0	16,45
TOTAL	5092,1	6346,54	8475,77	7697	8964,34	6608,42	8489,49	8555,77	10707,91	12392,17	11766,26	95095,77

Fuente: Elaboración propia, con base a los datos de Sunat-Aduanas, partida arancelaria 1209915000: Exportación semillas de tomates (*Lycopersicum* spp.) 2009 – 2019.

Anexo 5:

Consideraciones para el análisis de riesgo

Las consideraciones para la evaluación de riesgo al ambiente de tomate OVM se definen en el presente anexo. Al ser el tomate un producto de consumo humano directo en fresco y procesado, es también necesario tomar en cuenta los lineamientos del *Codex Alimentarius* y todas las disposiciones que existen en la materia.

Asimismo, para el caso peruano, por ser centro de origen del tomate, es necesario considerar la evaluación socioeconómica ante un posible escenario de mercado con tomate OVM y analizar cómo afectaría tanto al mercado del tomate convencional como el cultivo de tomate tradicional. En consecuencia, corresponderá a los analistas y tomadores de decisión evaluar si, en dicho escenario, es conveniente autorizar o no la liberación de OVM al ambiente.

El propósito de la evaluación de riesgo es identificar los posibles efectos adversos de los OVM, determinar su probabilidad de ocurrencia y consecuencias en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica en el probable ambiente o medio receptor, sin dejar de lado los riesgos para la salud humana, con el fin de recomendar si el riesgo general estimado es aceptable o manejable, teniendo en cuenta cualquier incertidumbre relevante.

Un punto importante a ser identificado en la evaluación de riesgo es el organismo receptor no modificado u organismo parental, el cual es el organismo que ha servido de base para la modificación genética, es decir, el organismo receptor del transgén, mientras que el medio receptor es el posible lugar donde se hace la liberación de un OVM. Con el fin de tener todas las consideraciones para un análisis del riesgo al ambiente, el presente anexo propone que el medio receptor sea el campo de cultivo.

La evaluación de riesgo es la base para la toma de decisiones fundamentadas por parte de las autoridades competentes con respecto al uso de los OVM. De manera general, la estimación del riesgo se hace mediante la siguiente fórmula:

Riesgo = (Probabilidad de ocurrencia) x (Consecuencia)

Donde:

La **probabilidad de ocurrencia** es la posibilidad de que los efectos adversos ocurran realmente, teniendo en cuenta el nivel y el tipo de exposición del probable medio receptor al OVM. Este punto también se llama evaluación de la exposición, la cual se facilita con la pregunta “¿Cuál es la probabilidad de que esto suceda?”.

La **consecuencia** es el efecto adverso en términos de la magnitud del daño al ambiente. Se puede identificar mediante la pregunta “¿Habría sido un problema?”. Para ello, se dispone o elabora un listado de efectos adversos o listado de peligros a evaluar.

A. Principio de la evaluación de riesgo

Según el Anexo III del Protocolo de Cartagena del CDB, la evaluación de riesgo se rige por los siguientes principios:

- La evaluación del riesgo deberá realizarse de forma transparente y científicamente competente y, al realizarla, deberán tenerse en cuenta el asesoramiento de los expertos y las directrices elaboradas por las organizaciones internacionales pertinentes.
- La falta de conocimientos científicos o de consenso científico no se interpretará necesariamente como indicadores de un determinado nivel de riesgo, de la ausencia de riesgo o de la existencia de un riesgo aceptable.
- Los riesgos relacionados con los OVM o sus productos, por ejemplo, materiales procesados que tengan su origen en OVM o que contengan combinaciones nuevas detectables de material genético replicable que se hayan obtenido mediante el uso de la biotecnología moderna, deberán tenerse en cuenta en el contexto de los riesgos planteados por los receptores no modificados o por los organismos parentales en el probable medio receptor.
- La evaluación del riesgo deberá realizarse caso por caso. La naturaleza y el nivel de detalle de la información requerida pueden variar de un caso a otro, dependiendo del OVM de que se trate, su uso previsto y el probable medio receptor.

B. Metodología de la evaluación de riesgo

El proceso de evaluación del riesgo puede dar origen, por una parte, a la necesidad de obtener más información acerca de aspectos concretos, que podrán determinarse y solicitarse durante el proceso de evaluación y, por otra parte, a que la información sobre otros aspectos pueda carecer de interés en algunos casos.

Para cumplir sus objetivos, la evaluación del riesgo entraña, según proceda, las siguientes etapas:

- Identificación de cualquier característica genotípica y fenotípica nueva relacionada con el OVM que pueda tener efectos adversos en la diversidad biológica y en el probable medio receptor**

Para ello, se considera la siguiente información:

- **Características del ambiente receptor:** este punto caracteriza a los límites geográficos (medio donde puede ocurrir la liberación del OVM) y el alcance temporal (época, estacionalidad, entre otros) en el cual se podría dar la liberación. Para el caso del tomate, los posibles medios podrían ser los que han sido descritos para el cultivo de tomate en el Capítulo 2 (Distribución actual de la diversidad del tomate (incluye los hábitats)) y el Capítulo 4 (Agroecosistemas y regiones naturales (con referencia a las especies silvestres y la especie cultivada)).
- **Construcción genética del OVM:** en este punto se tiene en cuenta al organismo receptor (organismo que ha servido de base para la modificación genética), al organismo donante (organismo de los que provienen los transgenes), las características de los genes introducidos y al constructo (vector e insertos de ADN que contienen los transgenes). Para el caso del tomate, se tiene información de tomate OVM en el Anexo 2 (11 eventos según ISAAA (2019)). Asimismo, se cuenta con información del constructo.
- **Características biológicas del OVM:** en esta parte se caracteriza fenotípicamente al OVM (caso por caso), sus aplicaciones y se detallan los métodos de detección e identificación del OVM. Para el caso del tomate, se tiene información de tomate OVM en el Anexo 2 (11 eventos según ISAAA (2019)). Asimismo, se tiene información de su caracterización fenotípica.
- **Biología del organismo receptor o parental:** aquí se describen las características biológicas del organismo que recibe los transgenes (clasificación taxonómica, origen y hábitat, características fenotípicas, aspectos reproductivos, entre otros). Para el caso del tomate, la caracterización del organismo receptor o parental convencional se describe en el Capítulo 2 (Diversidad del tomate), específicamente en la descripción del tomate cultivado *Solanum lycopersicum* variedades *lycopersicum* y *cerasiforme*.
- **Objetivo o meta de protección:** son los elementos del medio ambiente que se quiere proteger y son el foco de interés del país. Estos objetivos o metas están influenciados por consideraciones éticas, políticas y sociales y pueden ser diferentes entre los países; por ejemplo, la protección del medio ambiente, la conservación y el uso sostenible de la diversidad biológica, entre otros.
- **Puntos finales de evaluación:** son los parámetros para determinar los efectos adversos analizables y cuantificables, por ejemplo, “La abundancia de una especie nativa en el medio receptor donde se libera un OVM en un tiempo dado”. Los criterios para la selección de los puntos finales de evaluación están relacionadas a su relevancia para las metas de protección, a una función ecológica bien definida, a la accesibilidad de las mediciones y el nivel de posible exposición al OVM.

Luego del análisis de los puntos anteriores, se realiza la definición del problema o la identificación del tipo y naturaleza de los efectos adversos que un OVM puede causar al ambiente, organismo, sistema o (sub) población. A este punto también se llama identificación de peligros.

Para el caso del tomate OVM, la identificación del peligro requiere que los analistas caractericen los rasgos genéticos, fisiológicos y de cruzabilidad del tomate OVM y planteen hipótesis sobre los atributos físicos, químicos y

biológicos del medio receptor (lugar donde se hará la liberación del OVM). Luego se debe plantear la pregunta orientadora “¿Qué puede salir mal?”.

Los peligros son usualmente identificados mediante actividades como la lluvia de ideas, la lista de peligros, entre otras. Una lista de peligros relacionados con el tomate OVM puede ser la siguiente:

- Toxicidad del tomate OVM en los agroecosistemas y ecosistemas (regiones naturales)
- Transferencia horizontal de genes de tomate OVM al ambiente
- Interacción entre el tomate OVM con otros organismos u organismos asociados
- Hibridación del tomate OVM con especies nativas o parientes silvestres
- El tomate OVM como vector de enfermedades
- El tomate OVM en los ciclos biogeoquímicos

b. Evaluación de la probabilidad (P) de que esos efectos adversos ocurran realmente (probabilidad de ocurrencia), teniendo en cuenta el nivel y el tipo de exposición del probable medio receptor al organismo vivo modificado

Para ello, se hace la pregunta “¿Cuál es la probabilidad de que esto suceda?”. Para el caso del tomate OVM, se podrían plantear las siguientes preguntas:

- **Para el peligro identificado:** hibridación del tomate OVM con especies nativas o parientes silvestres.
 - ¿Cuál es la probabilidad de que especímenes de tomate OVM se hibriden con especies de tomate convencional (tomate cultivado o tomate silvestre)?
 - ¿Cuál es la probabilidad de que semillas de tomate híbrido OVM-convencional sean viables y se dispersen?
 - ¿Cuál es la probabilidad de que especímenes de tomate híbrido OVM-convencional se reproduzcan y se establezcan naturalmente?
- **Para el peligro identificado:** interacción entre el tomate OVM con otros organismos u organismos asociados.
 - ¿Cuál es la probabilidad de que especímenes de tomate OVM alteren la abundancia de los organismos aéreos asociados al tomate convencional?
 - ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de tomate OVM alteren la abundancia de los organismos del suelo asociados al tomate convencional?

Para responder estas preguntas, se necesita información clave, la cual está relacionada con los aspectos biológicos y de cultivo (reproducción, flujo de polen, flujo de genes, flujo de semillas, aspectos de organismos asociados, entre otros). Para ello, se cuenta con la información en los Capítulos 2 y 3 del presente documento.

Dependiendo de la información, se puede determinar la probabilidad utilizando valores cualitativos como: altamente probable, probable,

improbable, altamente improbable; o cuantitativos, asignando valores que pueden ir en una escala de 0 a 1, siendo 0 improbable y 1 certeza completa.

Asimismo, es necesario tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- **Calidad:** se debe determinar y documentar metodologías científicas válidas para probar cualquier escenario de riesgo identificado.
- **Incertidumbre:** es un elemento integral e inherente al análisis científico y se tiene en cuenta durante todo el proceso de evaluación del riesgo. Según el Protocolo de Cartagena, “cuando haya incertidumbre acerca del nivel de riesgo, se podrá tratar de subsanar esa incertidumbre solicitando información adicional sobre las cuestiones concretas motivo de preocupación o poniendo en práctica estrategias de gestión del riesgo apropiadas y/o vigilando al OVM en el medio receptor”.

c. Evaluación de consecuencias (C) si esos efectos adversos ocurriesen realmente

Para la evaluación de la magnitud de las consecuencias, se hace la siguiente pregunta orientadora “¿Habría sido un problema?”. Para el presente anexo, se proponen las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es la consecuencia de la toxicidad del tomate OVM en los agroecosistemas y ecosistemas (regiones naturales)?
- ¿Cuál es la consecuencia de la transferencia horizontal de genes de tomate OVM en el ambiente?
- ¿Cuál es la consecuencia de la interacción de tomate OVM con otros organismos u organismos asociados?
- ¿Cuál es la consecuencia de la hibridación de tomate OVM con especies nativas o parientes silvestres?

- ¿Cuál es la consecuencia de tomate OVM si se comporta como vector de enfermedades?
- ¿Cuál es la consecuencia de la liberación de tomate OVM en los ciclos biogeoquímicos?

Para responder estas preguntas, se considera que el medio ambiente puede ejercer un cambio en la expresión del transgén, es decir, cambios por la interacción entre el genotipo y el ambiente (GxE). Además, la expresión del transgén puede variar según el genotipo del espécimen modificado y también pueden surgir efectos pleiotrópicos (cuando la expresión de un gen tiene un efecto en la expresión de otro gen u otros genes).

Dependiendo de la información obtenida, se puede determinar la magnitud de la consecuencia utilizando factores cualitativos como: mayor, intermedia, menor y marginal; o cuantitativos, utilizando una escala de 0 a 1, donde 0: no hay consecuencia y 1: existen daños muy graves e irreversibles.

Asimismo, es pertinente tener en cuenta los aspectos de calidad e incertidumbre.

d. Estimación del riesgo, utilizando la información anterior y la matriz de decisión

El riesgo asociado a un OVM se basa en la evaluación de la probabilidad de ocurrencia y la magnitud de las consecuencias de cada uno de los peligros y los efectos adversos identificados.

Los valores cualitativos o cuantitativos establecidos para determinar la probabilidad de ocurrencia y magnitud de daños se pueden transferir a una matriz de riesgo, como en el siguiente ejemplo (Tabla 14):

Tabla 14: Matriz de riesgo asociado a un OVM

Magnitud de la consecuencia	Probabilidad de ocurrencia			
	Altamente probable	Probable	Improbable	Altamente improbable
Mayor	Alta	Alta	Moderada	Moderada
Intermedia	Alta	Moderada	Moderada	Baja
Menor	Moderada	Baja	Baja	Insignificante
Marginal	Baja	Baja	Insignificante	Insignificante

Con esta matriz, se pueden identificar estrategias de gestión del riesgo para prevenir, controlar o mitigar eficazmente las consecuencias de los efectos adversos. Así, el proceso de análisis de riesgo incluye como componente indispensable la gestión del riesgo, que son las medidas que permiten reducir el nivel del riesgo del OVM, con las que se pueden determinar si el riesgo es aceptable o no para la toma de decisiones.

En conjunto, el proceso de evaluación del riesgo puede ser muy iterativo, lo cual significa que en una o más etapas tengan, que ser evaluadas de nuevo, cuando, por ejemplo, haya nueva información disponible en un intento de aumentar el nivel de certidumbre.

Anexo 6:

Muestras depositadas en colecciones científicas para el fortalecimiento de la conservación *ex situ*

Descripción	Cantidad	Institución depositaria
Germoplasma	29 colectas (2016) y 215 colectas (2019)	INIA
Herbario	10 exsiccatas (2016) y 215 exsiccatas (2019)	MOL y PRG, respectivamente
Artrópodos	363 especímenes	Laboratorio de Entomología de la UNPRG
Microorganismos	302 muestras (especímenes)	Laboratorio de Fitosanidad (Chiclayo)



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Ministerio del Ambiente
Av. Antonio Miroquesada 425
Magdalena del Mar, Lima - Perú
(51) 6116000
www.minam.gob.pe