

# Línea de base de la diversidad del ají y rocoto peruano con fines de bioseguridad

Línea de base de la diversidad del ají y rocoto peruano con fines de bioseguridad





## Línea de base de la diversidad del ají y rocoto peruano con fines de bioseguridad

Línea de base de la diversidad del ají y rocoto 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  
gob.pe/minam  
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, noviembre de 2023

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú  
ISBN: 978-612-4174-37-7

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 estricta de los autores y editores de la presente edición.

Equipo de edición temática  
Tulio Medina Hinostroza  
Verónica Cañedo Torres  
César Palomino Ayquipa  
David Castro Garro  
Eliana Yglesias Galvez  
Jessica Amanzo Alcántara  
  
Revisión de contenidos  
Gloria Barboza  
Instituto Multidisciplinario de Biología Vegetal.  
Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.

Agradecimientos

A Rodrigo Rijalba Vela por su apoyo en la ubicación de las especies silvestres de *Capsicum* en el norte peruano.

Al Ing. Tony Suarez Santana de la Gerencia de Recursos Naturales y Gestión del Medio Ambiente del Gobierno Regional de Huancavelica y la Municipalidad Distrital de Huachocholpa, así como a los Ing. Raúl Ccanto Retamozo y Edgar Olivera Hurtado del Grupo Yanapai (ONG) por su apoyo en la ubicación del Mukuru uchu (*C. tovarii*).

A la Ing. Karol Quequezana López, durante su trabajo en la División de Medio Ambiente y Ecología de la Gerencia de Desarrollo Económico y Medio Ambiente de la Municipalidad Distrital de Quellouno, a Alondra Rafael Sota, Marjorie Ildefonso Cornelio, Rafael Acosta Toulíer, Kely Montañez Coiso y la referida municipalidad por su apoyo en la ubicación del Marate (*C. baccatum* variedad *baccatum*).



# Índice

|                                                                                      |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Listado de siglas y acrónimos .....                                                  | 8  |
| Resumen ejecutivo .....                                                              | 10 |
| <b>Capítulo 1</b>                                                                    |    |
| Marco normativo relativo a la gestión de los recursos genéticos y bioseguridad ..... | 13 |
| 1.1. Normas internacionales .....                                                    | 15 |
| 1.2. Normas nacionales .....                                                         | 16 |
| 1.3. Ordenanzas regionales .....                                                     | 18 |
| <b>Capítulo 2</b>                                                                    |    |
| Diversidad del ají y rocoto .....                                                    | 21 |
| 2.1. Clasificación taxonómica .....                                                  | 23 |
| 2.2. Origen, domesticación y diversificación del ají y rocoto.....                   | 24 |
| 2.3. Distribución actual de la diversidad de <i>Capsicum</i> en el Perú .....        | 26 |
| 2.4. Biología floral.....                                                            | 66 |
| 2.5. Flujo de genes.....                                                             | 70 |
| 2.6. Cruzabilidad .....                                                              | 70 |
| 2.7. Flujo de semillas .....                                                         | 72 |
| <b>Capítulo 3</b>                                                                    |    |
| Organismos y microorganismos asociados al cultivo del ají y rocoto .....             | 75 |
| 3.1. Organismos y microorganismos blanco .....                                       | 78 |
| 3.2. Organismos y microorganismos no blanco .....                                    | 82 |

|                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Capítulo 4</b>                                                                                      |     |
| Regiones naturales y agroecosistemas.....                                                              | 89  |
| 4.1. Regiones naturales .....                                                                          | 92  |
| 4.2. Los agroecosistemas donde se cultivan los ajíes y el rocoto .....                                 | 95  |
| <b>Capítulo 5</b>                                                                                      |     |
| Aspectos socioeconómicos y culturales del cultivo del ají y rocoto en el Perú .....                    | 101 |
| 5.1. Descripción socioeconómica y cultural del agricultor (productor) que cultiva ají/rocoto.....      | 103 |
| 5.2. Perfil del agricultor (productor) que cultiva la diversidad de ají/rocoto .....                   | 105 |
| 5.3. Mercado de los <i>Capsicum</i> .....                                                              | 105 |
| <b>Capítulo 6</b>                                                                                      |     |
| Propuesta para la gestión de la diversidad y bioseguridad del ají y rocoto cultivado y silvestre ..... | 111 |
| 6.1. La conservación de la diversidad del <i>Capsicum</i> domesticado y silvestre .....                | 113 |
| 6.2. Utilización sostenible de la diversidad del <i>Capsicum</i> domesticado y silvestre .....         | 116 |
| 6.3. La gestión de la bioseguridad .....                                                               | 116 |
| 6.4. Mercado de semillas con OVM.....                                                                  | 118 |
| 6.5. Riesgos ambientales .....                                                                         | 120 |
| <b>Glosario</b> .....                                                                                  | 122 |
| <b>Bibliografía</b> .....                                                                              | 124 |
| <b>Anexos</b> .....                                                                                    | 138 |





La Libertad - Virú - Virú

# Listado de siglas y acrónimos

|                 |   |                                                                                                |
|-----------------|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ANP</b>      | : | Área Natural Protegida                                                                         |
| <b>CDB</b>      | : | Convenio sobre la Diversidad Biológica                                                         |
| <b>FAO</b>      | : | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura                      |
| <b>GM</b>       | : | Genéticamente modificado                                                                       |
| <b>HCEN</b>     | : | Herbario del Centro                                                                            |
| <b>Indecopi</b> | : | Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual |
| <b>INIA</b>     | : | Instituto Nacional de Innovación Agraria                                                       |
| <b>Midagri</b>  | : | Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego                                                       |
| <b>MINAM</b>    | : | Ministerio del Ambiente                                                                        |
| <b>ONG</b>      | : | Organización No Gubernamental                                                                  |
| <b>ONU</b>      | : | Organización de las Naciones Unidas                                                            |
| <b>OVM</b>      | : | Organismos vivos modificados                                                                   |
| <b>Senasa</b>   | : | Servicio Nacional de Sanidad Agraria                                                           |
| <b>Senamhi</b>  | : | Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología                                                 |
| <b>Sunat</b>    | : | Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria                            |



Tacna - Tacna - Sama



# Resumen ejecutivo

El Ministerio del Ambiente, como ente rector y autoridad nacional en materia de conservación, acceso a los recursos genéticos y la bioseguridad, ha elaborado la línea de base de la diversidad del ají y rocoto peruano con fines de bioseguridad. Esto se realiza en marco de la Ley n.° 29811, que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados (OVM) al territorio nacional por un período de 10 años, modificada por la Ley n.° 31111, que la extiende hasta el 31 de diciembre de 2035, a fin de evaluar las actividades de liberación al ambiente de OVM una vez haya concluido el período de moratoria a los OVM.

El género *Capsicum* consta de cinco especies domesticadas y de nueve especies silvestres con dos variedades silvestres. Las especies domesticadas están distribuidas en todo el territorio peruano. Esta diversidad nativa, propia de cada zona agroecológica, se cultiva con prácticas agrícolas tradicionales; así, cada región del Perú tiene su cultivar de ají, el mochoero en la chala, especialmente en el norte, el rocoto a lo largo de las yungas y los Andes, mientras que el charapita es común en la rupa rupa y la omagua.

Los cultivares comerciales o de uso difundido son el ají panca, el ají amarillo, el ají limo y el rocoto, que se producen con agricultura convencional; se encuentran también cultivares introducidos, como el pimiento y la páprika, que por su valor de exportación se siembran en condiciones de agricultura intensiva o industrial.

Las especies silvestres se encuentran en las regiones naturales chala, yunga marítima y fluvial, quechua subhúmeda y semihúmeda, rupa rupa y omagua. Estas especies son altamente vulnerables y actualmente se encuentran amenazadas por la alteración de sus hábitats, por lo que las ANP se constituyen en su refugio natural.

En este estudio se han caracterizado quince agroecosistemas en los que se ha encontrado al menos una especie de *Capsicum*. Mediante los muestreos en campo se han encontrado grupos funcionales de organismos (principalmente insectos) y microorganismos (bacterias, hongos y actinomicetos) que se constituyen en benéficos como polinizadores, controladores y parasitoides, mientras que otros actúan como plagas, y otros como los saprófagos, que tienen un comportamiento más bien neutro con respecto al cultivo de ají o rocoto.

El productor que cultiva en sus huertos y jardines, y menos frecuentemente en sus chacras, la diversidad de ají y rocoto, se caracteriza por utilizar prácticas agrícolas tradicionales; su aprovechamiento es complementario, principalmente con fines de autoconsumo, y como una fuente de ingresos adicional, al vender sus productos en los mercados locales. Se destaca que su cultivo es realizado mayormente por mujeres. En la región natural chala se ha constatado la práctica del monocultivo con fines comerciales.

En lo que respecta al flujo de genes, que a su vez depende del flujo de polen y del flujo de las semillas, el estudio y la comprensión de la biología floral de las especies cultivadas y silvestres es el primer paso para generar instrumentos de vigilancia y monitoreo de la bioseguridad. Asimismo, estos estudios son importantes para la conservación y aprovechamiento sostenible de la riqueza en términos de la diversidad del género *Capsicum* dentro del territorio peruano.





## **1. Marco normativo relativo a la gestión de los recursos genéticos y bioseguridad**





# 1. Marco normativo relativo a la gestión de los recursos genéticos y bioseguridad

El Perú es signatario de un conjunto de convenios y tratados internacionales vinculados a la gestión y la conservación de los recursos genéticos y la bioseguridad en materia ambiental y la biodiversidad. La evolución de la normativa nacional en materia ambiental es riquísima.

## 1.1 Normas internacionales

Las normas internacionales sobre la biodiversidad fueron adoptadas por el Perú a través de los convenios y protocolos que suscribió su adhesión y cumplimiento.

El CDB marca un antes y un después sobre los recursos genéticos que pasan de ser patrimonio de la humanidad a soberanía de las naciones. La Decisión 345 reconoce y garantiza la protección de los derechos del obtentor de nuevas variedades vegetales mediante el otorgamiento de un Certificado de Obtentor en el ámbito de la Comunidad Andina. La Decisión 391 compromete a los Estados de la Comunidad Andina la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos.

El Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura es el instrumento para la conservación y uso sostenible de los recursos genéticos de la agrobiodiversidad; conlleva en forma explícita los derechos del agricultor y un sistema multilateral de acceso a los recursos genéticos.

El Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB se focaliza en garantizar un nivel adecuado de protección por la transferencia, manipulación y utilización seguras de los OVM que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, centrándose en el movimiento transfronterizo. El objetivo del Protocolo de Nagoya del CDB es desarrollar de manera tangible la distribución de manera justa y equitativa de los beneficios provenientes del uso de los recursos genéticos.

**Tabla 1.** Normativa internacional en materia ambiental orientada a la conservación y gestión de la diversidad biológica y los recursos genéticos.

| Denominación                                                                                                                                                 | Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                     | Dispositivo legal mediante el cual fue aprobado                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), adoptado en Río de Janeiro- Brasil.                                                                            | La conservación de la diversidad biológica, la utilización sostenible de sus componentes y la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de los recursos genéticos.                                                 | Resolución Legislativa n.º 26181 promulgada el 5 de setiembre de 1993. |
| Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, aprobada el 9 de mayo de 1992 en la ciudad de Nueva York, Estados Unidos de Norteamérica. | Estabilizar las concentraciones de gases de efecto invernadero “a un nivel que impida interferencias antropógenas (inducidas por el hombre) peligrosas en el sistema climático”.                                                                             | Resolución Legislativa n.º 26185 promulgada el 12 de mayo de 1993.     |
| Régimen común de protección a los derechos de los obtentores de variedades vegetales.                                                                        | a. Reconocer y garantizar la protección de los derechos del obtentor de nuevas variedades vegetales mediante el otorgamiento de un Certificado de Obtentor.                                                                                                  | Decisión 345 promulgada el 20 y 21 de octubre de 1993.                 |
|                                                                                                                                                              | b. Fomentar las actividades de investigación en el área andina.                                                                                                                                                                                              |                                                                        |
|                                                                                                                                                              | c. Fomentar las actividades de transferencia de tecnología al interior de la Subregión y fuera de ella.                                                                                                                                                      |                                                                        |
| Régimen común sobre acceso a los recursos genéticos, adoptado en la ciudad de Caracas – Venezuela.                                                           | Regular el acceso a los recursos genéticos de los Países Miembros y sus productos derivados.                                                                                                                                                                 | Decisión 391 promulgada el 2 de julio de 1996.                         |
| Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura.                                                                | La conservación y la utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica. | Decreto Supremo n.º 012-2003 RE promulgada el 5 de junio de 2003.      |
| Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB.                                                                                          | Garantizar que el movimiento transfronterizo de OVM resultantes de la biotecnología moderna se haga en condiciones seguras para la conservación de la biodiversidad y la salud humana.                                                                       | Resolución Legislativa n.º 28170 promulgada el 13 de julio de 2004.    |
| Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización.             | Constituir una plataforma internacional para lograr una participación justa y equitativa de los beneficios resultantes de la utilización de los recursos genéticos y de los conocimientos tradicionales asociados.                                           | Resolución Legislativa n.º 30217 promulgada el 5 de julio del 2014.    |



1.2 Normas nacionales

El Perú cuenta con un abundante desarrollo legal para la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad.

Tabla 2. Legislación nacional orientada a la conservación y gestión de la diversidad biológica y los recursos genéticos.

| Denominación                                                                                                                                                                                    | Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Dispositivo legal                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constitución Política del Perú.                                                                                                                                                                 | Es la ley fundamental sobre la que se rige el derecho, la justicia y las normas del país. Asimismo, determina la estructura y organización del Estado peruano.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Promulgada por el Congreso de la República el 29 de diciembre de 1993 y entró en vigor el1 de enero de 1994.       |
| Ley de Áreas Naturales Protegidas.                                                                                                                                                              | Proteger y conservar la diversidad natural, es decir la de genes, especies y ecosistemas de una determinada área.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Ley n.° 26834. 4 de julio de 1997.                                                                                 |
| Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica y su Reglamento.                                                                                              | Conservar la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como mantener los procesos ecológicos esenciales de los que dependen la supervivencia de las especies. Promover la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización de la diversidad biológica.                                                                                                                                                                                          | Ley n.° 26839 y el Decreto Supremo N.° 068-2001-PCM. 16 de julio de 1997 y 20 de junio de 2001, respectivamente.   |
| Ley de prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología y su Reglamento.                                                                                                             | Normar la seguridad de la biotecnología de acuerdo con la Constitución Política y el Convenio de Diversidad Biológica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ley n.° 27104 y el Decreto Supremo n.° 108-2002-PCM. 12 de mayo de 1999 y 21 de octubre de 2002, repectivamente.   |
| Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos.                                                       | Promover el respeto, la protección, la preservación, la aplicación más amplia y el desarrollo de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas. Promover la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de la utilización de estos conocimientos colectivos.                                                                                                                                                                                                      | Ley n.° 27811. 10 de agosto de 2002.                                                                               |
| Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental.                                                                                                                                            | Asegurar el más eficaz cumplimiento de los objetivos ambientales de las entidades públicas; fortalecer los mecanismos de transectorialidad en la gestión ambiental.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Ley n.° 28245. 8 de junio de 2004.                                                                                 |
| Ley que declara a los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufrutuadas como patrimonio natural de la nación.                                                                       | Declarar a los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufrutuadas Patrimonio Natural de la Nación.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Ley no 28477. 23 marzo de 2005.                                                                                    |
| Ley general del ambiente.                                                                                                                                                                       | Mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ley n.° 28611. 15 de octubre de 2005.                                                                              |
| Reglamento de protección a los derechos y obligaciones de los obtentores de todas las variedades vegetales protegidas de los géneros y especies botánicas.                                      | Reglamentar la protección de los derechos del obtentor de nuevas variedades vegetales mediante el otorgamiento de un Certificado de Obtentor.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Decreto Supremo n.° 035-2011-PCM. 14 de abril de 2011.                                                             |
| Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de OVM al territorio nacional por un período de 10 años.                                                                                 | Establecer la moratoria de diez (10) años que impida el ingreso y producción en el territorio nacional de OVM con fines de cultivo o crianza, incluidos los acuáticos, a ser liberados en el ambiente.                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ley n.° 29811 del 9 de diciembre de 2011.                                                                          |
| Procedimiento y el plan multisectorial para la vigilancia y alerta temprana respecto de la liberación de OVM en el ambiente.                                                                    | Establecer un mecanismo multisectorial con el fin de prevenir, controlar y mitigar los potenciales efectos adversos de liberación al ambiente de OVM sobre la diversidad biológica, teniendo especial consideración en las especies nativas o más vulnerables.                                                                                                                                                                                                                            | Decreto Supremo n.° 006-2016-MINAM. 20 de julio del 2016.                                                          |
| Reglamento sobre la formalización del reconocimiento de Zonas de Agrobiodiversidad orientadas a la conservación y uso sostenible de especies nativas cultivadas por parte de pueblos indígenas. | Regular el procedimiento para formalizar el reconocimiento de Zonas de Agrobiodiversidad orientadas a la conservación y uso sostenible de especies nativas cultivadas por parte de pueblos indígenas.                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Decreto Supremo n.° 020-2016-MINAGRI. 14 de diciembre de 2016.                                                     |
| Ley que modifica la Ley n.° 29811 y amplía la vigencia de la moratoria al ingreso y producción de OVM al territorio nacional y su reglamento.                                                   | Establecer hasta el 31 de diciembre de 2035, la moratoria que impida el ingreso y producción en el territorio nacional de OVM con fines de cultivo o crianza, incluidos los acuáticos, a ser liberados en el ambiente.                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ley n.° 31111. y Decreto Supremo n.°12-2023-MINAM. 6 de enero del 2021 y 29 de diciembre de 2023, respectivamente. |
| Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados.                                                                                                                                  | Regular las disposiciones referidas al acceso a los recursos genéticos y sus derivados establecidas en la Decisión 391 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena de la Comunidad Andina (CAN), Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos, en concordancia con lo establecido por el Protocolo de Nagoya sobre el Acceso a los Recursos Genéticos y Participación Justa y Equitativa en los Beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica. | Decreto Supremo n.° 019-2021-MINAM. 22 de julio del 2021.                                                          |
| Política Nacional del Ambiente al 2030.                                                                                                                                                         | Asegurar el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que lo sustenta, a fin de contribuir con el desarrollo integral, social, económico y cultural de la población.                                                                                                                                                                                                                                                                            | Decreto Supremo n.° 023-2021- MINAM. 22 de julio del 2021.                                                         |

La Constitución Política del Perú establece las obligaciones del Estado sobre la conservación de la biodiversidad, patrimonio natural de la Nación que se hace tangible mediante la Ley n.° 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, la Ley n.° 26839, Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica y su reglamento, el Decreto Supremo n.° 068-2001-PCM.

Es interesante constatar que la legislación peruana sobre prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología se instauró mediante la Ley n.° 27104 y su reglamento, antes de la ratificación del Protocolo de Cartagena del CDB. Estas normas establecieron las competencias sectoriales inherentes a la seguridad de la biotecnología establecidas en el CDB.

Mediante la Ley n.° 27811 se establece la protección jurídica sobre los conocimientos colectivos de las comunidades campesinas y nativas asociados a la biodiversidad, que incluye la agrobiodiversidad.

El año 2004 se establece el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA) mediante la Ley n.° 28245, con la finalidad de orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes, programas y acciones destinados a la protección del ambiente, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

El 23 marzo del 2005 fue promulgada la Ley n.° 28477 que declara los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufrutuadas como patrimonio natural de la nación; entre ellos las especies de ajíes (C. annuum, C. baccatum) y el rocoto (C. pubescens).

La Ley General del Ambiente (Ley n.° 28611) establece que los recursos naturales son patrimonio de la nación que incluye la diversidad biológica, en la que se encuentran los genes y la diversidad cultural. Introduce la distribución de beneficios, la protección de los conocimientos tradicionales, la promoción de la biotecnología y la conservación in situ.

El año 2011 se reglamenta la protección a los derechos y obligaciones de los obtentores de las variedades vegetales, de modo que posibiliten mecanismos que fomenten e incentiven el desarrollo tecnológico y la investigación a partir de los recursos genéticos (Decreto Supremo n.° 035-2011-PCM).

En 2011 se establece una moratoria al ingreso y producción de OVM con fines de cultivo o crianza mediante la Ley n.° 29811.

Mediante el Decreto Supremo n.° 020-2016-MINAGRI se establece el procedimiento para el reconocimiento y creación de Zonas de Agrobiodiversidad; estas, por definición, son espacios geográficos determinados en virtud a su riqueza en agrobiodiversidad nativa, cultural y ecológica, en los cuales los pueblos indígenas, mediante sus tradiciones culturales y en confluencia con elementos biológicos, ambientales y socio económicos, desarrollan, gestionan y conservan los recursos genéticos de la agrobiodiversidad nativa en sus campos y en los ecosistemas contiguos. Se excluye a los OVM, pues, de hecho, la constatación de presencia de OVM dentro de una Zona de Agrobiodiversidad es causal de la pérdida de dicho reconocimiento.

El Decreto Supremo n.° 019-2021-MINAM regula las disposiciones sobre el acceso de los recursos genéticos y sus derivados establecidas en la Decisión 391 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena de la Comunidad Andina (CAN).

La Política Nacional del Ambiente al 2030 se establece mediante el Decreto Supremo n.° 023-2021- MINAM, siendo la base para la conservación del ambiente, uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que lo sustenta, coadyuvando a la conservación de la biodiversidad y la recuperación de los servicios ecosistémicos, de tal manera que se contribuya con la mejora en la calidad de vida de las personas.

El 6 de enero de 2021 se promulgó la Ley n.° 31111, esta norma amplía la moratoria a los OVM hasta el 31 de diciembre de 2035. A su vez, el 29 de diciembre de 2023 se promulga su reglamento mediante el Decreto Supremo n.° 012-2023-MINAM, que modifica la composición de la Comisión Multisectorial de Apoyo, establece criterios para elaborar nuevas líneas de base de la diversidad potencialmente afectada por OVM e incorpora el monitoreo de las líneas de base de la diversidad de cultivos y sus parientes silvestres que fueron publicadas.



1.3 Ordenanzas regionales

Los gobiernos regionales gestionan los territorios de los departamentos con autonomía política, económica y administrativa, en el marco de un Estado unitario y descentralizado. Cada uno constituye un pliego presupuestal de acuerdo a la Ley n.º 27867, Ley Orgánica de los Gobiernos Regionales, modificado con la Ley n.º 29053.

De un universo de 26 gobiernos regionales, 16 declararon sus territorios “libres de transgénicos”, emitiendo sendas ordenanzas regionales entre los años 2007 al 2012. Dichas ordenanzas son normas con rango de ley emitidas por sus respectivos consejos regionales.

Tabla 3. Ordenanzas regionales orientadas a la conservación y gestión de la diversidad biológica y los recursos genéticos.

| Nombre de la norma                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Objetivo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Dispositivo legal                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| Declara Cusco libre de transgénicos y centro de origen y domesticación de la papa y cultivos nativos importantes para la región.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Regular la protección de la condición de centro de origen de agrobiodiversidad y domesticación de variedades de cultivos y prohíben en la región la introducción, investigación, comercialización y otras actividades referidas a OVM.                                                                                                                                                                                                                                                                    | Ordenanza Regional n.º 010-2007-CR/GRC-CUSCO. 30 de agosto de 2007. |
| Declaran al departamento de San Martín centro de origen de la diversidad genética y zona libre de transgénicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Declara al departamento de San Martín centro de origen de la diversidad genética y zona libre de transgénicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Ordenanza Regional n.º 035-2009-GRSM/CR. 19 de noviembre de 2008.   |
| Declaran al departamento de Ayacucho región libre de cultivos transgénicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Declarar al departamento de Ayacucho, región libre de cultivos transgénicos en cuanto a todos los procesos que impliquen los OVM, OGM, semillas y cultivos transgénicos (introducción, cultivo, manipulación, almacenamiento, investigación, conservación, producción, intercambio, uso confinado y comercialización), por ser Ayacucho zona de la sierra que concentra parte significativa de la diversidad biológica que albergan los ecosistemas andinos, destacando en especial su agrobiodiversidad. | Ordenanza Regional n.º 015-2009-GRA-CR. 30 de julio de 2009.        |
| Declaran a Huánuco como una región rica en agrodiversidad nativa y libre de OVM o transgénicos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ordenanza Regional n.º 097-2010-GRH-CR. 8 de julio de 2010.         |
| Declaran la jurisdicción territorial del Gobierno Regional de Lima Provincias libres de transgénicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Declarar la jurisdicción territorial del Gobierno Regional de Lima Provincias libres de transgénicos, con el fin de conservar, proteger y mantener nuestros cultivos orgánicos frente a posibles riesgos que impliquen su introducción.                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ordenanza Regional n.º 006-2010-CR-RL. 15 de julio de 2010.         |
| Declaran a Lambayeque como región libre de transgénicos y productos contaminados.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Declarar a Lambayeque como región libre de Transgénicos y productos contaminados, a fin de preservar su biodiversidad y riqueza ecológica, así como el respeto a los valores culturales y sociales asociados a su situación de centro de origen y domesticación de cultivos regionales, especialmente del denominado Algodón Nativo.                                                                                                                                                                      | Ordenanza Regional n.º 001-2011-CR-LAMB. 11 de enero de 2011.       |
| Declaran a la región Junín como región libre de transgénicos y centro de origen y domesticación de papas nativas, plantas aromáticas, medicinales, frutales y fauna nativas que presentan características específicas importantes para la región Junín.                                                                                                                                                                                              | Declarar a la Región Junín como región libre de transgénicos y centro de origen y domesticación de papas nativas, plantas aromáticas, medicinales y frutales nativos, que presentan características específicas importantes para la región y cuyas potencialidades estén enfocadas en la producción agropecuaria orgánica y sus valores ecológicos, culturales, sociales y económicos.                                                                                                                    | Ordenanza Regional n.º 114-2011-GRI-CR. 10 de mayo de 2011.         |
| Declaran al departamento de Loreto, como región libre de cultivos genéticamente modificados (transgénicos).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Declarar al departamento de Loreto, como región libre de cultivos genéticamente modificados (transgénicos), a fin de preservar su biodiversidad y riqueza ecológica, así como el respeto a los valores culturales y sociales, asociados a su situación de centro de origen y domesticación de cultivos regionales.                                                                                                                                                                                        | Ordenanza Regional n.º 006-2011-GRL-CR. 23 de junio de 2011.        |
| Política regional de protección de la biodiversidad y de los cultivos orgánicos y la región Arequipa como zona libre de producción transgénica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Acuerdo Regional 066-2011-GRA/CR AQP. 9 de agosto de 2011.          |
| Declaran a la región Cajamarca “libre de transgénicos” y prohíben actividades de almacenamiento, investigación, conservación, intercambio, uso confinado y comercialización de OVM.                                                                                                                                                                                                                                                                  | Prohibir en el ámbito de la Región Cajamarca las actividades de introducción, cultivo, manipulación, almacenamiento, investigación, conservación, intercambio, uso confinado y comercialización de OVM.                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Ordenanza Regional n.º 025-2011-GRCAJ-CR. 2 de agosto de 2011.      |
| Declaran a la región de Ancash como zona libre de cultivos transgénicos y productos contaminados.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Ordenanza Regional n.º 008-2011-GRA-CR. 23 de setiembre de 2011.    |
| Declaran la región Puno libre de semillas y productos transgénicos (OMG y/o OVM) en las actividades agrícolas pecuarias, forestales y piscícolas, a fin de proteger, preservar y conservar su diversidad biológica, su riqueza ecológica, así como el respeto a los valores culturales, sociales y económicos asociados a su situación de centro de origen, domesticación de cultivos y crianza regional.                                            | Prohibir en la jurisdicción territorial del Gobierno Regional de Puno, las actividades de introducción, cultivo, manipulación, almacenamiento, conservación, intercambio y comercialización de OVM (transgénicos).                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Ordenanza Regional n.º 016-2011-GRP-CRP. 16 de setiembre de 2011.   |
| Declaran a Huanavelica como región libre de transgénicos y productos contaminados, a fin de preservar su biodiversidad y riqueza ecológica, así como el respeto a los valores culturales y sociales asociados a su situación de centro de origen y domesticación de cultivos regionales.                                                                                                                                                             | Declarar a Huanavelica como región libre de transgénicos y productos contaminados, a fin de preservar su biodiversidad y riqueza ecológica, así como el respeto a los valores culturales y sociales asociados a su situación de centro de origen y domesticación de cultivos regionales.                                                                                                                                                                                                                  | Ordenanza Regional n.º 187-GOB REG-HVCA/CR. 7 de diciembre de 2011. |
| Declaran al departamento de Madre de Dios como zona libre de transgénicos en cuanto a todos los procesos que impliquen los OVM y otros productos contaminados, para fines agropecuarios o forestales y/o sus productos derivados para usos agropecuarios o forestales, a fin de preservar su biodiversidad y riqueza ecológica; así como, el respeto a los valores culturales y sociales por ser Madre de Dios capital de la biodiversidad del Perú. | Prohibir en el departamento de Madre de Dios las actividades de introducción, cultivo, manipulación, almacenamiento, investigación, conservación, producción, intercambio, uso confinado y comercialización de OVM, OGM y otros productos contaminados.                                                                                                                                                                                                                                                   | Ordenanza Regional n.º 012-2011-GRMDD/CR. 29 de noviembre de 2011.  |
| Declaran a la región Tacna como zona libre de transgénicos.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Declarar a la región Tacna como zona libre de transgénicos en el marco de la Ley n.º 29811.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Ordenanza Regional n.º 005-2012-CR. 23 de mayo de 2012.             |

Estas ordenanzas regionales no tienen como finalidad la bioseguridad, sino una prohibición declarativa que surgió en el debate nacional como consecuencia de varios proyectos de ley referidos a la moratoria a los OVM o al territorio nacional libre de transgénicos.

Si bien están vigentes al presente, solo los gobiernos regionales de Cusco y Puno desarrollaron iniciativas de aplicación, como el proyecto de fortalecimiento de capacidades locales para la conservación de cultivos nativos en Cusco y el proyecto mejoramiento de capacidad agroproductiva de granos andinos orgánicos de quinua, cañihua, haba y tarwi en la región Puno.







## 2. Diversidad del ají y rocoto y de sus parientes silvestres





Cusco - Paucartambo - Kosñipata

## 2. Diversidad del ají y rocoto y de sus parientes silvestres

El género *Capsicum* L. (Solanales, Solanaceae), consta de aproximadamente 42 especies distribuidas en zonas templadas y tropicales de América Central y del Sur, México y las Antillas (Barboza *et al.*, 2020). Las especies de *Capsicum* incluyen cultivos importantes en todo el mundo y, junto con la papa, el tomate y la berenjena del género *Solanum* L., se encuentran entre los cultivos económicamente más importantes de la familia Solanaceae (Samuels, 2015).

La variabilidad de los ajíes y el rocoto va desde los picantes hasta los no picantes. Hoy se sabe que la razón química del picante se debe principalmente a los capsaicinoides, los más pungentes son la capsaicina y la dihidrocapsaicina, entre otros de menos pungencia o imperceptibles al paladar, estos metabolitos secundarios son utilizados en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética.

Los ajíes y el rocoto son cultivos hortícolas importantes a nivel mundial debido a esa pungencia, sabor y valor nutritivo. Su popularidad es cada vez mayor entre los consumidores y también en la industria en todo el mundo (Zhang *et al.*, 2016).

La conservación de la diversidad del ají y rocoto, tanto a nivel de poblaciones silvestres como de los cultivares tradicionales, es necesaria para garantizar su disponibilidad en la agricultura, así como para el desarrollo de procesos de mejoramiento genético en el contexto ambiental actual de pérdida de hábitats naturales y reducción de la diversidad manejada por los agricultores (Marcelo & Amasifuén, 2020).

### 2.1. Clasificación taxonómica

Según Bosland & Votava (2012) las especies del género *Capsicum* son miembros de la tribu Capsiceae del orden Solanales (APG IV, 2016), la subclase Asteridae, clase Magnoliopsida de la división Magnoliophyta (Cronquist, 1981).

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| • Reino      | Plantae                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| • Subreino   | Tracheobionta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| • División   | Magnoliophyta                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| • Clase      | Magnoliopsida                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| • Subclase   | Asteridae                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| • Orden      | Solanales                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| • Familia    | Solanaceae                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| • Subfamilia | Solanoideae                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| • Tribu      | Capsiceae                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| • Género     | <i>Capsicum</i> L.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| • Especies   | <i>C. annuum</i> L. variedad <i>annuum</i><br><i>C. annuum</i> L. variedad <i>glabriusculum</i> (Dunal) Heiser & Pickersgill<br><i>C. baccatum</i> L. variedad <i>pendulum</i> (Willd.) Eshbaugh<br><i>C. baccatum</i> L. variedad <i>baccatum</i> (Dunal) Heiser et Pickersgill<br><i>C. baccatum</i> L. variedad <i>umbilicatum</i> (Vell.) Hunz. & Barboza<br><i>C. benoistii</i> Hunz. ex Barboza<br><i>C. caatingae</i> Barboza & Agra<br><i>C. caballeroi</i> M. Nee<br><i>C. campylopodium</i> Sendtn.<br><i>C. carassense</i> Barboza & Bianchetti<br><i>C. cardenasii</i> Heiser & P. G. Sm.<br><i>C. ceratocalyx</i> M. Nee<br><i>C. chacoense</i> Hunz.<br><i>C. chinense</i> Jacq.<br><i>C. coccineum</i> (Rusby) Hunz.<br><i>C. cornutum</i> (Hiern) Hunz.<br><i>C. dimorphum</i> (Miers) Kuntze<br><i>C. eshbaughii</i> Barboza<br><i>C. eximium</i> Hunz.<br><i>C. flexuosum</i> Sendtn.<br><i>C. friburgense</i> Bianchetti & Barboza<br><i>C. frutescens</i> L.<br><i>C. galapagoense</i> Hunz.<br><i>C. geminifolium</i> (Dammer) Hunz.<br><i>C. hookerianum</i> (Miers) Kuntze<br><i>C. hunzikerianum</i> Barboza & Bianchetti<br><i>C. lanceolatum</i> (Greenm.) C. V. Morton & Standl.<br><i>C. longidentatum</i> Agra & Barboza<br><i>C. longifolium</i> Barboza & S. Leiva<br><i>C. lycianthoides</i> Bitter<br><i>C. minutiflorum</i> (Rusby) Hunz.<br><i>C. mirabile</i> Mart. ex Sendtn.<br><i>C. neei</i> Barboza & X. Reyes<br><i>C. parvifolium</i> Sendtn.<br><i>C. pereirae</i> Barboza & Bianchetti<br><i>C. piuranum</i> Barboza & S. Leiva<br><i>C. praetermissum</i> Heiser & P. G. Sm.<br><i>C. pubescens</i> Ruiz & Pav.<br><i>C. rabenii</i> Sendtn.<br><i>C. recurvatum</i> Witas.<br><i>C. regale</i> Barboza & Bohs<br><i>C. rhomboideum</i> (Dunal) Kuntze<br><i>C. schottianum</i> Sendtn.<br><i>C. tovarii</i> Eshbaugh <i>et al.</i><br><i>C. villosum</i> Sendtn.<br><i>C. villosum</i> Sendtn. variedad <i>muticum</i> Sendtn.<br><i>C. villosum</i> Sendtn. variedad <i>villosum</i> |



De las 42 especies de *Capsicum*, cinco son domesticadas: *C. annuum* variedad *annuum*, *C. baccatum* variedad *pendulum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* (Barboza, 2020).

En el Perú se ha registrado 14 especies de *Capsicum*, de las cuales, nueve especies y dos variedades botánicas son silvestres y cinco son cultivadas, conteniendo toda la diversidad de *Capsicum* domesticado en el mundo (Ugás, 2012).

Tabla 4. Especies del género *Capsicum* en el Perú.

| n.° | NOMBRE CIENTÍFICO                                    | ESTADO BIOLÓGICO    |
|-----|------------------------------------------------------|---------------------|
| 1   | <i>Capsicum annuum</i>                               |                     |
|     | <i>Capsicum annuum</i> variedad <i>annuum</i>        | Cultivado           |
|     | <i>Capsicum annuum</i> variedad <i>glabriusculum</i> | Silvestre           |
| 2   | <i>Capsicum baccatum</i>                             |                     |
|     | <i>Capsicum baccatum</i> variedad <i>pendulum</i>    | Cultivado           |
|     | <i>Capsicum baccatum</i> variedad <i>baccatum</i>    | Cultivado/silvestre |
| 3   | <i>Capsicum chinense</i>                             | Cultivado           |
| 4   | <i>Capsicum frutescens</i>                           | Cultivado           |
| 5   | <i>Capsicum pubescens</i>                            | Cultivado           |
| 6   | <i>Capsicum dimorphum</i>                            | Silvestre           |
| 7   | <i>Capsicum tovarii</i>                              | Silvestre           |
| 8   | <i>Capsicum pluranum</i>                             | Silvestre           |
| 9   | <i>Capsicum hookerianum</i>                          | Silvestre           |
| 10  | <i>Capsicum longifolium</i>                          | Silvestre           |
| 11  | <i>Capsicum geminifolium</i>                         | Silvestre           |
| 12  | <i>Capsicum rhomboideum</i>                          | Silvestre           |
| 13  | <i>Capsicum coccineum</i>                            | Silvestre           |
| 14  | <i>Capsicum regale</i>                               | Silvestre           |

Fuente: Barboza *et al.*, 2019 y 2020; Khoury *et al.*, 2019; Jäger *et al.*, 2013 a; Ulloa *et al.*, 2017.

2.2. Origen, domesticación y diversificación

El género *Capsicum* es nativo de las tierras altas de Bolivia en las laderas orientales, a partir de donde se dispersaron a través de las Américas con la ayuda de las aves al alimentarse de sus frutos o semillas, y posteriormente por los humanos (Andrews, 1984; Chiou & Hastorf, 2012; Ibiza *et al.*, 2012; Stommel & Albrecht, 2012). Los bosques andinos y los valles secos interandinos contienen cerca del 50 % de las especies de *Capsicum*, por lo que los Andes son el principal centro de diversidad de este grupo (Barboza *et al.*, 2020; Khoury *et al.*, 2029).

Los Andes son uno de los principales centros de diversidad de *Capsicum*, donde se siguen descubriendo nuevas especies (Nee *et al.*, 2006; Barboza *et al.*, 2019). Aproximadamente el 50 % de las especies se encuentra en los bosques andinos tropicales o en los valles interandinos secos (Barboza *et al.*, 2020).

Según Chiou & Hastorf (2012) el origen del *C. pubescens* sería las tierras altas de Bolivia en las laderas orientales. Por otro lado, *C. baccatum* habría sido domesticada en las tierras bajas costeras del Perú, mientras que *C. chinense* y *C. frutescens* podrían tener raíces más tropicales en el noreste de la Amazonía (Aguilar, 2006; Aguilar *et al.*, 2009; Chiou & Hastorf, 2012; Hernández *et al.*, 1999; Moses & Umaharan, 2012; Perry & Flannery, 2007). Asimismo, la especie *C. annuum* habría sido domesticada en México (Aguilar, 2006; Chiou & Hastorf, 2012).

En excavaciones arqueológicas en el sitio Guitarrero (departamento de Ancash) se comprobó que hace 10 u 11 mil años el hombre paleoandino ya consumía cierto tipo de ají, que luego domesticó; y hace cinco mil años, en Caral, ya era utilizado regularmente como condimento (Rodríguez, 2016b). En Huaca Prieta y Paredones (departamento de La Libertad) en el período precerámico los pobladores consumieron varias especies de *Capsicum*, incluso en el precerámico tardío ya se cultivaba *C. baccatum* (Chiou & Hastorf, 2012).

Antes de la llegada de Colón a las Américas en el siglo XV, los ajíes y el rocoto se encontraban distribuidos en el continente, pues se cultivaban en diferentes extensiones desde el suroeste de Estados Unidos de América hasta Chile (Andrews, 1984).

Actualmente las especies de *Capsicum* están muy difundidas en el mundo por sus propiedades culinarias, por ser sazonzadoras, y ser base de pigmentos requeridos por la cosmetología, más aún por sus propiedades vitamínicas y medicinales (Rodríguez, 2016b).



Figura 1. Origen e hipótesis de la expansión de *Capsicum* según Carrizo, *et. al.*, 2016.



### 2.3. Distribución actual de la diversidad de *Capsicum* en el Perú

Para el estudio de las especies, las variedades botánicas y los cultivares del género *Capsicum* presentes en el territorio peruano se realizaron 1222 prospecciones en 327 distritos de los 24 departamentos del Perú durante el periodo de julio de 2016 a septiembre de 2022. Para la identificación del área geográfica territorial de prospección (distrito) se utilizó la metodología de la máxima representatividad geográfica (anexo 1).

Los datos registrados en cada uno de los sitios de prospección nos proporcionaron información sobre la diversidad de las especies, la variabilidad existente de ají y rocoto, la distribución exacta en los departamentos evaluados, así como las características de su entorno.

La información obtenida en cada una de las prospecciones correspondió a ubicación geográfica (departamento, provincia, distrito, centro poblado, sector, ubigeo, coordenadas geográficas y altitud); características e identificación de la parcela; caracterización vegetal (fenología, hábito de crecimiento, morfología vegetativa y reproductiva de la planta); identificación del nombre local de la especie, variedad o cultivar y características de los ecosistemas y agroecosistemas donde se encuentran.





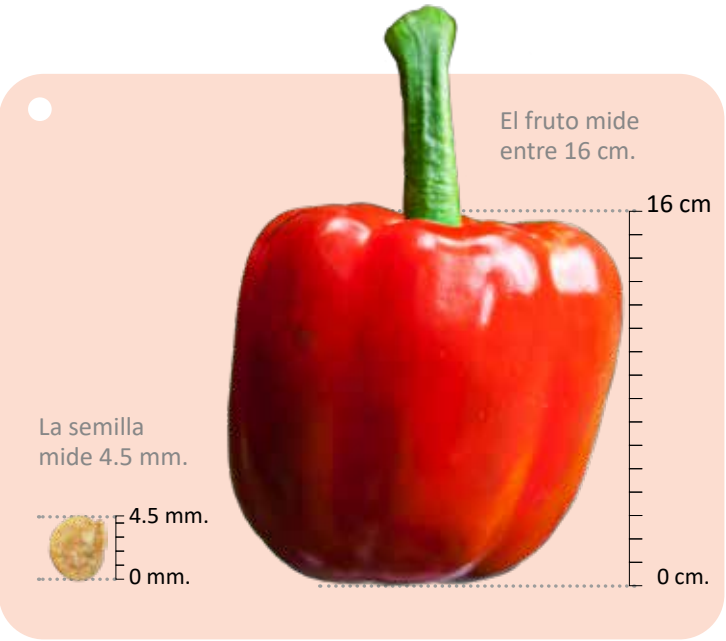


La Libertad - Trujillo - Moche

### Capsicum annuum L. variedad annum

Ampliamente cultivada hoy en día, tanto a nivel global como nacional y económicamente la más importante de las especies dentro del género *Capsicum* (figura 2). Incluye el pimiento dulce, los pimientos picantes y la páprika. Presenta una amplia variabilidad en cuanto la forma del fruto, sabor, tamaño y usos (Stommel & Albrecht, 2012).

El pimiento o pimentón es un pequeño arbusto de hasta 1 m de altura, con flores blancas a blanco azulado, la mayoría de las veces una por nudo. Los dientes o apéndices del cáliz están ausentes o son cortos, rara vez son superiores a 0.5 mm. La constricción no es prominente entre la base del cáliz y pedicelo (D'Arcy y Eshbaugh, 1974, citado por Eshbaugh, 2012).



Se encuentra cultivado en múltiples hábitats, se registró en 52 distritos de los departamentos de Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Cajamarca, Cusco, Ica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Moquegua, Pasco, Piura, San Martín y Tumbes, desde el nivel del mar hasta los 2341 m s. n. m.

Es conocido con los nombres de los cultivares aj   cevichero, aj   plástico, aj   cerezo, aj   páprika, aj   cayhuacho, pimiento, pimentón, pimentón caimán, pimentón mano de piedra, aj   ayuyo y yuro uchillo (quechua).

Figura 2. *Capsicum annuum* variedad *annuum*.  
Departamento de Piura, provincia de Sullana, distrito de Miguel Checa.



Figura 3. Distribución actual de *Capsicum annuum* variedad *annuum*.

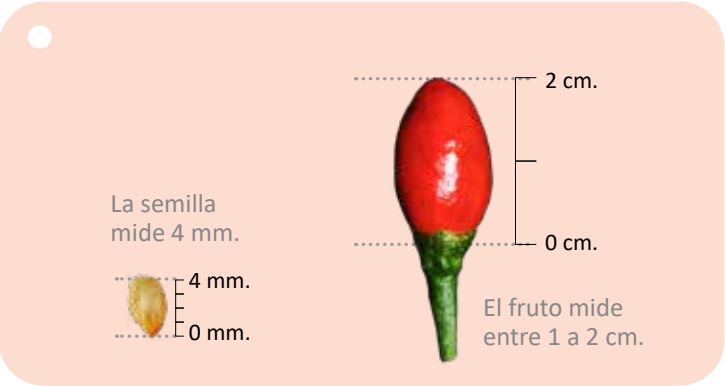




### *Capsicum annum* variedad *glabriusculum* (Dunal) Heiser et Pickersgill

Planta de postura tupida y desordenada, con ramas delgadas con un patrón irregular, rústicas, adaptadas a climas áridos. Una sola planta puede producir fácilmente mil frutos. Algunas son de hábito arbustivo.

Las hojas son pequeñas y coriáceas. Flores individuales por nudo, erectas, geniculadas hasta la antesis. La corola es estrellada, blanca, con anteras violáceas y pistilo alargado. El cáliz tiene cinco nervaduras que originan cinco apéndices mínimos y otras cinco nervaduras secundarias que no originan apéndices. Los frutos son pequeños (1-2 cm), redondeados u ovoides, erectos, rojos, caducifolios y jugosos en su madurez; contienen gran cantidad de lípidos, y son picantes. Las semillas son de color pajizo.



Se encuentra en los bosques tropicales caducifolios, bosques tropicales secos o en matorrales espinosos y en jardines de las ciudades acompañado de otras plantas, desde el nivel del mar hasta aproximadamente los 2500 m s. n. m. Se registró en los distritos de Pucará y Pomahuaca, provincia de Jaén, departamento de Cajamarca; en la ciudad de Lima, los distritos de Chulucanas (provincia de Morropón) y Castilla en Piura, así como en los distritos de Buenos Aires y Caspisapa de la provincia de Picota en San Martín.

Es conocido con los nombres de ají pinguita de mono (Cajamarca), pinchito de mono (Lima), ají cerezo (Piura), ají de muerto (San Martín).



**Figura 4.** *Capsicum annum* variedad *glabriusculum*.  
Departamento y provincia de Lima, distrito de La Molina.



**Figura 5.** Distribución actual de *Capsicum annum* variedad *glabriusculum*.

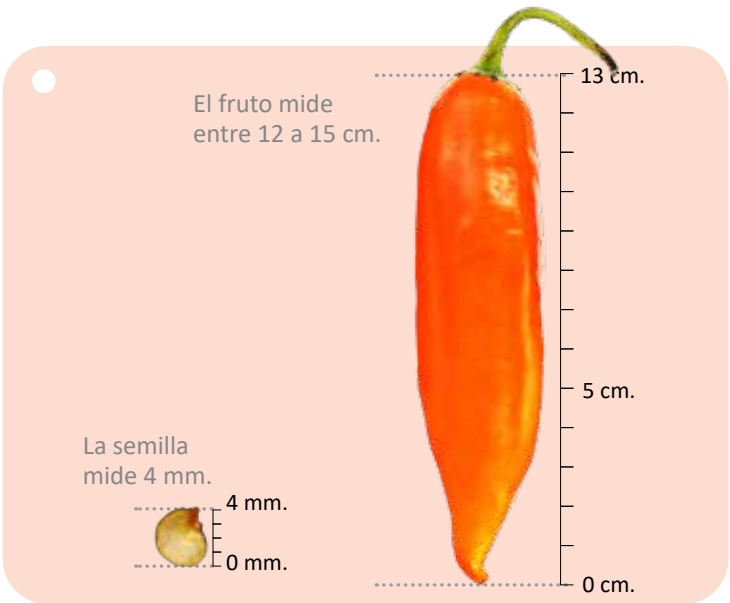




Piura - Piura - Castilla

### *Capsicum baccatum* variedad *pendulum* (Willd.) Eshbaugh

Es el ají cultivado más común en el Perú. Es un arbusto grande con ramas gruesas, aunque las plantas con ramas delgadas y postradas también han sido descritas. Su característica más conocida es la mancha de color amarillo verdoso en la base de la corola blanca, tiene un pedúnculo de fruto extremadamente largo, lo que hace que el fruto se incline. El fruto varía grandemente en tamaño y forma. El fruto más grande puede tener un ancho de 2 cm y una longitud de 12 a 15 cm. Los frutos son pungentes, aunque más suaves, también se conocen variantes casi dulces. El color del fruto varía de blanco a verde, volviéndose rojo, amarillo o anaranjado cuando está maduro. Los dientes o apéndices del cáliz son moderadamente largos.



Se encuentra cultivado en diferentes hábitats desde el nivel del mar hasta los 3400 m s. n. m. Se registró en 136 distritos de los departamentos de Amazonas, Ancash, Arequipa, Cajamarca, Cusco, Ica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Moquegua, Pasco, Piura, San Martín, Tumbes, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, Loreto, Madre de Dios y Tacna, desde el nivel del mar hasta los 2444 m s. n. m. Prefiere el clima cálido, no tolera las heladas.

Es conocido con los nombres de ají amarillo, ají amarillo pacay, ají causa, ají challhuaruro, ají de mesa, ají dulce, ají escabeche, ají mirasol, ají piris, ají pirisito y ají verde.



**Figura 6.** *Capsicum baccatum* variedad *pendulum*.  
Departamento de Tacna, provincia de Jorge Basadre, distrito de Locumba.



**Figura 7.** Distribución de *Capsicum baccatum* variedad *pendulum*.





San Martín - Picota - Lamas

**Capsicum baccatum variedad baccatum L.**

Plantas de hábito arbustivo o arbolito, pueden alcanzar dimensiones considerables (más de 3 m). Las hojas son ligeramente pubescentes. La flor es erecta, geniculada hasta la antesis. La corola es rotácea, de color blanco con dos manchas de color amarillo verdoso en la base de cada pétalo. El cáliz tiene cinco dientes o apéndices pequeños, pero muy evidentes. El fruto es ovoide o elíptico, verde inmaduro, rojo, caducifolio y jugoso en su madurez, moderadamente picantes. Las flores y los frutos son solos o en pares y las semillas son de color pajizo.



Se encuentra entre los 541 a 1308 m s. n. m. en bosques secos o húmedos, en los bosques de galería y en los márgenes o interiores de los bosques secundarios, en matorrales y jardines de las ciudades, siempre acompañado de otras plantas, con frecuencia es ruderal en áreas perturbadas. Se registró en el distrito de Yanalite, provincia de Calca, así como en Santa Ana, Maranura y Quellouno, provincia de La Convención, en el departamento de Cuzco y en el distrito de Shanao, provincia de Lamas en el departamento de San Martín.

En Cuzco es conocido con los nombres de marate o ají marate en lengua quechua y Pashak hing - Marati chitikana en lengua Wachiperi de los Machigenga. En San Martín le llaman ayuyo.

**Figura 8.** *Capsicum baccatum* variedad *baccatum*.  
Departamento de Cuzco, provincia de Calca, distrito de Yanatile.



**Figura 9.** *Capsicum baccatum* variedad *baccatum*.

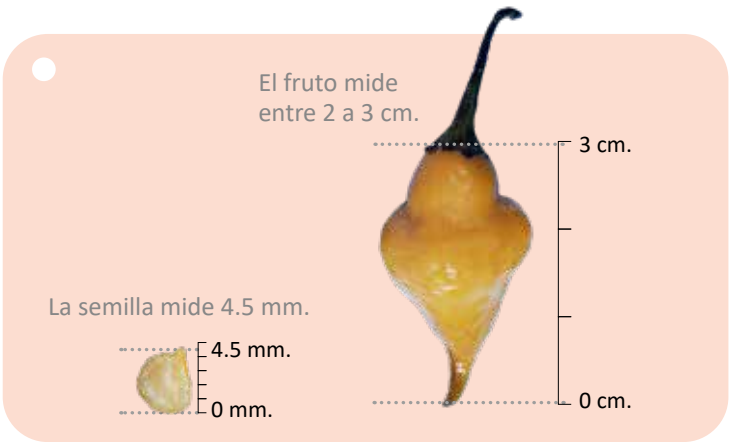




## Capsicum chinense Jacq.

Es otra especie de ají ampliamente cultivada en el Perú. Es un arbusto pequeño y robusto, de hasta 1.5 m de altura; plantas glabras a puberulentas con dos flores, o más, en un nudo. Las flores son colgantes (rara vez erectas) y tienen una constricción prominente entre la base del cáliz y el pedicelo, especialmente cuando está presente el fruto. El cáliz carece de dientes o apéndices y la corola es de color blanco mate (raramente blanco verdoso). Las anteras varían de azul a violeta, rara vez amarillas, y el estilo y el estigma rara vez crecen más que 1 mm. El fruto presenta variabilidad de tamaños, colores y picantes, y contiene semillas de coloración crema a amarillo.

Se encuentra predominantemente en bosques húmedos amazónicos, cultivado alrededor de las chacras, en jardines y huertos, también, se encuentra ampliamente cultivado en los bosques secos del norte del Perú, desde el nivel del mar hasta los 2845 m s. n. m. Se registró en 129 distritos de los departamentos de Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Cajamarca, Cusco, Ica, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Moquegua, Pasco, Piura, San Martín, Tumbes, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, Loreto, Madre de Dios, Puno, Tacna y Ucayali.



Es conocido por muchos nombres locales: ají aguaruno, ají ayuyo, ají bola, ají bolita de mono, ají bravo, ají caramelo, ají cerezo, ají charapita, ají chinchuncho, ají chiquito, ají chinto, ají chuncho, ají ciro, ají colorado, ají corazón, ají criollo, ají de ceviche, ají diente de tigre, ají dulce, ají dulce picante, ají escorpio, ají habanero, ají jalape, ají limo, ají malashillo, ají mote, ají mishme, ají mishme anarajado, ají mishme grande, ají mishme pequeño, ají miscucho, ají mochero, ají mote, ají negro, ají negro redondo, ají rojito, ají panca, ají paringue, ají picante, ají piris, ají poccha, ají pucunucho, ají rojito, ají shiwi, ají simpiri, ají verde, ají verdura, apia uchú, asnajuchu, charapita amarillo, charapita rojo, hing shed – pochari chitikana, misky uchú, ojo de gavilán u ojo verde, puka uchú, puyai jima, quello uchú, rocoto de monte, tajau jima, tigripawaqum, toto hing – chitikana shianigori – sajrasinja, uchú, uchu jima, warmucho, yai jima, yumintsak jima.

**Figura 10.** *Capsicum chinense*.  
Departamento de Lambayeque, provincia de Chiclayo, distrito de Monsefú.



**Figura 11.** Distribución de *Capsicum chinense*.

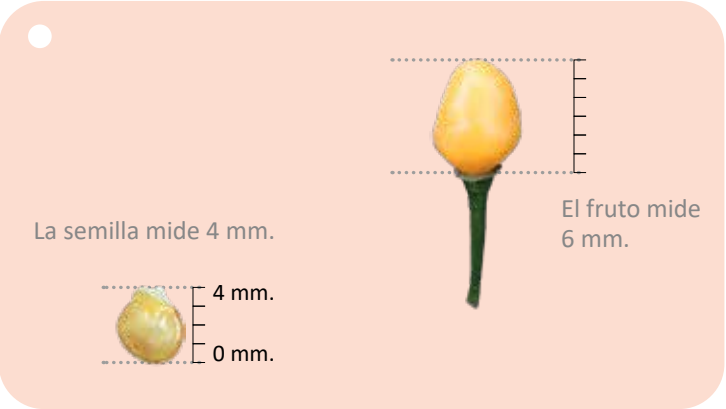




Cajamarca - Jaén - Jaén

### Capsicum frutescens L.

Especie cultivada de zonas bajas con rasgos silvestres. Arbusto pequeño de hasta 2 m de altura. Puede ser herbáceo a leñoso. Las plantas varían de glabras a pubescentes, siendo mayormente puberulentas. Típicamente, hay dos o más flores por nudo. Las flores carecen de una constricción prominente entre la base del cáliz y el pedicelo. El cáliz carece de dientes o apéndices y la corola es blanca y verdosa. Las anteras son de coloración azulada a violeta, rara vez amarillo y el estilo y el estigma crecen a 1.5 mm, o más, hacia las anteras. El fruto inmaduro es verde sin pigmentaciones oscuras, mientras que al estado de madurez es de color rojo, raramente anaranjado, erecto y picante. Las semillas son de color crema a amarillo.



Se encuentra en bosques secos o semi caducifolios, también, en áreas perturbadas y agrícolas; se cultiva comúnmente en huertos, jardines y chacras, entre los 39 a 2134 m s. n. m. Se registró en 85 distritos de los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Cusco, Junín, La Libertad, Lambayeque, Lima, Pasco, Piura, San Martín, Tumbes, Ayacucho, Huánuco, Loreto, Madre de Dios, Puno y Ucayali.

Es conocido con nombres locales de ají amarillo bola, ají bravo, ají charapillo, ají charapita, ají charapita loretano, ají charapón, ají malagueta, ají ojo de pescado, ají pico de mono, ají pinchito de burro, ají pinchito de mono, ají pinga de mono, ají pinguita de mono, ají pipi de mono, ají piscucho, ají trueno, hing hawe hotpo - chitikana hiroqui sima, kello mugu uchu, petsha hing - chitikana shiempri, ojito de pescado, pinchito de mono, puka uchú, tseg tsak jima, yau jima y yuchi butashino.



Figura 12. *Capsicum frutescens*.  
Departamento de Amazonas, provincia de Bagua, distrito de Imaza.



Figura 13. Distribución de *Capsicum frutescens*.

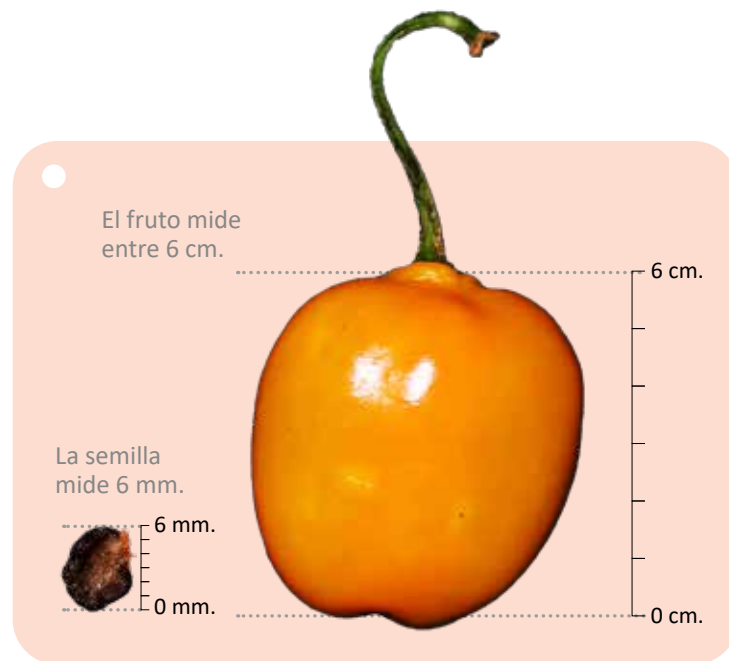




Apurímac - Chincheros - Chincheros

## Capsicum pubescens Ruiz & Pavon

El rocoto es un cultivo morfológica y genéticamente distinto a las especies de ají. Es una planta herbácea o arbustiva, de 1.5 hasta 3 m de altura. Follaje glabro a densamente pubescente. Tallos frecuentemente estriados, nudos púrpuras oscuro. Hojas ovaladas, rugosas de imagen suave o ciliado. Flores solitarias, cáliz con cinco o seis dientes conspicuos, corola rotada, púrpuras o violeta con el centro blanco, con cinco a ocho lóbulos. El fruto verde a rojo, amarillo o anaranjado, picante hasta no picante, contiene semillas negras o marrón oscuras únicas entre las especies domesticadas.



Se encuentra a lo largo de los Andes, generalmente entre los 800 y 3500 m s. n. m., rara vez por debajo de los 500 m s. n. m. Sobre los tres mil metros suelen cultivarlo con cobertores rústicos. Se ha registrado en huertos, jardines y chacras de 143 distritos en los departamentos de Amazonas, Ancash, Apurímac, Arequipa, Cajamarca, Cusco, Ica, Junín, Lima, Moquegua, Pasco, Piura, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, Puno y Tacna.

El rocoto, en lengua quechua, es “ruqutu o locoto” y en lengua aymara “lucutu”.

**Figura 14.** *Capsicum pubescens*.  
Departamento de Pasco, provincia y distrito de Oxapampa.



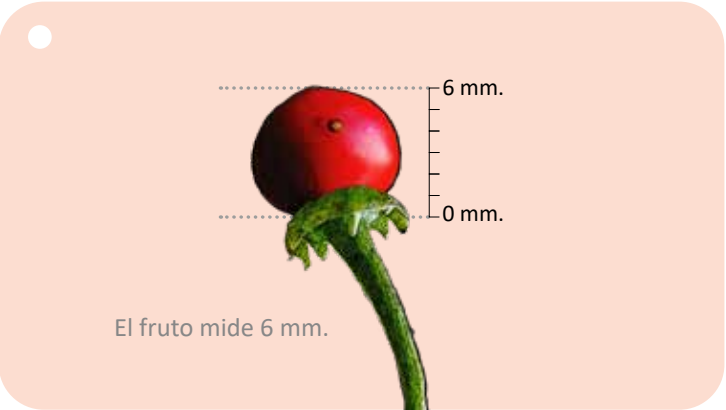
**Figura 15.** Distribución de *Capsicum pubescens*.





### *Capsicum coccineum* (Rusby) Hunz

Es una especie silvestre. Las plantas son arbustos trepadores o herbáceas, de 1.5 a 3 m de altura. Las hojas son ovadas con ápice puntiagudo, opuestas entre sí y de diferentes tamaños. Las flores y los frutos son numerosos por nudo (5-8). El pedúnculo está geniculado en la antesis. El cáliz tiene dientes o apéndices diminutos, más evidentes en el fruto y la corola es estrellada, de color amarillo verdoso con manchas violáceas en la garganta. El fruto es esférico, de color rojo intenso cuando está maduro, y es picante. Las semillas son marrones.



Habita en bosques húmedos tropicales o subtropicales caducifolios a lo largo de los Andes orientales. Crece en las orillas de los caminos a través de bosques perturbados, a lo largo de los bordes de los ríos y arroyos o en áreas inundadas, entre 150 y 800 m s. n. m. Especie con amplia distribución en Bolivia y centro-oeste de Brasil.



**Figura 16.** *Capsicum coccineum*.  
Dibujos a partir de Barboza, 2020 y Dal Zovo y Bruno, s/f.



**Figura 17.** Distribución de *Capsicum coccineum*.





### Capsicum dimorphum (Miers) Kuntze

Especie silvestre. Plantas de 1.5 a 2 m de alto con ramificación tupida. Hojas dispuestas en pares opuestos de diferentes formas y tamaños, una grande ovada-lanceolada, la otra pequeña y redondeada. El cáliz no tiene dientes o apéndices y la corola es estrellada, amarilla, a veces con manchas violáceas en la garganta. El fruto es esférico, anaranjado o rojo, colgante, y no es picante. Semillas de color marrón.



Se encuentra habitando los bosques húmedos en las márgenes o al interior de bosques primarios o secundarios (a veces perturbados), entre los 950 a 3000 m s. n. m. En el Perú se ha registrado en el distrito de Santo Domingo de la Capilla, provincia de Cutervo en el departamento de Cajamarca.

Figura 18. *Capsicum dimorphum*.  
Dibujos a partir de Barboza, 2020.



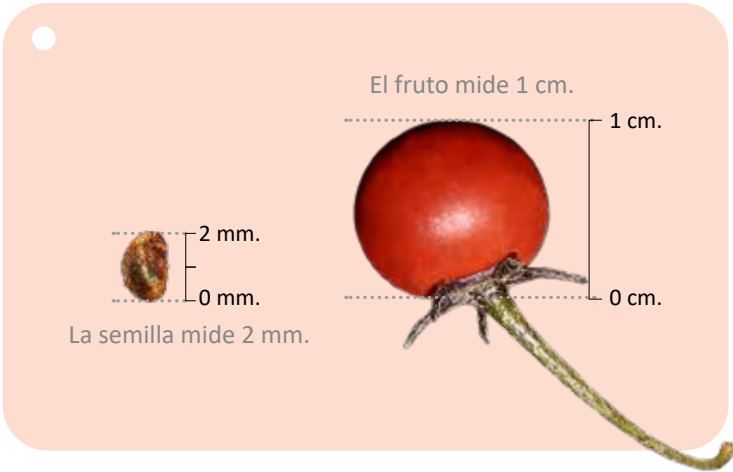
Figura 19. Distribución de *Capsicum dimorphum*.





### *Capsicum geminifolium* (Dammer) Hunz.

Especie silvestre con plantas de 0.7 a 4 m de alto con ramificación tupida. Tallos delgados y flexibles. Las hojas están dispuestas en pares opuestos de diferentes formas y tamaños, uno grande ovado-lanceolado y otro pequeño redondeado. Varias flores y frutos por nudo, cáliz con cinco dientes o apéndices pequeños. La corola es rotada, blanca o amarillenta con manchas moradas a marrones en la garganta y en la parte posterior de los pétalos, las anteras son amarillas. El fruto es esférico, anaranjado a rojo, colgante. Las semillas son marrones.



Habita las márgenes o al interior de los bosques entre los 100 y 3500 m s. n. m. Se registró en el distrito de San Benito, provincia de Contumazá en Cajamarca, en el distrito de Salas, provincia y departamento de Lambayeque y en los distritos de Ayabaca, Frías y Montero de la provincia de Ayacaba, los distritos de Canchaque y Huarmaca de la provincia de Huancabamba y el distrito de Chalaco, provincia de Morropón del departamento de Piura. Distribuida en Colombia, Ecuador y Perú.



**Figura 20.** *Capsicum geminifolium*.  
Departamento de Piura, provincia Huancabamba, distrito de Canchaque.



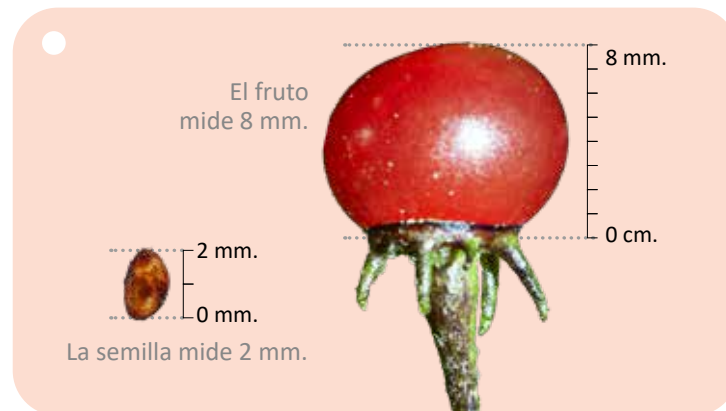
**Figura 21.** Distribución de *Capsicum geminifolium*.





## *Capsicum hookerianum* (Miers) Kuntze

Especie silvestre. Plantas de 1 a 3 m de altura con ramificación tupida. Las hojas son ovadas con ápice puntiagudo. Las flores y los frutos son numerosos por nudo, el pedúnculo no está geniculado a la antesis, cáliz con 10 dientes, a veces cinco largos y cinco más cortos, corola ocre-amarillenta sin manchas en forma de campana rotada. Fruto esférico rojo, no se conoce si es picante. Semillas marrones.



Habita en los bosques secos del Pacífico, entre los 100 y 1000 m s. n. Se registró en el bosque seco del distrito de Tocmoche, provincia de Chota en el departamento de Cajamarca y en el Refugio de Vida Silvestre Laquipampa, distrito de Incahuasi, provincia de Ferreñafe en el departamento de Lambayeque. Distribuida en el sur de Ecuador y el norte del Perú.



**Figura 22.** *Capsicum hookerianum*.  
Departamento de Cajamarca, provincia de Chota, distrito de Tocmoche.



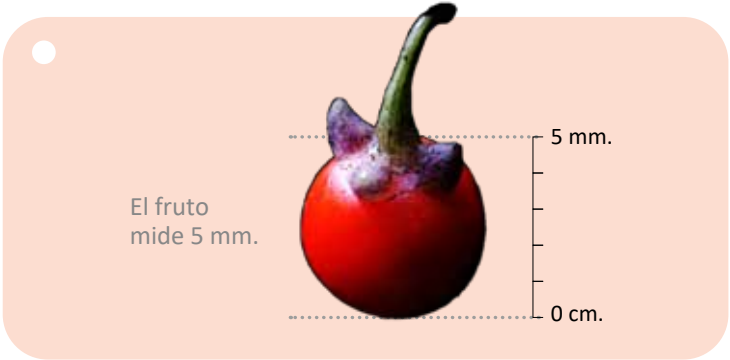
**Figura 23.** Distribución de *Capsicum hookerianum*.





### Capsicum longifolium Barboza & S. Leiva

Especie silvestre, arbustiva de 1.40 a 3 m de altura, con tallos ramificados laxamente, ligeramente plagiotrópicos. Tallos jóvenes verdes, frágiles, glabros, estriados con abundantes lenticelas ovoides y oscuras. Hojas simples, coriáceas, ligeramente decoloridas, superficie adaxial verde oscuro y brillante, superficie abaxial verde claro y opaco, glabra tanto en superficies como en márgenes. Las hojas más grandes con láminas 8.5 a 17 cm de largo y de 1 a 2.5 cm de ancho, estrechamente elíptica. Las hojas menores son ovadas o ampliamente elípticas; pecíolos de 0.1 a 0.5 cm de largo, glabros. Flores en fascículos de 3 a 7 en un brote corto que dejan cicatrices evidentes al caer, rara vez solitarios. Cáliz en forma de copa, muy delgado, transparente, de color verde claro o púrpura verdoso, con 2 a 3 apéndices gruesos como alas triangulares comprimidas. Corola de 6 a 8.5 mm de largo y 8 a 11 mm de



diámetro, estrellado-campanulado, grueso, completamente amarillo o amarillo con coloración marrón rojiza en lóbulos marginales o internos, cinco estambres iguales, filamentos iguales de 2 a 2.6 mm de largo, blanco o marrón rojizo, glabras, insertado en la corola a 2 mm de la base, el cáliz fructífero persistente, no acrescente de 4 a 5.5 mm de diámetro, discoide, verde-violeta o verde. Semilla de color negro, no comprimido, obcónico, la superficie reticulada con celdas de forma rectangular o poligonal, paredes laterales rectas o ligeramente ondeado (Barboza et al., 2019).

Habita en los bosques húmedos, al interior del bosque primario, en áreas poco iluminadas, entre los 1500 y 2600 m s. n. m., asociada con otros arbustos. Endémica del norte de Perú (Amazonas, Cajamarca y Piura) y del sur de Ecuador (Zamora-Chinchipec).



**Figura 24.** *Capsicum longifolium*  
Dibujos a partir de Barboza et al., 2019.



**Figura 25.** Distribución de *Capsicum longifolium*.

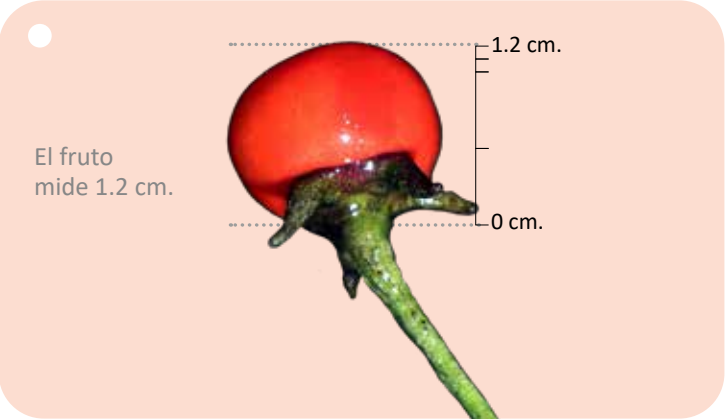




Piura - Huancabamba - San Miguel de el Faique

### Capsicum piuranum Barboza & Leiva

Especie silvestre, arbusto de 2 a 2.20 m de altura, con tallos densamente ramificados. Tallos jóvenes verdes, brillantes, frágiles, flexuosos, glabras, estriados. Hojas simples, membranáceas, decoloradas, superficie adaxial verde oscuro y brillante, superficie abaxial verde claro y opaca, glabra o con tricomas. Flores solitarias o en fascículos de tres; pedicelos florecientes verde, filiforme, terete, colgante, ligeramente curvado, no geniculado en la antesis, cáliz en forma de copa, espeso, morado o morado verdoso, el margen truncado, glabrescente a pubescente, con cinco apéndices gruesos, erectos, subulados, insertados cerca del margen, glabras o glabrescentes con los mismos tricomas que los pedicelos y el



cáliz tubo; corola tubular campanulada, gruesa, completamente amarilla. El fruto es una baya globosa, ligeramente achatada en el ápice, verde o blanco cuando está inmaduro, naranja a rojo en la madurez. Semilla algo comprimida, subreniforme u obcónica, color oscuro marrón, la superficie reticulada, paredes laterales rectas o ligeramente sinuosas, aproximadamente 50 a 80 semillas por fruto (Barboza *et al.*, 2019).

Endémica de los bosques lluviosos y con neblina de Pacífico en el norte del Perú, crece en las márgenes o cerca a fuentes de agua, entre los 2300 y 2860 m s. n. m. en áreas de baja temperatura. Fue registrado en siete lugares del distrito de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba en el departamento de Piura.



Figura 26. *Capsicum piuranum*.  
Departamento de Piura, provincia Huancabamba, distrito San Miguel de El Faique.



Figura 27. Distribución de *Capsicum piuranum*.

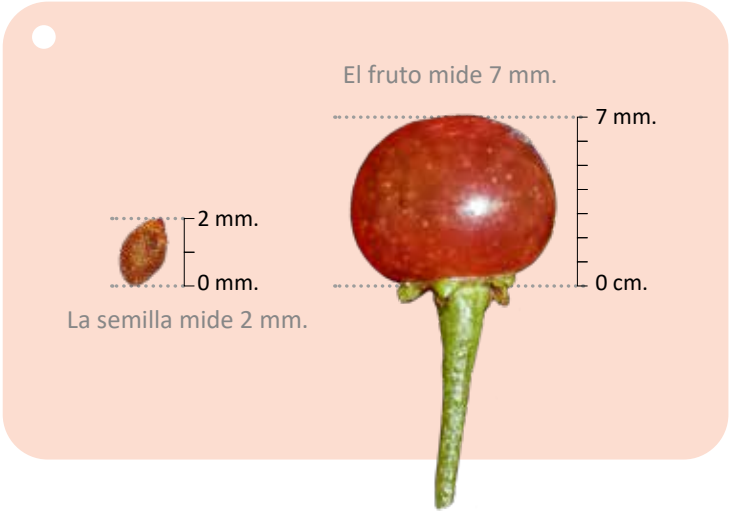




Cajamarca - Santa Cruz - Chancaybaños

### Capsicum rhomboideum (Dunal) Kuntze

Especie silvestre. Es una planta con ramificación tupida. Tallos generados desde la base, a partir del segundo año de crecimiento también desde las raíces, de crecimiento monopodial, sin bifurcaciones principales, literalmente cubiertas de flores y frutos hasta que las hojas quedan ocultas. Hojas romboides, pubescentes. Flor colgante o intermedia, no geniculada, a menudo hay flores dobles o triples, parcialmente fusionadas, corola rotada, amarilla, sin manchas, con anteras amarillas con cinco dientes o apéndices evidentes; el cáliz y el pecíolo son pubescentes. Fruto esférico verde claro cuando está inmaduro, rojo oscuro cuando está maduro, de 5 a 10 mm de diámetro, caduco y jugoso. Las flores y los frutos son numerosos por nudo, en algunos casos la productividad puede ser excepcional. Los frutos son dulces y las semillas de color pardusco, pequeñas y de forma variable.



Crece en matorrales xerófilos, bosques secos y bosque nublado, a veces se la encuentra formando parte de la vegetación de las parcelas agrícolas donde crecen en forma espontánea. Se ha registrado entre los 1685 a 1950 m s. n. m. en los distritos de San Benito, provincia de Contumazá y el distrito de Chancaybaños de la provincia de Santa Cruz, ambos en el departamento de Cajamarca. Especie ampliamente distribuida desde México, Guatemala, Honduras, Colombia, Venezuela y Ecuador hasta el Perú.



Figura 28. *Capsicum rhomboideum*.  
Departamento Cajamarca, provincia Santa Cruz, distrito Chancaybaños.



Figura 29. Distribución de *Capsicum rhomboideum*.

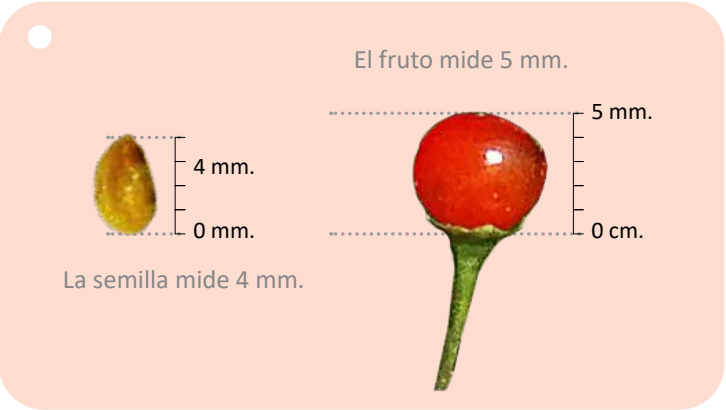




Huancavelica - Tayacaja - Huachocolpa

### *Capsicum tovarii* Eshbaugh, Smith et Nickrent

Especie silvestre endémica de la cuenca del río Mantaro. Es una planta con muchas ramas tupidas, desordenadas, partiendo de la base del tallo. Presenta hojas ovadas con base cuneiforme y ápice agudo, bastante pequeñas. Las flores son campanuladas, semiabiertas, sin manchas y sin dientes o apéndices en el cáliz, existen de 3 a 5 flores en cada nudo. Los frutos son picantes de 0.5 cm de diámetro, blandos y rojos al madurar.



Crece en zonas montañosas xerófilas a mesófilas con abundantes cactus columnares a lo largo de la cuenca del río Mantaro. Es común a pleno sol o protegido bajo los árboles, entre los 850 y los 2500 m s. n. m. Se le ha registrado en el distrito de Pariahuanca, provincia de Huancayo, departamento de Junín, y en los distritos de Colcabamba, Huachocolpa, Lambras, Salcabamba y Surcubamba, en la provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica.

Se le conoce con el nombre local de mocoro, mukuru o mucuru uchu.



**Figura 30.** *Capsicum tovarii*.  
Departamento de Huancavelica, provincia de Tayacaja, distrito de Huachocolpa.



**Figura 31.** Distribución de *Capsicum tovarii*.



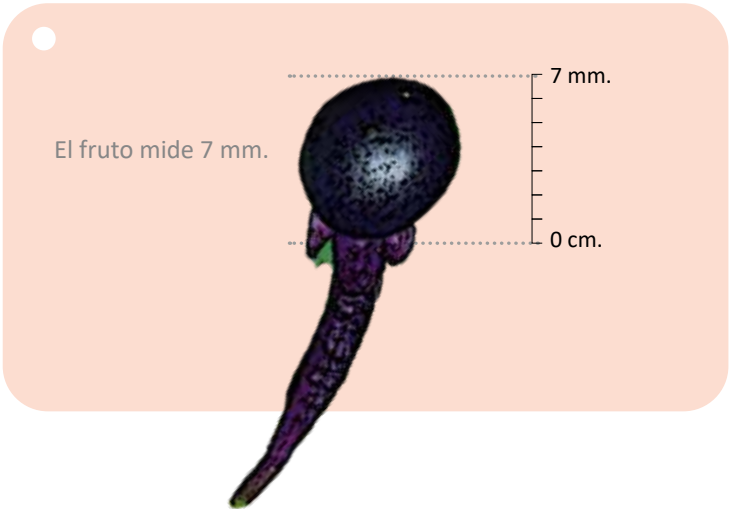


Capsicum regale Barboza & Bohs

Especie silvestre recientemente descrita (Barboza *et al.*, 2020). Es un arbusto delgado de 1.8 a 2.5 m de altura. Tallo principal sólido de 0.8 cm de diámetro en la base, escasamente ramificado hacia el ápice, las ramas dicotómicas, débiles, extendiéndose horizontalmente, de color verde pálido, brillantes, estriados, glabros y nudos verdes cuando jóvenes, corteza marrón oscuro cuando más viejos, glabro con lenticelas. Hojas simples, membranosas, ligeramente decoloradas, de color verde adaxialmente, verde pálido con el nervio central prominente y violeta y los nervios secundarios lila o verde abaxialmente; superficies adaxiales y abaxiales glabras, la base desigual y atenuada, los márgenes enteros y glabros, el ápice apiculado a apiculado largo; pecíolos de 1.5 a 2.3 cm de largo, verde adaxialmente y púrpura abaxialmente, glabros. Inflorescencia de 10 mm de largo no ramificada o raramente bifurcada, corta, con 5 a 13 flores, cáliz de 2 a 3 mm de largo y 2 mm de ancho, en forma de



Figura 32. Capsicum regale. Dibujos a partir de Barboza et al., 2020.



copa, carnoso, verde o púrpura verdosa, el margen truncado, de contorno circular, glabra, con 4 a 5 apéndices, corola de 7 a 8 mm de largo y 10 mm de diámetro, profundamente estrellada, gruesa, con tejido interpetalar estrecho, amarillo puro o amarillo con pigmentación granate. Fruto en baya globosa de 6 a 9 mm de diámetro, verde cuando está inmaduro, se vuelve casi blanco y translúcido durante la transición hasta la madurez, luego se vuelve azul oscuro a púrpura cuando está maduro, glabro, no picante (Barboza *et al.*, 2020).

Habita el bosque cerca del suelo en las laderas amazónicas de los Andes, entre 700 y 1900 m s. n. m., desde el sur de Colombia, el este de Ecuador y el norte del Perú. Barboza *et al.* (2020) en su descripción como especie nueva, reporta un espécimen colectado en el Pongo Chinim entre las cordilleras oriental y occidental de la cordillera de Kampankis, aproximadamente 14 km al sur de la frontera entre Perú y Ecuador en el distrito de Morona de la provincia Datem del Marañón del departamento de Loreto.





El registro actual de once de las especies del género *Capsicum* presentes en el territorio peruano indica con claridad una importante presencia de las especies domesticadas respecto de las silvestres, en áreas cultivadas o con algún nivel de intervención humana. Las silvestres se encuentran concentradas en lugares poco disturbados o cubiertos por el bosque.

**Tabla 5.** Frecuencia de las especies de *Capsicum* en la evaluación de línea de base. Total de prospecciones: 1226 en 327 distritos de los 24 departamentos.

| Especies                                       | Cultivado / Silvestre | Frecuencia en prospecciones | Distritos | Provincias | Departamentos |
|------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------|------------|---------------|
| <i>C. annuum</i> variedad <i>annuum</i>        | Cultivado             | 81                          | 52        | 35         | 16            |
| <i>C. annuum</i> variedad <i>glabriusculum</i> | Semí cultivado        | 31                          | 14        | 6          | 5             |
| <i>C. baccatum</i> variedad <i>baccatum</i>    | Silvestre             | 16                          | 6         | 4          | 2             |
| <i>C. baccatum</i> variedad <i>pendulum</i>    | Cultivado             | 233                         | 129       | 71         | 21            |
| <i>C. chinense</i>                             | Cultivado             | 288                         | 127       | 70         | 23            |
| <i>C. dimorphum</i>                            | Silvestre             | 1                           | 1         | 1          | 1             |
| <i>C. frutescens</i>                           | Cultivado             | 193                         | 83        | 40         | 17            |
| <i>C. geminifolium</i>                         | Silvestre             | 13                          | 7         | 4          | 2             |
| <i>C. hookerianum</i>                          | Silvestre             | 2                           | 1         | 1          | 1             |
| <i>C. piuranum</i>                             | Silvestre             | 7                           | 1         | 1          | 1             |
| <i>C. pubescens</i>                            | Cultivado             | 363                         | 143       | 55         | 17            |
| <i>C. rhomboideum</i>                          | Silvestre             | 5                           | 2         | 2          | 1             |
| <i>C. tovarii</i>                              | Silvestre             | 9                           | 6         | 2          | 2             |

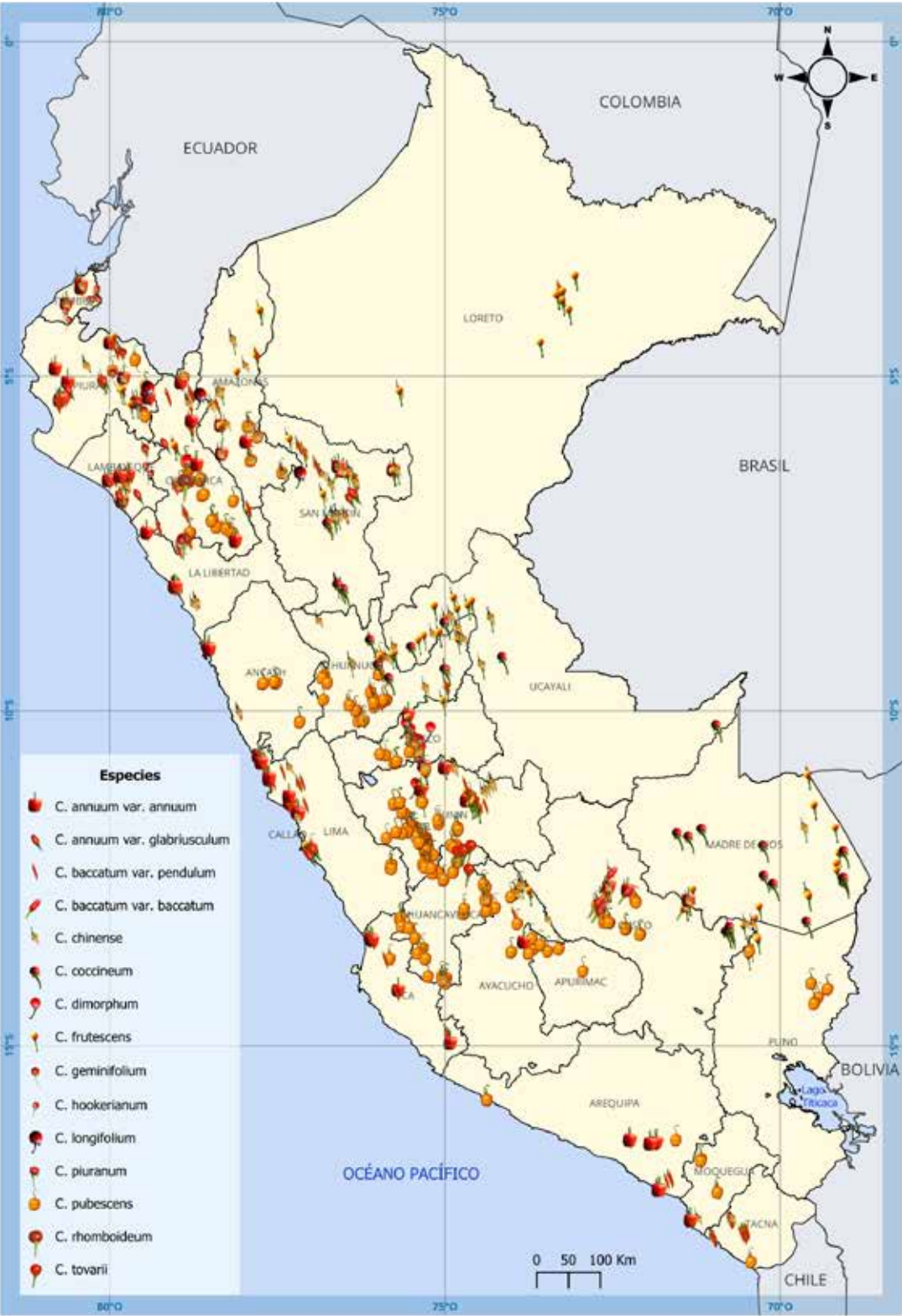
El rocoto (*C. pubescens*) es la especie cultivada que se ha encontrado con más frecuencia en las prospecciones y en los diferentes distritos. Mientras que el ají mocho, para la región chala, o charapita (*C. chinense*) para la rupa rupa y omagua fue el segundo más frecuente a nivel de las prospecciones y el primero a nivel de los departamentos. El ají amarillo o mirasol (*C. baccatum* variedad *pendulum*) fue el tercero más frecuente y segundo a nivel de los departamentos. El ají pipí de mono (*C. frutescens*) es el cuarto más frecuente en las prospecciones y el tercero registrado en los departamentos; es una especie normalmente encontrada en la rupa rupa y la omagua, también se le ha encontrado cultivado en la chala desde Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad hasta Lima. El pimentón (*C. annuum* variedad *annuum*) es el menos frecuente entre las especies cultivadas de *Capsicum*; solamente se lo ha encontrado en 74 prospecciones, y en cuarto lugar en los departamentos, principalmente en la chala de los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Lima, Ica, Arequipa hasta Moquegua, donde también se cultiva la páprika.

Entre las dos variedades botánicas de las especies cultivadas, a *C. annuum* variedad *glabriusculum* se lo encontró en 31 prospecciones en los distritos de Pomahuaca y Pucará, provincia de Jaén en el departamento de Cajamarca; los distritos de Chiclayo y José Leonardo Ortiz, de la provincia de Chiclayo en el departamento de Lambayeque; los distritos de Barranco, La Molina, Los Olivos, Magdalena del Mar, San Borja y Santa Anita en la ciudad de Lima; los distritos de Chulucanas (provincia de Morropón) y Castilla (provincia de Piura) en el departamento de Piura y los distritos de Buenos Aires y Caspisapa de la provincia de Picota en el departamento de San Martín).

Mientras que a *C. baccatum* variedad *baccatum*, se ha encontrado en 16 lugares de los distritos de Yanatile (provincia de Calca), Kosñipata (provincia de Paucartambo), Maranura, Quellouno y Santa Ana (provincia de La Convención) en el departamento de Cusco, y en el departamento de San Martín en el distrito de Shanao provincia de Lamas.

En cuanto a la distribución actual de las especies silvestres, *C. geminifolium* fue el más frecuente, se encontró en once prospecciones, una en el distrito de Tocmoche (Chota, Cajamarca) y en otras diez en Piura, distritos de Ayabaca, Frias, Montero (provincia de Ayabaca), Canchaque y Huarmaca (provincia de Huancabamba) y Chalaco (provincia de Morropón). Mientras que *C. piuranum*, como su nombre lo indica, es endémico del departamento de Piura, donde fue encontrado solamente en el distrito de San Miguel de El Faique, provincia de Huancabamba. En cuanto a *C. tovarii*, otra especie endémica, fue encontrada en los distritos de Pariahuanca (provincia de Huancayo, departamento de Junín), Colcabamba, Lambras, Huachocolpa, Salcabamba, Salcahuasi y Surcubamba (provincia de Tayacaja, departamento de Huancavelica).

La revisión de literatura y bases de datos de especies de *Capsicum* registradas en el territorio nacional confirman la presencia de otras siete especies silvestres: *C. dimorphum*, *C. longifolium*, *C. hookerianum*, *C. coccineum*, *C. rhomboideum*, *C. geminifolium* y *C. regale*, esta última descrita recientemente, de ellas, *C. longifolium*, *C. coccineum* y *C. regale* no fueron encontradas durante las prospecciones presentes. Todas estas especies crecen en el bosque amazónico en la región natural rupa rupa y omagua, o en el bosque seco de región natural chala. Las circunstancias de inaccesibilidad y estacionalidad (inundaciones), y las restricciones a causa de la emergencia sanitaria por la COVID-19, dificultaron el trabajo de campo, por lo que es importante continuar realizando prospecciones para cubrir áreas adicionales.



**Figura 33.** Distribución actual del género *Capsicum* a nivel nacional



Por otro lado, las prospecciones también permitieron recolectar muestras de semillas para conservación de germoplasma. En el anexo 4 se detalla las 191 colectas de germoplasma de las cinco especies domesticadas, sus dos variedades botánicas y tres especies silvestres proporcionadas al INIA para su conservación y futuros trabajos de investigación. En el anexo 5 se detalla las 75 muestras herborizadas de las especies cultivadas y silvestres entregadas al herbario HCEN de la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), para su conservación y el desarrollo de futuros trabajos de investigación.

### Distribución potencial de las especies de *Capsicum* en el Perú

A partir de las prospecciones realizadas en campo, se realizó el modelamiento de la distribución potencial de las especies y la concentración de diversidad de las especies de ají y rocoto y sus parientes silvestres, a través de tres procesos: i) elaboración de la matriz de densidad potencial de las especies, que se calcula utilizando el modelo de densidad de Kernel, teniendo como resultado las áreas con mayor densidad representativa de cada especie en función a los puntos georreferenciados de las prospecciones; ii) determinación de la matriz de probabilidad de máxima entropía, la cual fue modelada con los puntos georreferenciados de las prospecciones y las variables climáticas, atmosféricas y orográficas; y iii) realización del análisis espacial de estos dos resultados, utilizando el cuartil superior de cada resultado para realizar una matriz única, en la cual se describe qué especies pueden tener alta probabilidad de ocurrencia y densidad en un espacio determinado (figura 34).

El mayor potencial de concentración de las especies cultivadas y silvestres de *Capsicum* se ha registrado en los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad, Ancash, Cajamarca, San Martín, Huánuco, Junín y Ayacucho que abarca la región nor-andina del este y oeste (figura 34).

Además, en la figura 35 se presenta la concentración de la diversidad de *Capsicum* por regiones naturales a nivel nacional obtenida en las prospecciones realizadas.





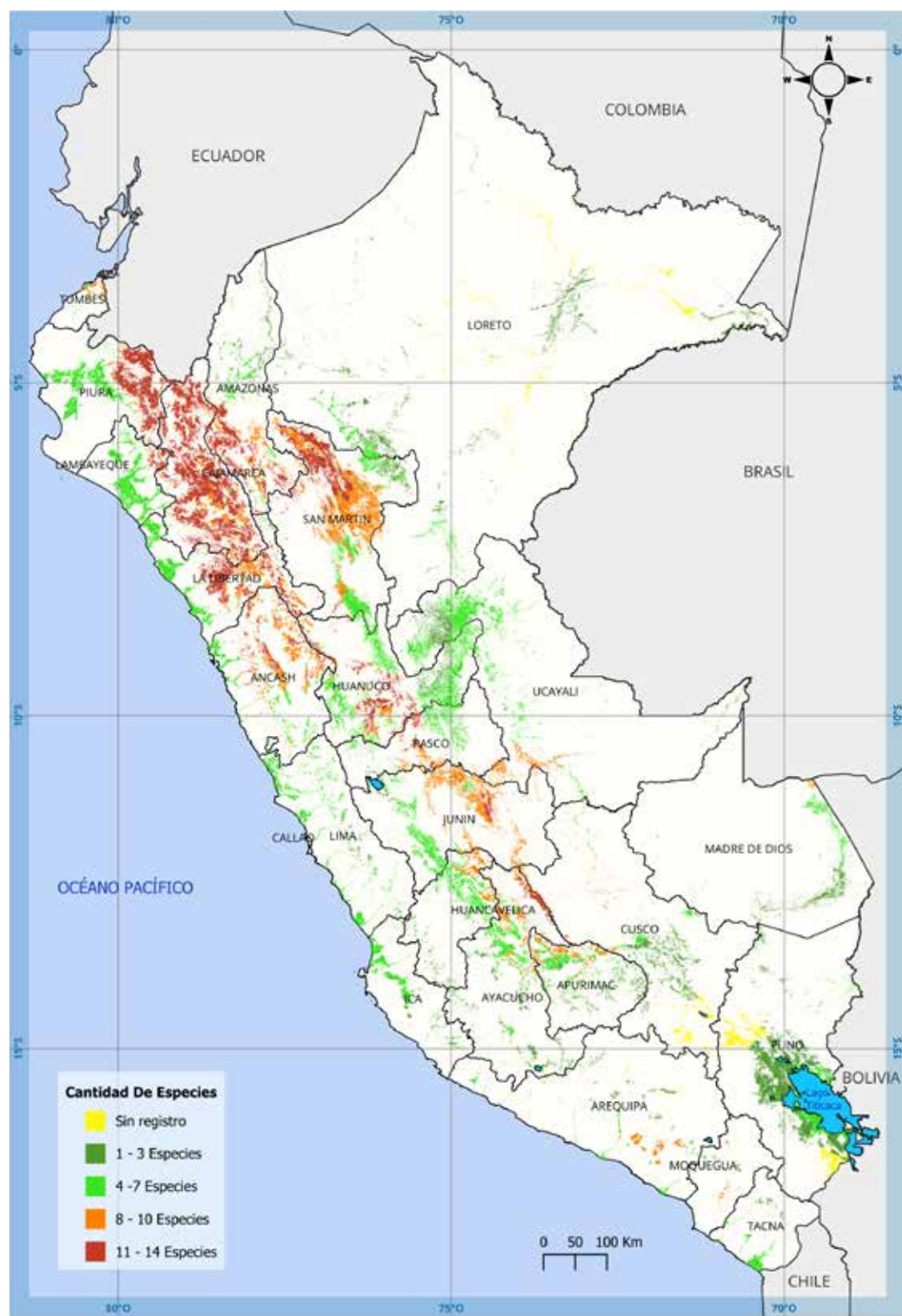


Figura 34. Distribución potencial de las especies de *Capsicum* cultivado y sus parientes silvestres en zonas agrícolas.

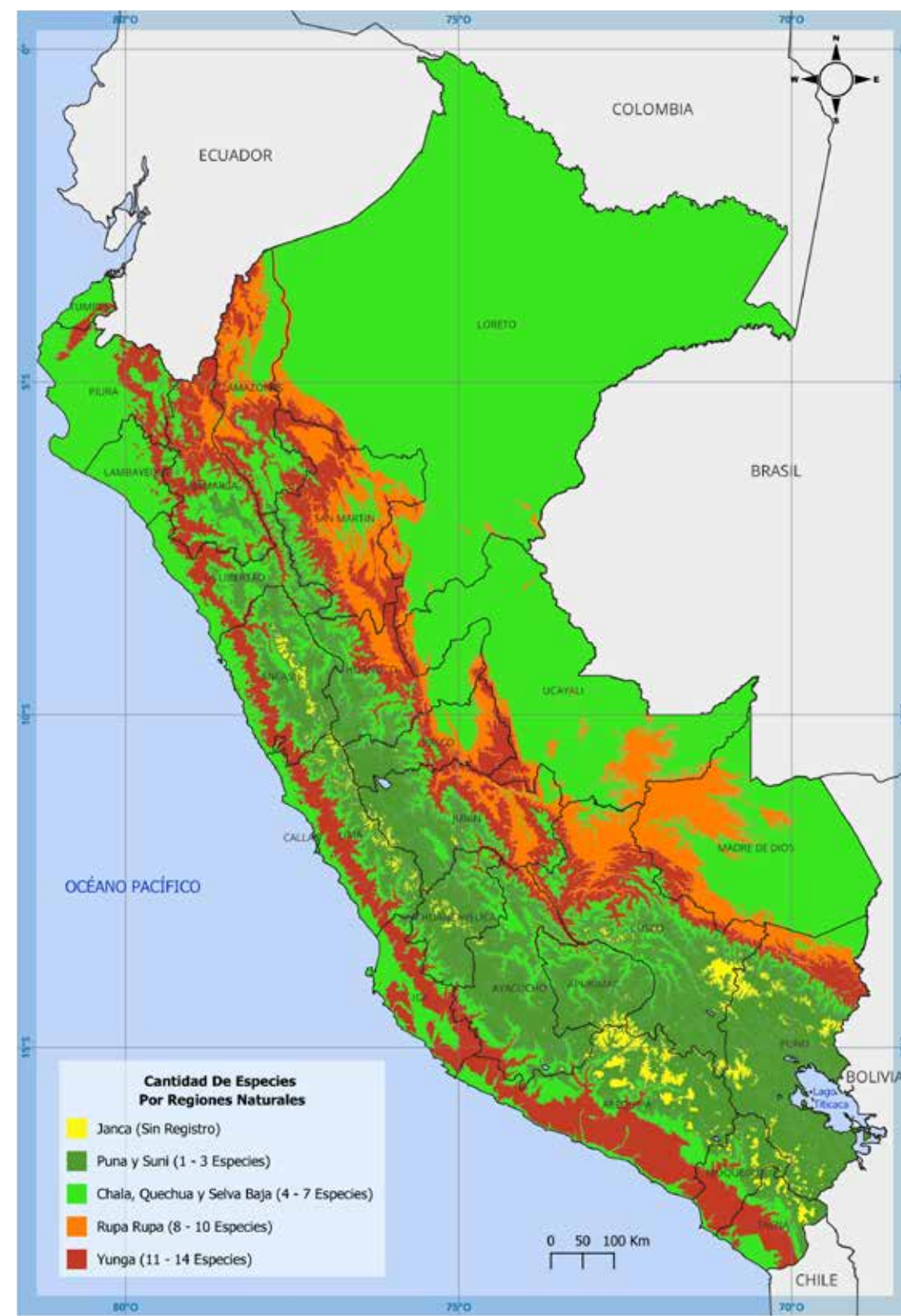


Figura 35. Concentración de la diversidad de *Capsicum* por regiones naturales.



2.4. Biología floral

Para conocer la forma y función de las flores se revisó con detalle la literatura y se montaron experimentos en ocho distritos (anexo 6).

En el Perú encontramos especies del género *Capsicum* que poseen flores blancas con o sin tonalidades y con o sin manchas (*C. annuum*, *C. frutescens* y *C. baccatum*), moradas (*C. pubescens*) y amarillas (silvestres como *C. piuranum* y *C. geminifolium*). La tabla 6 presenta las características de las flores de las cinco especies cultivadas y la tabla 7 presenta las características de las flores de ocho especies silvestres y una variedad botánica.

Tabla 6. Características de las estructuras florales en las especies cultivadas de *Capsicum*.

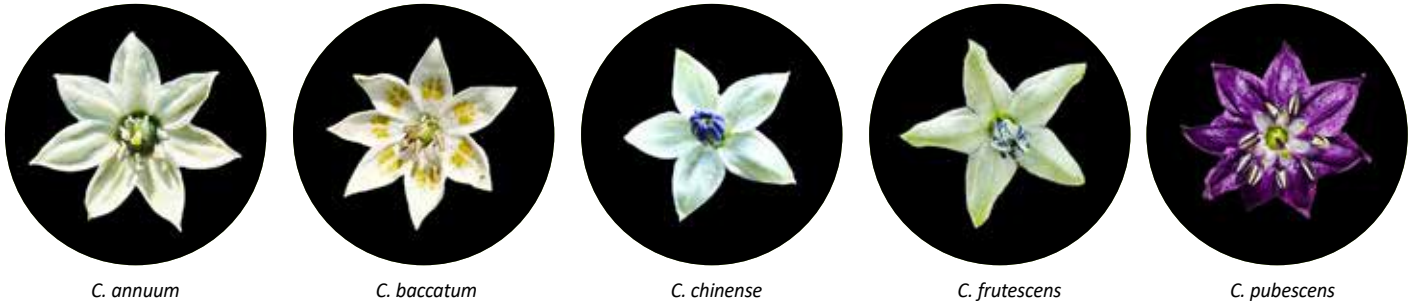
| Especie              | Forma de la corola | Color de la corola                    | Manchas                               | Color de las anteras             | Color del filamento | Dehiscencia de las anteras | Diámetro de la corola | Numero de pétalos             | Número de estambres | Posición del gineceo              |
|----------------------|--------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------------------|---------------------|-----------------------------------|
| <i>C. pubescens</i>  | Estrellada         | Morado                                | Blancas, en la parte basal del pétalo | Morado                           | Morado              | Longitudinal               | 23 mm                 | 6 y en menor proporción 7 y 8 | 6 a veces 7 y 8     | Al nivel de las anteras           |
| <i>C. chinense</i>   | Estrellada         | Blanca con tenue tonalidad verdosa    | No presenta                           | Morado                           | Lila o morado claro | Longitudinal               | 13 mm                 | 5                             | 5                   | Inserto                           |
| <i>C. baccatum</i>   | Estrellada         | Blanca                                | Amarillo oscuro                       | Amarilla con pigmentación marrón | Amarillo pálido     | Longitudinal               | 24 mm                 | 6-9                           | 6-9                 | Inserto y al nivel de las anteras |
| <i>C. frutescens</i> | Estrellada         | Blanca con tonalidad Amarillo-verdoso | No presenta                           | Amarillo con bordes oscuros      | Amarillo claro      | Longitudinal               | 13 mm                 | 5 y a veces 6                 | 5 y a veces 6       | Exerto                            |
| <i>C. annuum</i>     | Estrellada         | Blanca                                | No presenta                           | Violeta verdoso                  | Violeta             | Longitudinal               | 30 mm                 | 6                             | 6                   | Inserto                           |

Tabla 7. Características de las estructuras florales en las especies silvestres de *Capsicum*

| Especie                                 | Forma de la corola | Color de la corola | Manchas                                         | Color de las anteras | Dehiscencia de las anteras | Numero de pétalos | Número de estambres |
|-----------------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------|---------------------|
| <i>C. piuranum</i>                      | Campanulada        | Amarilla           | No presenta                                     | Amarillas            | Longitudinal               | 5                 | 5                   |
| <i>C. geminifolium</i>                  | Rotada             | Amarilla           | Amarronadas abundantes, pero puede no presentar | Amarillas            | Longitudinal               | 5                 | 5                   |
| <i>C. dimorphum</i>                     | Estrellada         | Amarilla           | No presenta                                     | Cremas               | Longitudinal               | 5                 | 5                   |
| <i>C. tovarii</i>                       | Rotada             | Verdoso            | Lilas o Moradas                                 | Moradas              | Longitudinal               | 5                 | 5                   |
| <i>C. hookerianum</i>                   | Rotada             | Ocre-amarillenta   | No presenta                                     | -                    | Longitudinal               | -                 | -                   |
| <i>C. baccatum</i> var. <i>baccatum</i> | Rotada             | Blanca             | Amarillo verdoso                                | Amarillas claras     | Longitudinal               | 5                 | 5                   |
| <i>C. rhomboideum</i>                   | Rotada             | Amarilla           | No presenta                                     | Amarillas            | Longitudinal               | 5                 | 5                   |
| <i>C. longifolium</i>                   | Rotada             | Amarillo           | A veces bordes amarronados                      | Amarillas y moradas  | Longitudinal               | 5                 | 5                   |
| <i>C. coccineum</i>                     | Estrellada         | Amarillo           | Marrón rojizo                                   | Amarillas            | Longitudinal               | 5                 | 5                   |

Las flores son características para cada especie, con diferencias no solo en color, y presencia de manchas en los pétalos, sino también en la forma de la flor o el número de pétalos (figura 36).

Especies domesticadas:



Especies silvestres:

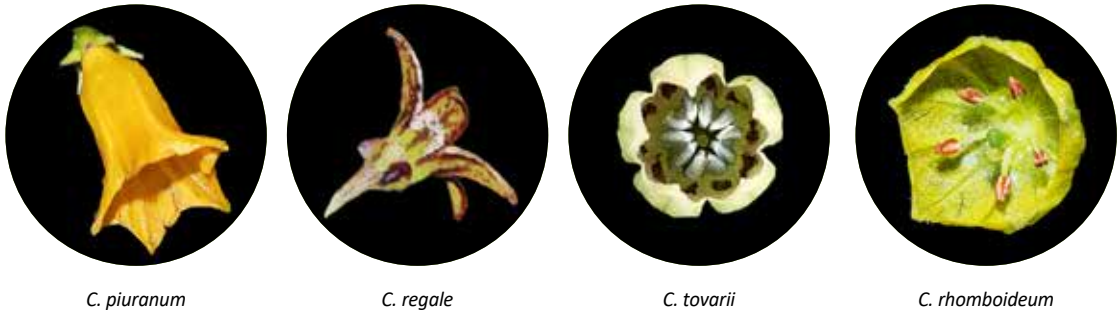


Figura 36. Flores de las especies de *Capsicum*.

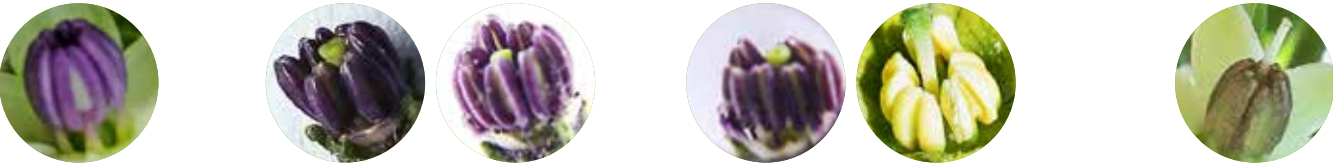


Las especies con flores de características más similares son *C. chinense* y *C. frutescens*. En el caso de *C. geminifolium*, se pueden presentar flores sin manchas, mientras que con *C. pubescens*, *C. chinense* y *C. baccatum* se ha hallado que el número de pétalos es variable, y el número de estambres es igual al número de pétalos, pues están fusionados a estos.

Las anteras se abren longitudinalmente. En la mayoría de las especies cultivadas comienzan a abrirse sincronizadamente con la flor, y se abren completamente cuando la flor ya se ha abierto. Sin embargo, esto no sucede en todas las flores, pudiendo encontrarse flores en fase de apertura con las anteras totalmente abiertas y flores totalmente abiertas con las anteras cerradas. Una característica que asocia las anteras con el aparato reproductor femenino es la posición del estigma, pudiendo ser insertas, al nivel de las anteras o exertas. Esta característica está relacionada con la potencialidad de polinización cruzada, siendo los estigmas exertos los más susceptibles a la polinización cruzada (figura 39).



Figura 37. Anteras en diferentes fases de apertura



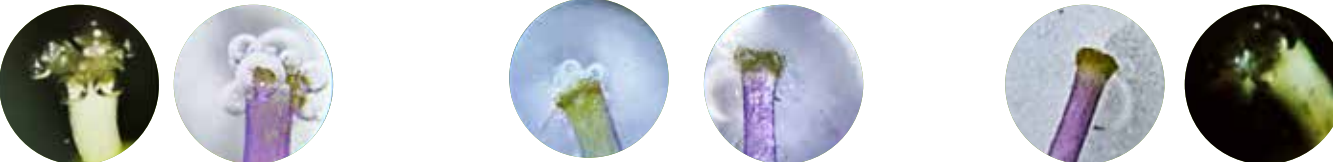
Gineceo inserto

Gineceo al nivel de las anteras

Gineceo ligeramente exerto

Gineceo exerto

Figura 38. Apertura de anteras y posición del gineceo



Alta

Media o regular

Baja

Figura 39. Receptividad del estigma

La posición de las flores es erecta en todas las especies cultivadas de *Capsicum*, mientras que la floración varía por especie, siendo *C. chinense* el más precoz y *C. pubescens* el que demora más tiempo en presentar la floración. El número de flores es de uno o dos (tabla 8).

Tabla 8. Características florales de las especies cultivadas de *Capsicum*.

| Característica                           | <i>C. annuum</i>                         | <i>C. baccatum</i>                                | <i>C. chinense</i>                                | <i>C. frutescens</i>                              | <i>C. pubescens</i>                                   |
|------------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Número de flores por axila               | 1                                        | 1                                                 | 1 a 2, predominantemente 1                        | 2                                                 | 1 a 2, predominantemente 1                            |
| Número de días a la emergencia de yemas  | 35                                       | 60                                                | 41 días después de la siembra                     | 85                                                | 91 días después de la siembra                         |
| Número de días formación de los capullos | 50                                       | 67                                                | 45 días después de la siembra                     | 90                                                | 99 días después de la siembra                         |
| Número de días a la apertura de la flor  | 70                                       | 75                                                | 48 días después de la siembra                     | 96                                                | 113 días después de la siembra                        |
| Antesis                                  | 8 am hasta que cae el sol                | 8 am hasta que cae el sol                         | La mayoría de 9 am a 2 pm                         | 6 am a mediodía                                   | 7 am a mediodía                                       |
| Cierre o caída de la flor                | Comienzan a marchitarse al día siguiente | Marchita sin caer al día siguiente                | El mismo día de la antesis a partir de las 4 pm   | El mismo día en la tarde                          | 2 días después de la antesis                          |
| Receptividad del estigma (pre antesis)   | Alta                                     | Alta                                              | Regular                                           | Baja                                              | Alta                                                  |
| Receptividad del estigma (antesis)       | Alta                                     | Baja                                              | Muy alta                                          | Alta                                              | Muy alta                                              |
| Receptividad del estigma (post antesis)  | Baja                                     | Baja                                              | Muy baja                                          | Alta                                              | Regular                                               |
| Dehiscencia de las anteras               | Antes de que se abra la flor             | El mismo día de la antesis cuando la flor se abre | El mismo día de la antesis cuando la flor se abre | El mismo día de la antesis cuando la flor se abre | El mismo día de la antesis es cuando la flor se abre. |
| Número de flores por planta              | 25                                       | 174                                               | Entre 200 a más de 350                            | 170                                               | 37.4                                                  |
| Número de frutos por planta              | 7                                        | 52                                                | Entre 70 a más de 300                             | 75                                                | 30.6                                                  |
| Número de semillas por frutos            | 18                                       | 60                                                | 30.3                                              | 35                                                | 26.2                                                  |
| Color de la semilla                      | Amarilla clara                           | Amarilla clara                                    | Amarilla clara                                    | Amarilla clara                                    | Negra                                                 |
| Maduración de los frutos                 | 160 días después de la siembra           | 140 días después de la siembra                    | 72 días después de la siembra                     | 121 días después de la siembra                    | 182 días después de la siembra                        |



En las especies cultivadas la antesis se inicia en las primeras horas de la mañana; sin embargo, depende de la temperatura y del brillo del sol. Si el día es frío y nublado comenzará más tarde. Las flores se abren a lo largo de la mañana; en el caso de *C. chinense* continúan hasta las dos de la tarde, aunque en menor número. Las flores se desprenden dejando el ovario desnudo, aunque en el caso de *C. baccatum* la corola la mayor parte de las veces no se desprende y se marchita, convirtiéndose en una especie de faldilla en el fruto.

También se ha medido la receptividad del estigma. El día anterior a la antesis *C. baccatum* y *C. pubescens* muestran una alta receptividad, mientras que *C. chinense* muestra una menor receptividad del estigma antes de la antesis. El día de la antesis la receptividad aumenta, con excepción de *C. baccatum*. En el caso de *C. frutescens*, esta receptividad continúa al día siguiente de la antesis, mientras que en las otras especies baja.

En las especies silvestres la floración depende de la estación de lluvias, pues estas especies no son anuales y en este trabajo se ha visto que la floración parece iniciarse en marzo y durar hasta junio aproximadamente; luego comienza la maduración de los frutos junto con el periodo de estío.

### 2.5. Flujo de genes

Se puede estimar las distancias de dispersión y el flujo genético por polen y semilla en una población por métodos directos (Eguiarte *et al.*, 2015). Los métodos indirectos en cambio son usados con mayor frecuencia para estimar el flujo génico en detalle y con mayor resolución, basados en la observación de la distribución espacial de alelos en las poblaciones para inferir los niveles o patrones de flujo génico (Slatkin, 1985, citado en Aguirre-Planter, 2007).

Se ha demostrado un alto flujo genético en *C. annuum* a nivel de poblaciones, aunque este flujo se vuelve bajo en poblaciones silvestres autopolinizantes (Pacheco *et al.*, 2012). En *C. chinense* se ha reportado un alto flujo genético entre las poblaciones con altas tasas de polinización cruzada (López *et al.*, 2018).

En *C. baccatum* se ha comprobado el flujo genético gracias a la dispersión natural de polen a larga distancia, mediada por agentes como insectos y aves. Esta dispersión, sin embargo, no es tan significativa para el flujo genético como la dispersión de semillas a través de las actividades antrópicas, que pueden trasladar genes de poblaciones separadas por más de 3000 km (Albrecht *et al.*, 2012).

En cuanto al flujo genético entre cultivos convencionales de *Capsicum* y su contraparte OVM, Kim *et al.* (2009) realizaron por dos años en la República de Corea, el seguimiento del flujo genético entre un pimiento genéticamente modificado (que contiene el gen PepEST de la esterasa del pimiento), dos cultivares comerciales híbridos y una línea control no transformado, confirmandose la presencia del OVM en las semillas de las plantas convencionales. Como conclusión, estos autores recomiendan una distancia limitada de aislamiento para una prevención adecuada del flujo genético de OVM a los ajíes convencionales.

### 2.6. Cruzabilidad

En *Capsicum* se presentan barreras de entrecruzamiento entre dos grupos distintos, el de flor blanca dentro del cual se encuentran *C. annuum*, *C. frutescens*, y *C. baccatum*, y el de flor morada, donde se encuentra *C. pubescens* (Zijlstra, Purimahua & Lindhout, 1991). Además, tomando en cuenta su cruzabilidad, se pueden considerar tres complejos genéticos (Coutinho *et al.*, 2015):

- a) Complejo *C. annuum*: *C. annuum* variedad *annuum*, *C. annuum* variedad *glabriusculum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. chacoense* y *C. galapagoense* (Pickersgill 1971, Zijlstra *et al.*, 1991, citados por Coutinho *et al.*, 2015);
- b) Complejo *C. baccatum*: *C. baccatum* variedad *baccatum*, *C. baccatum* variedad *pendulum* y *C. baccatum* variedad *praetermissum* (Pickersgill 1991, Zijlstra *et al.* 1991; citados por Coutinho *et al.*, 2015) y *C. tovarii* (Tong and Bosland 1999; citados por Coutinho *et al.*, 2015);
- c) Complejo *C. pubescens*: *C. cardenasii*, *C. eximium* y *C. pubescens* (Pickersgill 1991, Zijlstra *et al.*, 1991; citados por Coutinho *et al.*, 2015).

Por otro lado, Carrizo *et al.* (2016) agruparon las especies de *Capsicum* en once clados definidos por caracteres morfológicos, evolución de los mismos, origen y filogenia: i) Clado Andino, ii) Clado Caatinga, iii) Clado Flexousum, iv) Clado Boliviano, v) Clado Longidentatum, vi) Clado de Corola Púrpura, vii) Clado del Bosque Atlántico, viii) Clado Pubescens, ix) Clado Tovarii, x) Clado Baccatum y xi) Clado Annuum.

Las especies presentes en el Perú se encuentran en seis clados: i) Clado Andino con las especies *C. dimorphum*, *C. rhomboideum*, *C. geminifolium* y *C. hookerianum*; iv) Clado Boliviano con *C. coccineum*; viii) Clado Pubescens con *C. pubescens*; ix) Clado Tovarii con *C. tovarii*; x) Clado Baccatum con *C. baccatum* y xi) Clado Annuum con *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*.

Por otro lado, las especies de mayor interés económico y agronómico se encuentran en tres clados: viii) Clado Pubescens con *C. pubescens*; x) Clado Baccatum, con la especie cultivada *C. baccatum* variedad *pendulum* y las silvestres o semidomesticas *C. baccatum* variedad *baccatum* y *C. baccatum* variedad *umbilicatum* y xi) Clado Annuum con las especies cultivadas *C. annuum* variedad *annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense* y los taxones silvestres *C. annuum* variedad *glabriusculum* y *C. galapagoense* (Tripodi & Kumar, 2019).

Usualmente es difícil obtener híbridos interespecíficos entre las especies de *Capsicum* de los diferentes complejos genéticos, debido principalmente a la incompatibilidad entre las especies, incompatibilidad unilateral y aborto del embrión después de la fertilización y esterilidad masculina (Olantunji & Morakinyo, 2016). Sin embargo, en el Clado Annuum se ha reportado una falta de barreras interespecíficas entre *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, lo que ha significado que la mayor parte de las actividades de mejoramiento genético se hayan hecho en este clado (Pickersgill 1997; Perry *et al.* 2007, citados por Tripodi & Kumar, 2019).

Las barreras postcigóticas en *Capsicum* han sido reportadas por varios autores en cruces de *C. frutescens* por *C. baccatum*; la fecundación falla aun si el polen germina, mientras que en otros cruces en los que se involucran las especies cultivadas, con excepción de *C. pubescens*, los híbridos presentan enanismo (Shiragaki, Yokoi & Tezuka, 2020).

Las especies cultivadas de *Capsicum* pertenecen a tres reservorios genéticos primarios, cuyos centros corresponden a los clados Annuum, Baccatum y Pubescens. Estos reservorios se basan en la proximidad genética y la compatibilidad reproductiva entre ellas (van Zonneveld *et al.*, 2015), y se han reportado casos de cruzamientos entre los complejos Annuum y Baccatum (Coutinho *et al.*, 2015; Manzur *et al.*, 2015; Olantunji & Morakinyo, 2016; Parry *et al.*, 2021) si la compatibilidad entre los reservorios genéticos es pequeña.

Se han realizado muchos estudios de cruzabilidad en *Capsicum*. Cruzamientos realizados entre las especies que están presentes en nuestro territorio se detallan en el anexo 7. Los cruces de ajíes de flor blanca con *C. annuum* resultan exitosos, mientras que hay una incompatibilidad entre las especies de flor blanca y las especies de flor morada (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991). Existe mayor compatibilidad entre las especies del clado *Annuum*, y en segundo lugar, entre las especies de los clados Annuum y Baccatum (Coutinho *et al.*, 2015). En estos estudios los grados de éxito fueron muy variables, con una tasa de hibridación intra e

interespecífica baja, una pobre viabilidad de semillas, y baja producción de híbridos fértiles (Falusi & Morakinyo, 1994; Olantunji & Morakinyo, 2016; Zewdie & Bosland, 2000).

Por otro lado, los cruzamientos tienen un éxito diferencial de acuerdo a la especie receptora o donadora de polen. Así el cruzamiento *C. annuum* por *C. frutescens* tiene mejores resultados que el cruzamiento recíproco (Kumar & Tata, 2015), lo que también sucede en los cruces de *C. annuum* por *C. chinense* (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993) y *C. baccatum* por *C. chinense* donde el cruce recíproco produce plantas enanas (Manzur *et al.*, 2015).

La compatibilidad dentro del complejo *annuum* se evidencia con una especie denominada *C. assamicum*, híbrido desarrollado a partir del cruce de *C. frutescens* y *C. chinense* (Purkayastha *et al.*, 2012, citado por Fernandes, Santana & Coutinho, 2017). Además, se ha observado que en los cruces de *C. annuum* por *C. chinense*, la tasa de heredabilidad de capsaicina mejora con retrocruces con los progenitores, sugiriendo la posibilidad de introgresión interespecífica de genes (Zewdie & Bosland, 2000).

Las barreras postcigóticas que constituyen el cuello de botella para el mejoramiento en *Capsicum*, pueden ser superadas por técnicas como el rescate de embriones y la metodología de puentes genéticos; en este caso se usa una especie cercana filogenéticamente a las especies de interés, cruzándola en primer lugar con una de las especies de interés y cruzando luego el híbrido resultante con la otra especie con la que se desea obtener el cruce (Yagüe, 2020; Fernandes, Santana & Coutinho, 2017). Esto se ha realizado en el caso del uso de híbridos con *C. frutescens* o *C. chinense*, usados como puente genético entre *C. annuum* y *C. baccatum*. En este caso se ha logrado la primera generación normal y con mayor fertilidad realizando el cruce entre (*C. annuum* por *C. chinense*) por *C. baccatum* y viceversa con excepción del cultivar “ají amarillo” con la que no se lograron frutos; de igual manera con el cruzamiento (*C. baccatum* por *C. chinense*) por *C. annuum* (Manzur *et al.*, 2015).

En consecuencia, las especies del género *Capsicum* tienen un rango variable de cruzabilidad; esto significa que a pesar de las barreras reproductivas pre y postcigóticas, se puede esperar intercambios de acervos genéticos interespecíficos.

Para finalizar, es importante señalar que las especies cultivadas en el Perú, *C. chinense* y *C. frutescens*, del clado *Annuum*, logran híbridos fértiles con *C. annuum*, a pesar de la existencia de mecanismos genéticos que previenen el flujo genético entre estas especies (Bosland & Baral, 2004).



2.7. Flujo de semillas

Fricke *et al.* (2013) citan las ventajas de la dispersión de semillas, especialmente la deposición de semillas lejos de la planta progenitora, donde la sobrevivencia es mayor que junto a la planta madre, donde hay mayor cantidad de predadores y patógenos. Pero esto no es suficiente en muchos casos, por lo que las plantas también dependen de la dispersión de semillas por agentes abióticos y bióticos, como insectos o animales vertebrados.

La dispersión por vertebrados puede presentar algunos problemas con respecto a los depredadores de frutos y semillas. La planta debe repeler a los predadores de semillas y atraer a los dispersores de semillas simultáneamente. Los *Capsicum* silvestres producen capsaicina en su pulpa para afectar a los consumidores de manera diferencial. Para los mamíferos como pequeños roedores, los frutos con capsaicina serán demasiado picantes, lo que hará que no formen parte de su dieta, mientras que las aves sin sensibilidad a la capsaicina tragan el fruto entero y dispersan las semillas intactas (Burns, 2012).

En el Perú se conocen aves que consumen ají, como el cuspón en Ancash; el zorzal o yocyo, el zorzal negro o chihuillo (*Dives warczewiczi*), el picuruy, la pichichanca (*Zonotrichia capensis*), en Cajamarca; el uchupishpis (un ave de color amarillo y negro que se alimenta principalmente de ají) y el ave q’illupisqu o calandria (*Pheucticus chrysogaster*), que se alimenta de rocotos, en Paucartambo. En algunos casos esas aves se constituyen en plagas al consumir todos los frutos de la planta, dejando solo los tallos, o como en el caso del loro pihuicho<sup>1</sup>, que defolia las plantas del rocoto (Rodríguez, 2016b).

Si bien las especies silvestres de *Capsicum* son dispersadas por aves, en el caso de las especies domesticadas la dispersión depende de la intervención humana. Las semillas silvestres se liberan con facilidad del fruto maduro, mientras que en las especies domesticadas las semillas permanecen fuertemente adheridas a la planta. Además, los frutos de las especies domesticadas son muy grandes o no son atractivos para las aves neotropicales (Luna-Ruiz, Nabhan & Aguilar-Meléndez, 2018), lo que es concordante con las observaciones en poblaciones de *C. baccatum*, donde el flujo genético es determinado por las actividades humanas (Albrecht *et al.*, 2012).

1. Probablemente *Brotogeris versicolurus*.

Como resultado de las encuestas realizadas en el presente estudio, la mayoría de productores que cultivan ají y rocoto compran sus semillas en lugares especializados, o de otros productores, lo que aumenta la probabilidad de flujo de semillas a largas distancias (figura 40).

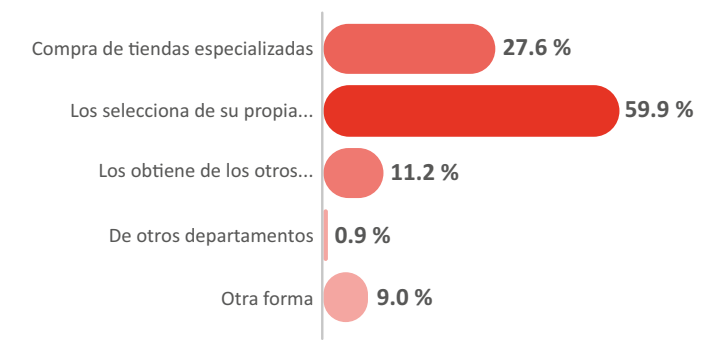


Figura 40. Formas de obtención de semilla de ají y rocoto por los agricultores

Respecto a la probabilidad de flujo genético mediado por semillas, los resultados del presente estudio revelaron que solo el 16 % de agricultores de los departamentos de Amazonas, Piura, Cajamarca y Tacna siembra ají y rocoto con intención de obtener la semilla, mientras que solo el 1 % de los agricultores destina su producción a la conservación de semilla, principalmente en Puno. De igual manera, pocos agricultores (0.2 %) de Apurímac, Ayacucho y Tacna intercambian sus semillas, aunque puede representar una fuente de flujo genético mediado por semillas, en especial si el cultivo de donde provienen las semillas es de un cultivar o especie introducida en la localidad.







### 3. Organismos y microorganismos asociados al cultivo del ají y rocoto



### 3. Organismos y microorganismos asociados al cultivo del ají y rocoto

La biota y el medio físico interactúan como una unidad funcional o ecosistema en equilibrio que se altera con la producción agrícola, dando lugar al agroecosistema donde conviven los fitófagos, parasitoides, predadores, organismos benéficos (controladores, polinizadores), degradadores de materia orgánica (saprófagos) y microorganismos. Todos cumplen un rol importante en la producción agrícola de ají, rocoto u otro cultivo, beneficiándose mutuamente entre la biota productora y consumidora.

La intervención antrópica en la agricultura con técnicas inadecuadas que intensifican la productividad (especialmente el uso masivo de agroquímicos), origina el desequilibrio del agroecosistema, ocasionando el aumento de una parte de la biota que posteriormente se constituye en plagas. Estas, a su vez, se convierten en blanco de tecnologías de control y prevención o manejo de sus poblaciones, con diferentes grados de impactos ambientales, con medidas que pueden ir desde las simples y naturales hasta las complejas como el uso de la tecnología de los OVM.

Los cultivos de ají y rocoto no son ajenos a estos problemas fitosanitarios que ocasionan daño económico, desde la siembra en almácigo hasta la pérdida de la cosecha o la disminución de la calidad del fruto en la postcosecha.

Entre las plagas que atacan a los cultivos de ají y rocoto destacan pulgones, trípidos, mosca blanca, gusanos cortadores, polillas y minador de hojas; también, las enfermedades causadas por microorganismos como el oídium, pudrición radicular, antracnosis y virosis.

La producción de ají y rocoto se realiza como monocultivo, en grandes extensiones (agricultura industrial), y en parcelas de reducida extensión en chacras, huertos y jardines familiares (agricultura tradicional). Sin duda, la aparición de plagas es diferencial entre la producción en monocultivo a escala y en chacras de pequeña extensión, huertos, jardines, así como es dependiente de la susceptibilidad de las especies hospederas.

En la producción a escala (monocultivo) se utilizan productos químicos de uso agrícola, y luego de la aplicación los residuos se dispersan en el medio ambiente a través del agua (superficial y subterránea) y el viento, impactando en los ecosistemas, lo que puede ocasionar pérdida en la biodiversidad.

La agricultura tradicional hace poco uso de plaguicidas, permitiendo un adecuado funcionamiento de las redes tróficas en el sistema agrícola y el ecosistema que lo circunda. Las chacras, huertos y jardines imitan el funcionamiento de un ecosistema natural con sus cadenas tróficas, donde los fitófagos, parasitoides y predadores cumplen su rol, favoreciendo el equilibrio y transformándolo en un agroecosistema. La producción de cultivares nativos de ajíes y rocotos, al ser diversos, garantiza la cosecha favoreciendo el cuidado ambiental, aunque con un volumen de cosecha menor por área cultivada que en monocultivo.

Como se sostiene en el capítulo 2, el género *Capsicum* se ha originado y diversificado en las Américas. Por tanto, evolutivamente ha generado interacciones con diversos de organismos y microorganismos del ecosistema en sus distintas etapas fenológicas. Cuando se trata de las especies cultivadas estos organismos inciden directamente en el rendimiento, calidad y valor nutritivo, y cuando este impacto cruza el umbral económico en la producción del cultivo se constituyen en plaga.

Para conocer qué organismos y microorganismos interactúan con las especies cultivadas y silvestres del género *Capsicum*, se realizaron colectas de insectos y de muestras de hojas y suelo (rizosfera) en 380 parcelas, de las cuales en 190 se cultivaba ají o rocoto (jardines, huertos familiares y chacras) y otras 190 correspondían a lugares alejados al cultivo. La relación de la diversidad de organismos asociados a las especies de *Capsicum* se presenta en el anexo 8 y la diversidad de microorganismos entre bacterias, hongos y virus, asociados al cultivo de ají y rocoto, se encuentra en el anexo 9.



### 3.1 Organismos y microorganismos blanco

Se considera como organismos y microorganismo blanco aquellas plagas objetivo de control por parte de los OVM. Estas plagas afectan directa o indirectamente la cosecha, atacando hojas, tallos o raíces, y comprometiendo las funciones y el proceso de absorción, síntesis y acumulación de reservas de la planta, lo que limita la producción final y, por ende, genera perjuicio a la economía del productor.

En el caso de ají y rocoto no se encuentran disponibles OVM en el mercado global. El evento PK-SP01 de *Capsicum annum* desarrollado por la Universidad de Beijing (China), es el único registrado en ISAAA (2020), aunque no está disponible comercialmente (Lovato *et al.*, 2021). Este OVM de ají consta de un gen de resistencia al CMV (virus del mosaico del pepinillo, siglas en inglés); sin embargo, este OVM no está disponible a nivel comercial (Arcos *et al*, 2010).

#### Organismo blanco

Las especies domesticadas del género *Capsicum* son afectadas durante su cultivo por diversidad de organismos fitófagos que dañan al cultivo de manera directa. Para nuestro país diferentes autores reportan las especies de artrópodos que constituyen plaga. A continuación, se reseña los más importantes:

- Los gusanos de tierra o cortadores *Agrotis* spp., *A. ipsillon*, *A. subterranea*, *A. bilitura* y *Peridroma saucia* (Lepidoptera: Noctuidae), insectos que en estado larval se alimentan de plántulas recién emergidas, a las que raspan las hojas, llegando a cortarlas y producir la muerte de la planta de ají (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- La gallina ciega es causada por los insectos *Lygirus maimon*, *Anomala* spp., *A. undulata* y *A. testaceipennis* (Coleoptera: Scarabaeidae) que se alimentan de botones florales, causando daño severo en las plántulas pequeñas (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- El gusano picador *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae) durante su fase de larva raspa el tallo a la altura del cuello de la planta, perfora el tallo e ingresa a las plantas desarrolladas causando su muerte (Narrea, 2012).

- Los comedores de hojas y perforadores de fruto: *Chrysodeixis includens*, *Copitarsia* spp., *Spodoptera eridiana*, *S. ochrea*, *S. frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) comen hojas enteras, aunque no las nervaduras, hasta causar la defoliación completa (Narrea, 2012).
- El pegador de hojas o gusano enrollador de la hoja *Lineodes integra* (Lepidoptera: Pyralidae) durante su fase de larva come las hojas y flores y daña los frutos (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- Los tripsidos *Thrips tabaci* y *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) raspan hojas y frutos y son transmisores de virus (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- Las mosquitas blancas *Bemisia tabaci*, *B. argentifolii* y *Trialeurodes* sp. (Hemiptera: Aleyrodidae) dañan la parte inferior de las hojas y succionan la savia. En altas poblaciones producen debilitamiento y deformación del follaje hasta la defoliación, y asimismo son vectores de virus (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- Los pulgones *Macrosiphum euphorbiae* y *Myzus persicae* (Hemiptera: Aphididae) atacan las raíces, tallos, hojas, flores y frutos, succionan la savia y transmiten virus (Beingolea, 1961; Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- El chinche *Euschistus convergens* (Hemiptera: Pentatomidae) succiona la savia produciendo amarillamiento, marchitez y secado de las hojas o ramas, y en el caso de los frutos, ocasiona pudrición (Narrea, 2012).
- La mosquilla del brote *Prodiplosis longifila* (Diptera: Cecidomyiidae), durante su fase de larva, raspa los brotes, causa el enrollamiento del tallo y afecta el inicio de la floración, ocasionando la caída de botones y disminuyendo la calidad de frutos. Es una plaga clave para las zonas productoras de *Capsicum* en el norte del Perú (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019, Red Agrícola Perú, 2017).
- La mosca minadora *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae), durante su fase de larva, forma “minas” serpenteantes que dañan y necrosan las hojas (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).





- El perforador del fruto del ají o polilla *Symmetrischema capsicum* (Lepidoptera: Gelechiidae) ataca flores y frutos, y durante su fase de larva se alimenta de botones florales y frutos (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- El perforador del fruto *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) durante su fase larva come el follaje, produce la caída de botones florales y perfora los frutos causando la pudrición (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- Las moscas de la fruta *Ceratitis capitata* y *Anastrepha frateculus* (Diptera: Tephritidae), cuyas larvas se alimentan del interior de los frutos causando pudrición de los mismos (Narrea, 2012; Huamán, 2016 y 2019).
- El ácaro hiliario *Polyphagotarsonemus latus* (Trombidiformes: Tarsonemidae) daña las hojas jóvenes impidiendo continuar su desarrollo (Huamán, 2016 y 2019).
- La araña roja: *Tetranychus sp.* y *T. urticae* (Trombidiformes: Tetranychidae), causa daño en las hojas al destruir las células del mesófilo afectando la transpiración, la fotosíntesis, el crecimiento de la planta y sus frutos (Huamán, 2016 y 2019).
- El nemátodo del nudo *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Heteroderidae) daña las plantas debilitando la raíz al producir hipertrofias denominadas agallas (Huamán, 2016 y 2019).

Asimismo, en la vertiente oriental de los Andes, Gama (2012) reporta una amplia variedad de fitófagos entre los que resaltan *Toxoptera* sp. (Hemiptera: Aphididae), *Diabrotica viridula* (Coleoptera: Chrysomelidae) e insectos de la familia *Cydnidae*.

Para el control de las plagas del cultivo de ají y rocoto se utiliza el control químico, especialmente en la producción a escala comercial o de exportación. En jardines y huertos donde la producción es para autoconsumo, los agricultores por lo general manifiestan que no realizan ningún tipo de control. Sin embargo, al ser en pequeña escala, siempre utilizan algún tipo de control diferente al control químico. Cabe resaltar que al no utilizar algún producto químico consideran que no se realiza control.

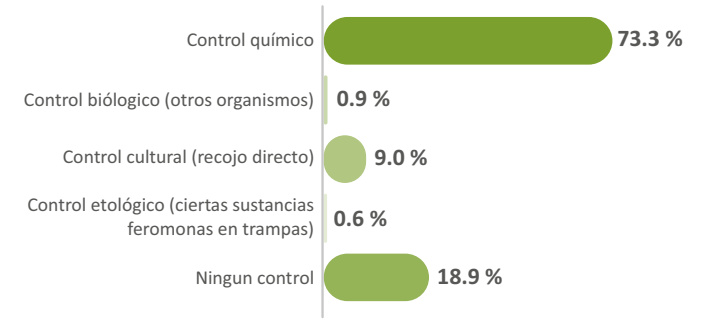


Figura 41. Método de control de plagas y enfermedades.



Ucayali - Padre Abad - Padre Abad  
Daño de comedores de hoja



Lima - Huaura - Vegueta  
Virosis



Ancash - Santa - Chimbote  
Tristeza del ají o seca



Resultado de las encuestas realizadas: se constata el predominio de la utilización de productos químicos de uso agrícola frente al escaso empleo del control biológico mediante parasitoides y predadores presentes en el agroecosistema. También se evidencia que un número significativo de agricultores (18.9 %) no realiza ningún control de plagas.

**Microorganismo blanco**

Las enfermedades se caracterizan por la presencia de microorganismos (hongos, bacterias y virus) que para reproducirse dependen de una parte de la planta, afectando a los cultivos en su desarrollo y productividad. En los *Capsicum* atacan el desarrollo del cultivo en sus diferentes etapas, reduciendo su rendimiento y la calidad de frutos e incrementando los costos de producción, esto debido a las acciones que se deben realizar para reducir su impacto.

Entre los hongos se encuentra el complejo que causa pudrición de plántulas o *damping off* causado por *Pythium* spp. (Peronosporales: Pythiaceae) (Huamán, 2019); *Fusarium solani* (Hypocreales: Nectriaceae) presente en plántulas de ají charapita (Riva, 2019) y *Rhizoctonia solani* (Cantharellales: Ceratobasidiaceae). Generalmente estos hongos atacan a las plántulas en almácigo o se presentan cuando las plántulas han sido trasplantadas a campo definitivo y, en ambos casos, debido al exceso de riego.

La pudrición radicular seca o la llamada “tristeza del chile”, es otra enfermedad causada por el hongo *Phytophthora capsici* (Peronosporales: Peronosporaceae). Se origina en el suelo y se desarrolla rápidamente en condiciones húmedas; es la principal enfermedad que afecta los cultivos de pimiento y páprika en el Perú (Huallanca & Cadenas, 2014). La mancha bacteriana causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* provoca daños y caídas de las hojas (Huamán, 2019).

La enfermedad de postcosecha que más daño causa a *Capsicum* es la antracnosis del pimiento, provocada por los hongos *Colletotrichum capsici*, *C. gloeosporioides*, *Colletotrichum* sp. (Ramdial & Rampersad, 2015).

El oidium (*Leveillula taurica* Lév) es otro hongo que seca y desprende las hojas, produce amarillamiento en la cara superior y manchas pulverulentas en el envés de la hoja. La pudrición gris (*Botritis cinerae* Pers) también daña las flores, las cuales se desprenden (Huamán, 2016).

Entre las enfermedades causadas por bacterias tenemos la mancha bacteriana *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Xanthomonadales: Xanthomonadaceae) (Huamán, 2019; Riva, 2019).

Los virus reportados en los principales valles productores del Perú son el virus de la peste negra del tomate (TSWV), el virus del moteado suave del pimiento (PMMV) y el virus del mosaico de la alfalfa (AMV). Entre otros reportados tenemos el virus del mosaico del pepinillo (CMV), el virus peruano del tomate, el virus de la papa (PVY), el virus X de la papa (PVX) y el virus del mosaico del tabaco (TMV) (Huamán, 2016).

A nivel mundial, diversos autores han identificado más de 45 virus que infectan los cultivos de *Capsicum*. Estos están agrupados en ocho géneros: *Potyvirus*, *Tospovirus*, *Begomovirus*, *Cucumovirus*, *Tobamovirus*, *Polerovirus*, *Alfamovirus* y *Potexvirus*, que son transmitidos usualmente por vectores invertebrados. Los *Potivurus*, *Cucumovirus* y *Polerovirus* son transmitidos por áfidos, los *Begomovirus*, que son transmitidos por moscas blancas, mientras que los *Tobamovirus* son transmitidos por contacto y a través de las semillas. Los virus más comunes y notorios por su distribución, incidencia e importancia por los daños causados a los cultivos de *Capsicum* a nivel mundial son el PMMoV (Virus del moteado suave del pimiento) y el PaMMV (Virus del moteado suave de la páprika), ambos de la familia de los Tobamovirus (Vélez, *et al.*, 2020).

**3.2 Organismos y microorganismos no blanco**

Es la biota que comparte el mismo ambiente y cuyos organismos no son el objetivo del control para el que han sido desarrollados los OVM, pese a lo cual están expuestos a los efectos de control por las diferentes metodologías y tecnologías de manejo agronómico, pudiendo ser controladores biológicos, polinizadores, antagonistas y neutros.

**Organismo no blanco**

Son el conjunto de parasitoides, predadores, saprófagos y polinizadores. Los parasitoides son organismos que viven en el interior del cuerpo de otros organismos (hospederos) hasta causarles la muerte; generalmente estos insectos pertenecen a los órdenes Hymenoptera y Diptera (Fernández & Sharkey, 2006).

En los cultivos de ají y rocoto en el Perú se reporta a *Trichogramma* spp. (Hymenoptera: Trichogrammatidae) que son avispidas que parasitan a los perforadores del fruto (*Heliothis virescens*, *Encarsia* sp., *Eretmocerus* ssp.) y la mosca blanca (*Bemisia* sp). Asimismo, se han introducido diferentes especies como *Trichogramma pinto*i, *T. pretiosum*, *T. exiguum*, *T. fuentesi* y *Trichogrammatoidea bactrae* Nagaraja (Hymenoptera: Trichogrammatidae), para el control del perforador del fruto (Cisneros, 1992; Senasa, 2015).



Cajamarca - Jaén - Jaén  
Chinche fitófago (adulto, huevos y ninfas)



Cajamarca - San Ignacio - Chirinos  
Pseudococcidos



Ica - Chincha - Alto Laran  
Larva de coccinélido (mariquita) predador



La avispa *Chrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) parasita a la mosca minadora cuando está en su estado larval. El braconído *Chelonus* sp. (Hymenoptera: Braconidae) parasita al pegador de las hojas del ají (Cisneros, 1992).

*Telenomus remus* (Hymenoptera: Platygastridae) parasita los huevos de *Spodoptera* spp. (Senasa, 2015) y se usa como controlador de estos lepidópteros en *Capsicum* (Narrea, 2012).

En los cultivos de pimiento se utiliza la avispa *Synopeas* sp. (Hymenoptera: Platygasteridae), un parasitoide de la mosquilla (*Prodiplasis longifila*) y las avispas del género *Eretmocerus* y *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae), que parasitan a la mosca blanca *Bemisia* (Bravo, 2020).

Las especies *Winthemia reliqua*, *Archytas marmoratus* y *Eucelatoria australis* (Diptera: Tachinidae), así como las avispas *Chelonus insularis* (Hymenoptera: Braconidae), *Campoletis perdincta* y *Enicospilus* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) parasitan larvas y pupas de *Spodoptera* y varias especies de Noctuidae (Narrea, 2012).

La mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis*) es una de las plagas más importantes del ají en el departamento de Ica, lugar donde se han registrado sus parasitoides como *Ganaspidium* sp (Hymenoptera: Cynipidae), *Halticoptera arduine* (Hymenoptera: Pteromalidae); *Chrysocharis phytomyzae*, *Chrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), *Diglyphus websteri*, *D. begini*, *Diglyphus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), *Closterocerus* sp. (Hymenoptera:Eulophidae), *Zagrammosoma* sp. (Hymenoptera: Eulophidae), *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) (Cisneros, 1992).

En las colectas realizadas durante la elaboración de la presente línea de base se ha registrado a los parasitoides *Archytas* sp. (Díptera: Tachinidae) y *Xanthoepalpus* sp. (Díptera: Tachinidae) en comedores de hoja (*Spodoptera frugiperda*).

Los predadores son organismos (larvas y adultos) que se alimentan de huevos, larvas, pupas o adultos de otros organismos, entre ellos, los considerados plaga.

En el Perú se ha identificado la especie *Polistes peruvianus* Bequard (Himenoptera: Vespidae), que se alimenta de larvas de lepidópteros en cultivos de *Capsicum*, y en ají charapita (*C. frutescens*) se reportó la presencia de *Nabis* sp. (Heteroptera: Nabidae), género predador de lepidópteros, y las chinches predadoras del género *Zelus* (Hemiptera: Reduviidae) observadas controlando ninfas de coleópteros, en especial de crisomélidos (Gama, 2012).

En campos de *Capsicum* donde se practica el manejo integrado de plagas se reporta a *Ceraeochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae), *Chrysoperla cexterna* (Neuroptera: Chrysopidae), *Geocoris punctipes* (Hemiptera: Geocoridae), *Megacephala carolina chilensis* (Coleoptera: Cicindellidae), *Metacanthus tenellus* (Hemíptera: Berytidae), *Nabis capsiformis* (Hemiptera: Nabidae), *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae), *Paratriphleps* spp. (Hemiptera: Anthocoridae), *Podisus* spp. (Hemiptera: Pentatomidae), *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae), *Rhinacloa* spp. (Hemiptera: Miridae) y *Zelus nugax* (Hemiptera: Reduviidae) como predadores de tres especies de *Spodoptera* que son comedores de hojas y perforadores de fruto. Para el control de plagas, las crisopas son liberadas en los campos de cultivo de *Capsicum*, en un número de diez a veinte mil individuos por hectárea (Narrea, 2012; Bravo, 2020).

Los coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae) son usados exitosamente para el control biológico de áfidos, huevos de lepidópteros y todos aquellos insectos pequeños de cuerpo blando. En el Perú se les conoce como “mariquitas” y en ají se usan las especies: *Coleomegilla maculata*, *Hippadamia convergens*, *Cycloneda sanguinea*, *Scymnus* sp., *Stethorus* sp. y *Harmonia axyridis*, *Cheilomenes sexmaculata* (Bravo, 2020). En el ají charapita (*C. frutescens*) se ha registrado las especies *Cycloneda sanguinea* y *Ceratomegilla maculata* (Gama, 2012).

Los carábidos (Coleoptera: Carabidae) son predadores generalistas que viven en el suelo y son de hábitos nocturnos, pueden alimentarse de polillas. En esta familia de insectos se encuentran *Calosoma* spp. y *Pterostichus*, usados para controlar *Spodoptera* spp. en los cultivos de *Capsicum* en nuestro país (Narrea, 2012). También se utilizan larvas de los sírfidos (Syrphidae), que son predadores importantes de áfidos y moscas blancas. Otros géneros de predadores usados para el control de plagas en *Capsicum* son *Allograpta*, *Syrphus*, *Baccha* y *Toxomerus* (Bravo, 2020). En el ají charapita (*C. frutescens*) se reportan especies de carábidos como predadoras de áfidos (Gama, 2012).

El ácaro *Typhlodromus occidentalis* (Acari: Phytoseiidae) es un predador de la arañita roja que se presenta en plantas de *Capsicum* (Cisneros, 1992).

En otras latitudes se ha probado la eficacia del ácaro *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acarina: Phytoseiidae) para controlar el ácaro fitófago *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Trombidiformes: Tarsonemidae) en cultivos de pimiento (Weintraub, *et al.*, 2003).

Los polinizadores son organismos que se alimentan de polen y el néctar de las flores. La polinización es indispensable para la producción de alimentos, de modo que se considera un servicio ecosistémico clave. Estudios recientes



Ancash - Santa - Chimbote  
Daño de mosca minadora



San Martín - Rioja - Cajamarca  
Pulgones



Cusco - Calca - Yanatile  
Mosca blanca



demuestran que la magnitud del servicio de polinización depende de la abundancia y la diversidad de insectos en los cultivos. Así, las explotaciones agrícolas que albergan comunidades más diversas de polinizadores reciben un mejor servicio, porque las distintas especies se complementan y generan un efecto aditivo. La polinización entomófila está actualmente amenazada por la escasez de polinizadores, y se considera que a nivel global son necesarias actuaciones que mitiguen esa escasez (Miñarro, García & Martínez-Sastre, 2018).

En el pimiento ocurre la auto-polinización, su flor es hermafrodita y auto-compatible. También se ha reportado polinización cruzada entre 2 a 90 %, por lo que se podría considerar como una especie de polinización cruzada facultativa, realizada principalmente por las abejas (Fornaris, 2005). Las flores de *Capsicum* son autopolinizantes, pero se tiene mejores rendimientos cuando intervienen los polinizadores. La importancia de la polinización en los rendimientos de los cultivos de *Capsicum* ha sido reportada en varios estudios, como uno relativo al potencial de polinización de las abejas *Trigona minangkabau* y *T. leviceps* (Hymenoptera, Meliponini) (Putra, *et al.*, 2016), otro sobre el uso de las abejas *Apis cerana* y *Trigona laeviceps* (Hymenoptera: Apidae), y otro sobre la eficiencia de la “polinización por zumbido” realizada por abejorros (Ramadhani, Permana, & Kinasih, 2014).

En las colectas realizadas durante la elaboración de la presente línea de base, las especies polinizadoras identificadas fueron *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), *Syrphus* sp. (Díptera: Syrphidae), *Polistes* sp. (Hymenoptera: Vespidae) y *Tajuria* sp. (Lepidoptera: Lycaenidae). La diversidad de polinizadores y los organismos no blancos asociados al cultivo de ají y rocoto se reporta en el anexo 10.

### Microorganismos del suelo

La riqueza y abundancia de los microorganismos de suelo está en función de la diversidad de los cultivos y del manejo de sus agroecosistemas.

Entre los microorganismos del suelo, las bacterias son las más abundantes (106 y 108 ufc células/gramo de suelo), y representan el 5 % del total de materia orgánica seca presente en el suelo. Los hongos son los que tienen la mayor biomasa entre los microorganismos de suelo, debido principalmente a su mayor tamaño, pues a pesar de su menor abundancia estos representan de 10 % a 20 % del microbiota total (aprox. 105 a 106 ufc u organismos/gramo de suelo) (Calvo *et al.*, 2008).

En cuanto al número y actividad de las bacterias en un ambiente natural, como lo es el suelo, estos están afectados por el hábitat, las prácticas culturales y las condiciones ambientales. La materia orgánica es uno de los factores que más inciden en la distribución de las bacterias del suelo; en su gran mayoría son bacterias heterótrofas (Alzate & Campiño, 2014).

La cantidad de bacterias que se va a encontrar depende de muchos factores, como son la temporada, el tipo de suelo, la vegetación, el contenido de humedad, el tipo de labranza y la fertilización (Killian *et al.*, 2001).

Si hablamos del hábitat específico de las bacterias, algunas se pueden encontrar adheridas a la superficie de las partículas de suelo como agregados o interactuando específicamente con las raíces de las plantas; sin embargo, la concentración de bacterias por gramo de suelo que se halla alrededor de las raíces de las plantas en la llamada rizosfera es mucho mayor que en el resto del suelo (Lynch, 1990, citado por Calvo *et al.*, 2008).

Para el presente estudio se recogieron muestras de suelo con y sin cultivo de ají o rocoto en 19 departamentos. Posteriormente, mediante análisis de laboratorio, se identificó y determinó los grupos funcionales de microorganismos (anexo 9) entre bacterias, hongos, actinomicetos, *Bacillus*, bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre y *Pseudomonas*.

La cantidad poblacional de microorganismos del suelo fue expresada en Unidades Formadoras de Colonias (UFC) que luego fueron transformadas a su forma logarítmica y analizadas estadísticamente (anexo 12).

Los resultados muestran que no existe diferencias significativas en la densidad poblacional de bacterias en suelo con cultivo y sin cultivo (*p-valor*: 0.441), probablemente debido a que los suelos de estas zonas estudiadas presentan cierta cantidad homogénea de materia orgánica. Sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas en estas poblaciones de bacterias entre departamentos (*p-valor*<0.01). El coeficiente de variación del planteamiento es de 5.6 % adecuado para las condiciones del estudio.

La densidad poblacional de hongos en suelos con cultivo y sin cultivo (*p-valor*: 0.870), tampoco muestra diferencias significativas, pero sí se encontraron diferencias significativas entre las poblaciones de hongos entre departamentos (*p-valor*<0.01). El coeficiente de variación del planteamiento es de 11.9 %.

Del mismo modo, no se encontró diferencias entre los suelos con y sin cultivo de ají, en las poblaciones de actinomicetos (*p-valor*: 0.088), pero sí se encontró diferencias significativas en estas poblaciones de actinomicetos entre departamentos (*p-valor*<0.01). El coeficiente de variación del planteamiento es de 7.3 %. Los valores reportados fueron bajos, ya que los actinomicetos son los más abundantes y, por lo general, se los encuentra presentes en un rango aproximado de 106 y 108 células por gramo de suelo (Calvo *et al.*, 2008).

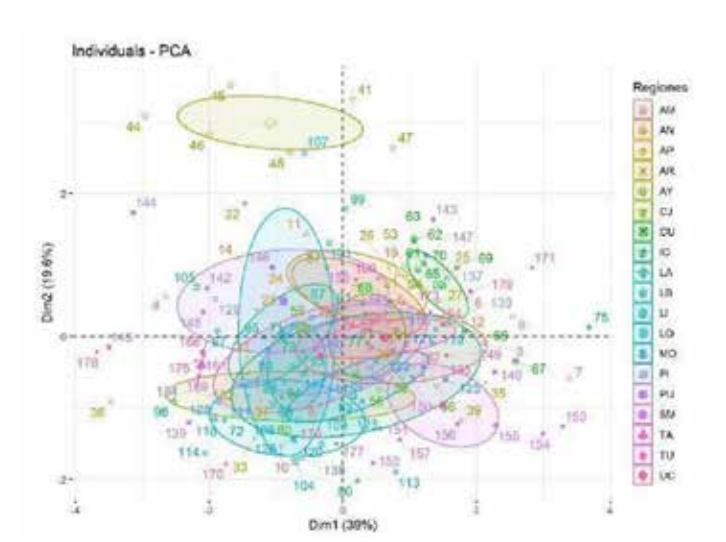
Es importante mencionar que existen varios factores abióticos que influyen la vida de los microorganismos en el suelo, siendo uno de los factores más importantes el pH. Suelos con un pH inferior a 5.0 pueden encontrarse en raras ocasiones (Florida *et al.*, 2019). Esto explicaría la población relativamente baja encontrada, pues los suelos de selva son considerados como ácidos a un pH de 4.24 en promedio (fuertemente ácido). Los actinomicetos prefieren valores de pH cercanos al neutro (Calvo *et al.*, 2008).

Para la densidad poblacional de *Bacillus* en suelo con cultivo y sin cultivo (*p-valor*: 0.790), los resultados muestran que no existen diferencias significativas, aunque sí se encontraron diferencias significativas en estas poblaciones de *Bacillus* entre departamentos (*p-valor*<0.01). El coeficiente de variación del planteamiento es de 6.66 %.

En las poblaciones de bacterias fijadoras de vida libre, no se encontraron diferencias entre ellas (*p-valor*: 0.779), pero sí se encontraron diferencias significativas en estas poblaciones de actinomicetos entre departamentos (*p-valor*<0.01). El coeficiente de variación del planteamiento es de 24.7 %, siendo muy alto pero aceptable por no ser un experimento controlado.

Sobre la densidad poblacional de *Pseudomonas* en suelos con cultivo y sin cultivo (*p-valor*: 0.710), los resultados muestran que no existe diferencias significativas, pero sí se encontraron diferencias significativas en estas poblaciones de *Pseudomonas* entre departamentos (*p-valor*<0.01). El coeficiente de variación del planteamiento es de 31.8 %, siendo muy alto pero aceptable, por no ser un experimento controlado.

En la figura 42 se presenta a nivel de departamentos los grupos funcionales de microorganismos del suelo que muestran un comportamiento similar. Las elipses (región de confianza) se superponen entre sí, a excepción del departamento de Ayacucho, que se encuentra excluido en la parte superior del gráfico, lo cual nos indica que en este departamento la influencia de las variables ambientales presentaría efectos diferenciados en la población de microorganismos con respecto a los demás departamentos. Cabe resaltar que las variables ambientales que afectan las actividades de los microorganismos del suelo son el tipo de suelo y la textura, la temperatura, la humedad y el pH, así como las gestiones prácticas (Ananyeva, *et al*, 2007, citado por Alzate & Campiño, 2014).



**Figura 42.** Análisis de Componentes Principales Multivariado (ACP) microbológico en 19 departamentos.





## 4. Regiones naturales y agroecosistemas





## 4.Regiones naturales y agroecosistemas

Según el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) el ecosistema es “*un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional*”.

Los Andes son ecosistemas de alta montaña que se formaron en el periodo terciario. Ocupan aproximadamente 300 millones de hectáreas en siete países de Sudamérica. El Perú se ubica en una latitud tropical en la porción central de los Andes (Tapia, 2013). Comprender y gestionar la diversidad del medio físico debido a la verticalidad de montañas con el factor tropical entraña sus complejidades. Diferentes autores de acuerdo a diferentes criterios (tabla 9), han estudiado el clima y el medio físico peruano.

Tabla 9. Clasificación del territorio peruano

| Autores              | Año  | Nombre                                                               | Unidades ambientales               | n.º |
|----------------------|------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----|
| Weberbauer           | 1922 | Mapa Fitogeográfico de los Andes Peruanos                            | Formaciones vegetales              | 25  |
| Onern,               | 1976 | Mapa Ecológico del Perú                                              | Zonas de vida                      | 84  |
| Inrena               | 1995 |                                                                      |                                    |     |
| Pulgar Vidal         | 1981 | Mapa de las Regiones Naturales del Perú                              | Regiones naturales                 | 8   |
| Brack A.             | 1986 | Mapa de Ecorregiones del Perú                                        | Ecorregiones                       | 11  |
| Rivas-Martínez et al | 1988 | Mapa de Pisos Bioclimáticos y Cultivos del Perú                      | Pisos bioclimáticos                | 7   |
| Inrena,              | 1995 | Mapa Forestal del Perú                                               | Formaciones vegetales y forestales | 34  |
| Minag                | 2006 |                                                                      |                                    |     |
| Zamora               | 1996 | Mapa de Regiones Ecológicas                                          | Regiones ecológicas                | 16  |
| CDC-WWF              | 2006 | Mapa de Ecorregiones del Perú                                        | Ecorregiones terrestres            | 21  |
| MINAM                | 2010 |                                                                      |                                    |     |
| NATURESERVE          | 2007 | Mapa de Sistemas Ecológicos de la Cuenca Amazónica de Perú y Bolivia | Sistemas ecológicos terrestres     | 98  |
| MINAM                | 2010 | Mapa de Ecosistemas Frágiles del Perú                                | Ecosistemas frágiles               | 14  |
| MINAM                | 2012 | Mapa de Cobertura Vegetal del Perú                                   | Tipos de cobertura vegetal         | 28  |

Fuente: MINAM, Quinto Informe Nacional CDB-Perú (2010-2013)

El primer mapa ecológico del Perú y su memoria explicativa de las zonas de vida natural fueron elaborados por el Dr. Joseph A. Tossi Jr. y publicados en los años 1957 y 1960. El año 1976 fue publicada su segunda versión por la Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales (ONERN). En 1995 fue actualizada por el Instituto Nacional de Recursos Naturales (Inrena). Posteriormente el Senamhi publicó el año 2017 el mapa de zonas de vida de Holdridge del Perú (Aybar *et al.*, 2017).

Estos mapas estuvieron basados en el sistema de clasificación de zonas de vida propuesto por el Dr. Leslie R. Holdridge, quien consideró 103 zonas de vida a nivel global. Para el territorio peruano se determinaron 84 zonas de vida y 17 formaciones transicionales (ONERN, 1976).

Con la finalidad de contar con un instrumento que contribuya a la gestión del territorio y el monitoreo de los ecosistemas y la diversidad biológica en general, así como los recursos naturales renovables y los servicios ecosistémicos, el año 2018 se aprobó el Mapa Nacional de Ecosistemas y su memoria descriptiva. Este mapa utiliza los criterios de región natural, bioclima, cobertura vegetal, fisiografía y piso ecológico, clasificando el territorio en treinta y seis ecosistemas continentales y dos ecosistemas acuáticos (MINAM, 2019).

El Mapa Ecológico y el Mapa Nacional de Ecosistemas consideran el modelo matemático y la configuración tridimensional que demuestra la interacción de los factores climáticos: temperatura, precipitación y humedad ambiental, del diagrama bioclimático para la clasificación de zonas de vida en el mundo, que emplea el registro de datos mediante instrumentos.

La clasificación por regiones naturales fue postulada por Pulgar Vidal (2014) con base al conocimiento indígena, los datos del folklore, la toponimia, el clima, flora, fauna, los “productos límites” y los datos del paisaje. Pulgar Vidal interpretó los diversos climas en el ámbito del territorio peruano, desde el nivel del mar, trepando por las montañas y descendiendo a la Amazonía, describiendo de esta manera ocho regiones naturales:



- El templado y húmedo de la “chala”, con variaciones estacionales.

- El cálido-seco de la “yunga”, con variaciones estacionales.

- El templado, seco y agradable de la “quechua”, con variaciones estacionales.

- El frío-seco de la “suni”, con variaciones estacionales.

- El muy frío de las “punas”, con variaciones estacionales.

- El glacial de las “jancas”, con variaciones estacionales.

- El húmedo-ardiente diurno y fresco nocturno de la “rupa rupa”, con variaciones excepcionales.

- El muy cálido y húmedo de la “Amazonía” u omagua, con variaciones estacionales leves.

Con la finalidad de comprender dónde crecen y se cultivan las especies silvestres y domesticadas del género *Capsicum*, se optó por seguir esta metodología, teniendo en cuenta además que el Mapa Nacional de Ecosistemas utiliza el concepto de región natural como uno de sus criterios de clasificación del territorio peruano.

#### 4.1 Regiones naturales

Pulgar Vidal (2014) define a la región natural como el “*área continua o discontinua, en la cual son comunes o similares el mayor número de factores del medio ambiente natural; y que, dentro de dichos factores, el hombre juega un papel principalísimo como el más activo agente modificador de la naturaleza*”.

Durante las prospecciones realizadas en los periodos 2016 y 2019 – 2021, con la información del directorio nacional de centros poblados (INEI, 2018a) se confirmó la región natural donde se dio el registro de las especies de *Capsicum* cultivado y silvestre (tabla 10).

Tabla 10. Número de registros por especies del género *Capsicum* por regiones naturales. Se muestra la frecuencia relativa en paréntesis.

| Especies                                                             | Chala      | Yunga marítima | Yunga fluvial | Quechua     | Suni       | Rupa rupa  | Omagua      | Total de prospecciones por especie (variedad botánica) |
|----------------------------------------------------------------------|------------|----------------|---------------|-------------|------------|------------|-------------|--------------------------------------------------------|
| <i>C. annuum</i> variedad <i>annuum</i>                              | 44 (0.21)  | 9 (0.08)       | 11 (0.061)    | 2 (0.008)   |            | 12 (0.053) | 3 (0.016)   | 81 (0.0666)                                            |
| <i>C. annuum</i> variedad <i>glabriusculum</i>                       | 13(0.06)   | 2 (0.02)       | 4 (0.022)     |             |            | 1 (0.004)  |             | 20 (0.0164)                                            |
| <i>C. baccatum</i> variedad <i>baccatum</i>                          |            |                | 6 (0.033)     |             |            | 8 (0.035)  |             | 14 (0.0115)                                            |
| <i>C. baccatum</i> variedad <i>pendulum</i>                          | 96 (0.45)  | 36 (0.30)      | 31 (0.171)    | 6 (0.024)   | 1 (0.028)  | 44 (0.193) | 9 (0.048)   | 223 (0.1834)                                           |
| <i>C. chinense</i>                                                   | 46 (0.21)  | 22 (0.18)      | 52 (0.287)    | 4 (0.016)   |            | 95 (0.417) | 69 (0.367)  | 288 (0.2368)                                           |
| <i>C. coccineum</i>                                                  |            |                |               |             |            |            |             |                                                        |
| <i>C. dimorphum</i>                                                  |            |                | 1 (0.005)     |             |            |            |             | 1 (0.0008)                                             |
| <i>C. frutescens</i>                                                 | 10 (0.05)  |                | 13 (0.072)    |             |            | 63 (0.276) | 107 (0.569) | 193 (0.1587)                                           |
| <i>C. geminifolium</i>                                               |            | 12 (0.10)      |               | 1 (0.004)   |            |            |             | 13 (0.0107)                                            |
| <i>C. hookerianum</i>                                                |            | 2 (0.02)       |               |             |            |            |             | 2 (0.0016)                                             |
| <i>C. longifolium</i>                                                |            |                |               |             |            |            |             |                                                        |
| <i>C. piuranum</i>                                                   |            | 7 (0.06)       |               |             |            |            |             | 7 (0.0057)                                             |
| <i>C. pubescens</i>                                                  | 5 (0.02)   | 25 (0.20)      | 58 (0.320)    | 235 (0.944) | 35 (0.972) | 5 (0.022)  |             | 363 (0.2985)                                           |
| <i>C. regale</i>                                                     |            |                |               |             |            |            |             |                                                        |
| <i>C. rhomboideum</i>                                                |            | 5 (0.04)       |               |             |            |            |             | 5 (0.0041)                                             |
| <i>C. tovarii</i>                                                    |            |                | 5 (0.028)     | 1 (0.004)   |            |            |             | 6 (0.0049)                                             |
| Total de prospecciones                                               | 214 (0.18) | 120 (0.10)     | 181 (0.15)    | 249 (0.20)  | 36 (0.03)  | 228 (0.19) | 188 (0.15)  | 1216 (1)                                               |
| Número de especies/número de variedades botánicas por región natural | 5/3        | 8/3            | 7/4           | 6/2         | 2/1        | 5/4        | 4/2         | 11/4                                                   |

El mayor número de prospecciones (249) se hicieron en la región natural quechua donde se encontraron seis especies y dos variedades botánicas, entre las cuatro especies y dos variedades botánicas cultivadas se registró con mayor frecuencia relativa (0.944) al rocoto (*C. pubescen*), con menor frecuencia y en orden descendente se registró el ají amarillo (*C. baccatum* variedad *pendulum*, 0.024), el ají limo (*C. chinense*, 0.016) y el pimiento (*C. annuum* variedad *annuum*, 0.008), entre las especies silvestres se encontró con baja frecuencia relativa (0.004) al *C. geminifolium* y *C. tovarii*.

En la región natural rupa rupa se hicieron 228 prospecciones, encontrando cinco especies y cuatro variedades botánicas. Con mayor frecuencia relativa (0.417) se encontró al ají ayuyo, pucunucho y otros ajíes de la especie *C. chinense*, seguido del ají charapita (0.276) de la especie *C. frutescens*, también se encontró ají amarillo (*C. baccatum* variedad *pendulum*, 0.193), pimiento (*C. annuum* variedad *annuum*, 0.053), en baja frecuencia relativa (0.022) al rocoto y al ancestro del ají amarillo (*C. baccatum* variedad *baccatum*, 0.035) y al ancestro del pimiento (*C. annuum* variedad *glabriusculum*, 0.004).

Se encontraron cinco especies y tres variedades botánicas en la región natural Chala donde se hicieron 214 prospecciones. De acuerdo a la frecuencia relativa el más frecuente (0.45) fue el ají amarillo, seguido del pimiento (0.21), el ají panca (*C. chinense*, 0.21), el pipi de mono (*C. frutescens*, 0.05) y el rocoto (0.02), también se encontró en baja frecuencia relativa (0.06) al ancestro del pimiento (*C. annuum* variedad *glabriusculum*).

En la región natural Omagua se hicieron 188 prospecciones encontrando cuatro especies y dos variedades botánicas todas cultivadas. El ají charapita, ojito de pescado y otros cultivares de *C. frutescens* tuvieron la mayor frecuencia relativa (0.569), seguido del ají dulce, limo, pucunucho, entro otros cultivares de *C. chinense* (0.367), en tercer lugar, en esta región natural se encontró el ají amarillo, el ají malagueta y otros cultivares de *C. baccatum* variedad *pendulum* (0.1834) y el ají dulce, pimiento, entre los cultivares de *C. annuum* variedad *annuum* se encontraron en menor frecuencia relativa (0.016).

Una mayor diversidad con siete especies y cuatro variedades botánicas, cultivadas y silvestres fueron registradas mediante 181 prospecciones en la región natural yunga fluvial. Con mayor frecuencia relativa se encontró al rocoto (0.32), seguido del ají dulce, ají limo, ají panca, entre otros cultivares del *C. chinense* (0.287), en tercer lugar, por la frecuencia relativa (0.171) se encontró al ají amarillo, malaguete, entre otros cultivares de *C. baccatum* variedad *pendulum*, en cuarto lugar y con una frecuencia relativa de 0.072 se encontró al ají charapita y otros cultivares de *C. frutescens*, en quinto lugar se encontró al pimiento (0.061), entre las especies y variedades botánicas cultivadas. Entre las silvestres se encontró al marate (*C. baccatum* variedad *baccatum*) con una frecuencia relativa de 0.033 en esta región natural, seguida de mocoro (*C. tovarii*, 0.028), el ancestro del pimiento (*C. annuum* variedad *glabriusculum*, 0.022) y en baja frecuencia relativa (0.005) al *C. dimorphum*.

En la región natural yunga marítima también se encontró amplia diversidad con ocho especies y tres variedades botánicas a partir de 120 prospecciones realizadas. El más frecuente fue el ají amarillo (0.3), seguido del rocoto (0.2), en tercer lugar, el ají panca (0.18), en cuarto lugar, el pimiento (0.08). En las silvestres se encontró *C. geminifolium* (0.1), el *C. piuranum* (0.06), el *C. rhomboideum* (0.04), al ancestro del pimiento (*C. annuum* variedad *glabriusculum*, 0.002) y el *C. hookerianum* (0.002).

Por la escasa diversidad de *Capsicum* se hicieron pocas prospecciones (36) en la región natural suni (3500 a 4000 m s. n. m.), el clima no es apto para el cultivo de estas especies, sin embargo, se le ha encontrado en cobertores e invernaderos rústicos. Se encontró con mayor frecuencia relativa (0.972) al rocoto y con baja frecuencia relativa (0.028) al ají amarillo.

La distribución de las especies domesticadas y silvestres de *Capsicum* por regiones naturales se muestra en la figura 43.





Figura 43. Distribución de las especies de *Capsicum* según región natural.

#### 4.2 Los agroecosistemas donde se cultivan los ajíes y el rocoto

Un agroecosistema se centra fundamentalmente en los sistemas agrícolas dentro de pequeñas unidades geográficas, poniendo énfasis en las interacciones entre las personas y sus recursos para la producción de alimentos al interior de su predio (Altieri, 1999). El agroecosistema es la unidad que contiene componentes abióticos y bióticos que son interdependientes e interactivos. La función de los agroecosistemas se relaciona con el flujo de energía y con el ciclo de los materiales a través de los componentes estructurales de los ecosistemas.

Para una mejor comprensión de los diferentes sistemas de producción o agroecosistemas en los que se hace agricultura donde se cultivan las especies domesticadas de *Capsicum* en el Perú, se propone la siguiente tipología:

- a. Chacra: es un término quechua que se define como un agroecosistema para producir productos variados en monocultivo o asociado, para mantener a las familias rurales durante todo el año. Privilegia el uso de insumos y energía al interior de la chacra. Puede utilizar insumos externos como los fertilizantes químicos, pesticidas y maquinaria agrícola pesada si las condiciones lo requieren (por ej., en caso de ataque de gorgojo de los Andes o la polilla en papa) o permiten (si los terrenos no tienen mucha pendiente). Para asegurar su seguridad alimentaria los agricultores altoandinos por lo general tienen “chacras” en diferentes pisos ecológicos, que les permite sembrar cultivos diferenciados. Así, suelen tener chacras para sembrar papas nativas en la región natural quechua o suni, y chacras para sembrar papas mejoradas en la región natural quechua o yunga.
- b. Finca: es un sistema de producción agrícola o agroecosistema que permite una estrategia de vida donde la familia combina la producción de cultivos (hortalizas, frutales, raíces, tubérculos), áreas ganaderas o explotación pecuaria y forestal, para generar ingresos y satisfacer sus necesidades. Cuando esta estrategia es combinada con medios no agrícolas producidos en la finca, como la industrialización de productos y el pago por servicios ambientales y de capacitación, las familias mejoran sus condiciones de vida (Navarro, 2014; León, Mendoza, & Córdova, 2014).

- c. Huerto: sistema de parcelas alrededor de la casa con cultivos. Son pequeños centros de producción diversificada a nivel familiar, complementarios a las actividades económicas habituales de la familia (Borbor *et. al.*, 2016).
- d. Jardín: es un sistema integrado de humanos, plantas, animales, suelos y agua, con árboles que juegan un papel clave tanto en la ecología como en la gestión del sistema. Los jardines son ricos en especies de plantas, y la alta diversidad de especies permite la recolección durante todo el año de productos alimenticios, así como una amplia gama de otros productos utilizados por los habitantes, como leña, plantas medicinales, especias y plantas ornamentales (Gliessman, 1990).

Como se puede apreciar en la tabla 11, con excepción del *C. chinense* y *C. frutescens*, las especies de *Capsicum* domesticadas se cultivan en toda la gama de agroecosistemas tipo propuestos, generalmente asociadas con otros cultivos, especialmente en los huertos y jardines.

Tabla 11. Agroecosistemas donde se cultivan las especies de *Capsicum* domesticado.

| Especies                                    | Cultivares                                                                                           | Agroecosistema (micro)                  | Cultivos asociados                                                                                                               | Altitud (m s. n. m.) |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| <i>C. annuum</i> variedad <i>annuum</i>     | Ají cayhuacho, páprika, pimentón, ají plástico, pimienta.                                            | Chacra, finca, huerto, jardín.          | Maíz, pallar, habas, papa, durazno, plátano, palta, chirimoya, granadilla, lúcumo, achira, papaya, pera, tomate nativo, alfalfa. | 12- 2044             |
| <i>C. baccatum</i> variedad <i>pendulum</i> | Ají amarillo, ají escabeche, ají dulce, ají de mesa.                                                 | Chacra, finca, huerto, jardín.          | Café, yuca, cacao, caña, limón rugoso, plátano, cocona, caña, maíz, algodón.                                                     | 8 - 3594             |
| <i>C. chinense</i>                          | Ají limo, ají panca, ají chiticana, ají cerezo, mochero, ají dulce, ají pucunucho.                   | Chacra, huerto, jardín.                 | Camote, plátano, yuca, café, algarrobo, naranja, mandarina, ciruela.                                                             | 4 - 3396             |
| <i>C. frutescens</i>                        | Ají pipi de mono, ají charapita, ají ojo de pescado, ají malagueta, ají pinchito de mono, ají bravo. | Borde de chacra, chacra, finca, huerto. | Pepino, plantas medicinales, maíz, hortalizas y frutales                                                                         | 94 - 2845            |
| <i>C. pubescens</i>                         | Rocoto.                                                                                              | Chacra, finca, huerto, jardín.          | Maíz, papa, frijol, arvejas, habas, frutales                                                                                     | 550 - 3891           |



La páprika y el pimentón (*C. annuum* variedad *annuum*) se cultivan en limpio y en más de una hectárea. Un caso similar ocurre con el cultivo del ají mirasol (*C. baccatum* variedad *pendulum*). Los ajíes limo y mochoero (*C. chinense*) son cultivos de huerto y jardín, aunque también se cultivan en chacras de policultivo, mientras que los ajíes malagueta y pipí de mono (*C. frutescens*) se los ha encontrado hasta en el borde de las chacras.

Los agroecosistemas donde se cultiva la diversidad de *Capsicum* domesticado con mayor frecuencia son los jardines de las casas y los huertos, tal como se puede verificar en la tabla 12.

**Tabla 12.** Número de prospecciones de las especies de *Capsicum* domesticado por agroecosistemas

| Especie                                     | Chacra | Finca | Huerto | Jardín |
|---------------------------------------------|--------|-------|--------|---------|
| <i>C. annuum</i> variedad <i>annuum</i>     | 0      | 36    | 6      | 31      |
| <i>C. baccatun</i> variedad <i>pendulum</i> | 9      | 98    | 22     | 99      |
| <i>C. chinense</i>                          | 51     | 5     | 41     | 173     |
| <i>C. frutescens</i>                        | 15     | 0     | 47     | 99      |
| <i>C. pubescens</i>                         | 82     | 0     | 87     | 194     |
| Total                                       | 157    | 139   | 203    | 596     |

Es pertinente se   alar que en los jardines es común encontrar el ají silvestre (*C. annuum* variedad *glabriusculum*), con menos frecuencia se encuentra el *C. baccatum* variedad *baccatum*, las otras especies silvestres no se encuentran en los agroecosistemas como ocurre con otras especies silvestres parientes de los cultivos.

Con el fin de observar y definir las necesidades de información y experimentación para la solución de los problemas agrícolas propios de un país megadiverso, Tapia (1997) propone la zonificación agroecológica, que se basa en la diferenciación de las regiones naturales desarrollada por Pulgar Vidal y reconocidas por los agricultores, a la cual añadió otros parámetros como latitud, orientación del sistema de montañas y balance hídrico.

Tapia (1997) clasifica los agroecosistemas en seis subregiones y 18 zonas agroecológicas, para cinco de las ocho regiones naturales: yunga (fluvial y marítima), quechua, suni, puna y janca, estando incompleta puesto que falta clasificar las regiones naturales chala, rupa rupa y omagua.

**Tabla 13.** Zonas agroecológicas por subregión según Tapia (1997)

| Zona agroecológica (ZA) | Uso agropecuario                                     | Subregiones (SR)              | Altitud (m s. n. m.) | Precipitación (mm) | Latitud (grados sur) | Orientación               | Fisiografía                                   |
|--------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------------|------------------------------------------------|
| (1) Quechua semi húmeda | Frutales, maíz, lechería                           | I Septentrional               | 1900 a 4300          | 600 a 1300          | 4.3 a 8.3            | Interandina                | Ondulada: laderas, cerros sin nevados          |
| (2) Ladera baja          | Maíz, vacunos                                       |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (3) Ladera alta          | Papa, cereales, ovinos                               |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (4) Jalca                | Pastizales, ovino                                    |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (5) Quechua semiárida   | Frutales, papa, maíz, lechería                     | II Central                    | 1850 a 5000          | 380 a 960           | 8.3 a 12.3           | Interandina                | Quebrada con valles, laderas, cerros           |
| (6) Suni altina ladera   | Papa, cereales, ovinos, tubérculos andinos          |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (7) Puna semi húmeda    | Pastizales, ovino                                    |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (6) Suni altina ladera   | Papa, cereales, ovinos                               | III Centro Sur                | 2000 a 4500          | 550 a 1100          | 12.3 a 14            | Interandina                | Accidentada: profundos valles, laderas, cerros |
| (7) Puna semi húmeda    | Camélidos, ovinos                                   |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (8) Quechua subárida    | Frutales, maíz, vacunos                             |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (9) Quechua alta         | Maíz, papa, cereales                                |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (10) Puna sub  rida      | Cam  lidos, ovinos                                   |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (7) Puna semi h  meda    | Pastizales, vacunos, ovinos, cam  lidos              |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (10) Puna subárida      | Pastizales, camélidos                               | IV Altiplano                  | 3800 a 4400          | 400 a 780           | 14 a 17              | Hoya del Titicaca          | Cerros y planicies                             |
| (11) Cincunlacustre      | Papa, cereales, quinua, vacunos, tubérculos andinos |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (12) Suni altina         | Pastizales, ovinos, vacunos                          |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (13) Jalca               | Pastizales, camélidos                               | V Vertiente occidental seca   | 1800 a 3800          | 180 a350            | 10 a 18              | Hacia el océano Pacífico |                                                |
| (9) Quechua alta         | Papa, cereales                                       |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (10) Puna subárida      | Pastizales, ovinos                                   |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (14) Yunga marítima     | Frutales, raíces, lechería                         |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (15) Quechua   rida      | Maíz, cereales, lechería                           |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (7) Puna semi húmeda    | Pastizales, camélidos                               | VI Vertiente oriental húmeda | 1500 a 3900          | 600 a 1800          | 9 a 14               | Hacia la Amazonía         | Muy accidentada                                |
| (16) Yunga pluvial       | Frutales, caña de azúcar, raíces                  |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (17) Quechua subhúmeda  | Maíz, vacunos                                       |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |
| (18) Suni nublada        | Papa, tubérculos andinos                            |                               |                      |                     |                      |                            |                                                |



Amazonas - Luya - Camporredondo



Tomando en cuenta la participación del agricultor en el manejo agronómico de las unidades agropecuarias, así como en la transformación y comercialización en los diferentes ámbitos geográficos andinos, en la presente línea de base se logró identificar doce zonas agroecológicas en cinco subregiones de acuerdo a los parámetros de altitud, precipitación, características topográficas y vocación agropecuaria establecidas por Tapia (1997), a partir de las cuales se cruzaron con las prospecciones realizadas a las especies domesticadas de *Capsicum*.

Tabla 14. Número de prospecciones de *Capsicum* domesticado realizadas por zonas agroecológicas.

| Región natural     | Zona agroecológica  | C. annuum variedad annum | C. baccatum variedad pendulum | C. chinense | C. frutescens | C. pubescens |
|--------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------------|-------------|---------------|--------------|
| I Septentrional    | Ladera baja         |                          |                               |             |               | 7            |
|                    | Quechua alta        |                          |                               |             |               | 9            |
|                    | Quechua semi húmeda | 6                        | 11                            | 6           | 1             | 27           |
| II Central         | Puna semi húmeda    |                          |                               |             |               | 5            |
|                    | Puna subárida       |                          |                               |             |               | 22           |
|                    | Suni altina ladera  |                          | 2                             | 1           |               | 25           |
| III Centro Sur     | Quechua subárida    | 1                        | 3                             | 1           |               | 9            |
|                    | Suni altina ladera  |                          |                               |             |               | 99           |
| V Occidental seca  | Puna subárida       |                          |                               |             |               | 2            |
|                    | Quechua árida       |                          | 2                             |             |               | 66           |
|                    | Yunga marítima      |                          |                               |             |               | 2            |
| VI Oriental húmeda | Quechua subhúmeda   |                          | 1                             | 3           |               | 16           |
|                    | Yunga pluvial       |                          | 4                             | 13          | 2             | 17           |

Al rocoto (*C. pubescens*) se ha encontrado en todas las zonas agroecológicas y subregiones donde se cultiva la diversidad de *Capsicum* domesticado. El ají mirasol (*C. baccatum* variedad *pendulum*) se cultiva en seis zonas agroecológicas en todas las subregiones clasificadas. Los ajíes panca, limo y mochoero (*C. chinense*) se cultivan en cinco zonas agroecológicas de cuatro subregiones clasificadas. Mientras que a los ajíes malagueta y pipí de mono (*C. frutescens*) se los encontró en la zona agroecológica quechua semi húmeda de la subregión septentrional. También se lo encontró en chacras, huertos y jardines de las regiones naturales donde aún no se ha determinado las zonas agroecológicas.

El pimiento y la páprika (*C. annuum* variedad *annuum*) se cultivan con frecuencia en la región natural chala, donde aún no se ha desarrollado la clasificación de los agroecosistemas, aunque se pudo encontrar también en la zona agroecológica quechua semi húmeda y quechua subárida de las subregiones septentrional y centro sur, respectivamente.

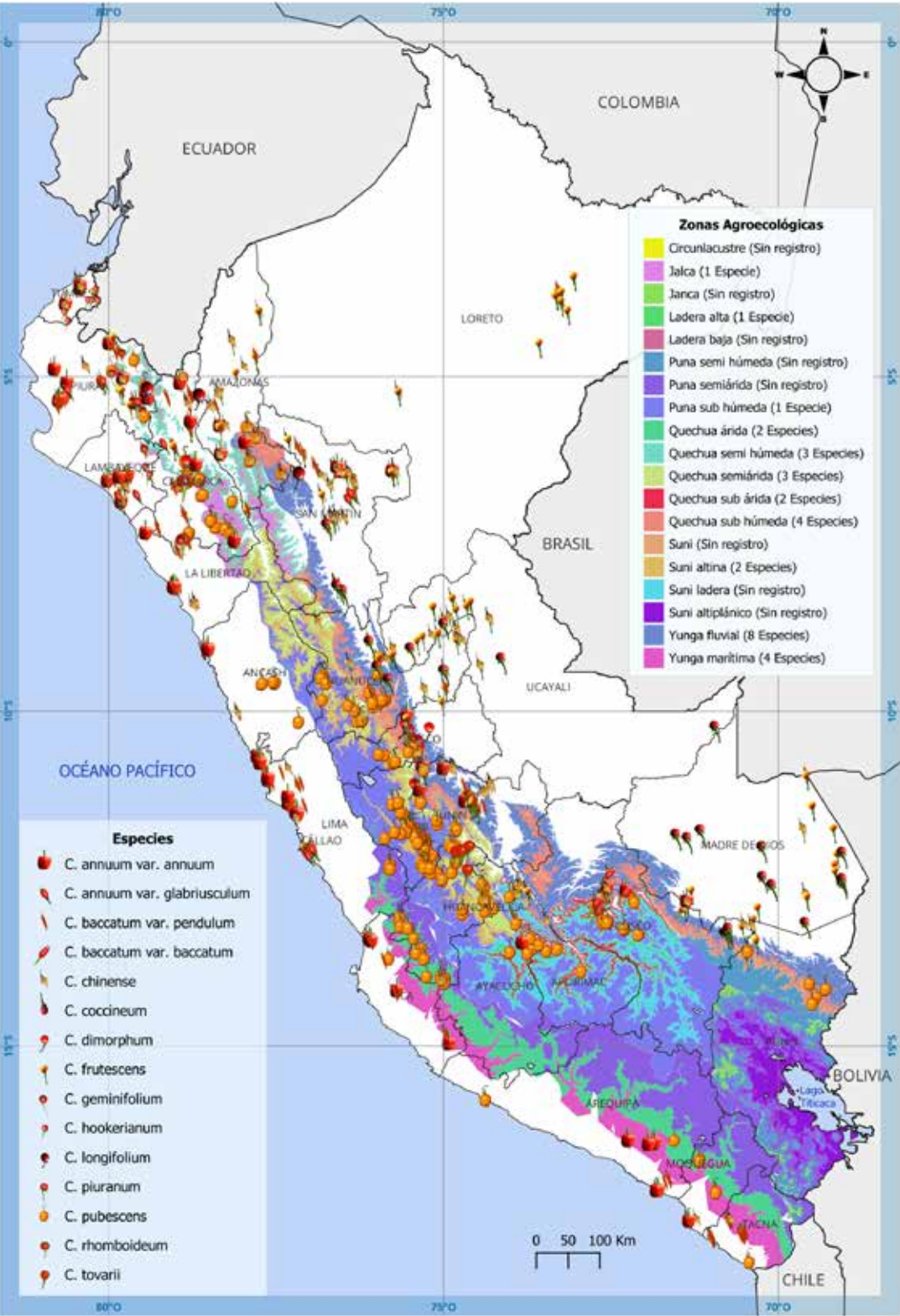


Figura 44. Distribución de las especies de *Capsicum* según zonas agroecológicas.





## 5. Aspectos socioeconómicos y culturales del cultivo del ají y rocoto en el Perú





## 5. Aspectos socioeconómicos y culturales del cultivo del ají y rocoto en el Perú

En el Perú, desde las culturas preincaicas, el ají fue no solamente uno de los componentes más importantes de sus dietas, sino que también formaba parte de su arte, e incluso sus usos se extendieron a la religión (APEGA, UNALM, INIA & USMP, 2009).

Durante la época inca se utilizaban como unidad de medida manojos compuestos de seis ajíes secos, a los que llamaban “rantii”. El ají, junto con las hojas de coca, se utilizaban como moneda - mercancía para intercambios, los cuales tenían un valor utilitario y eran muy cotizados. Con ellos incluso se pagaban algunos trabajos realizados por chamanes, cargadores y guerreros (Jäger *et al.*, 2013 a).

Actualmente la diversidad de *Capsicum* domesticado se cultiva en los valles de los flancos occidentales y orientales de los Andes, como se ha podido constatar durante las prospecciones. Esto ha permitido realizar 322 encuestas a los productores de ají y rocoto en diversas áreas del territorio.

Según la Encuesta Nacional Agropecuaria - ENA (INEI, 2018b) la mayoría de los agricultores tiene menos de 5 hectáreas. Los resultados de las encuestas realizadas revelan que el 92 % de ellos tiene hasta 5 hectáreas, lo que es concordante con las estadísticas de la ENA. Según Ugás APEGA, UNALM, INIA & USMP, 2009) habría tres millones de agricultores que cultivan ají, quienes utilizan prácticas agrícolas tradicionales, la mayoría de los cuales se han mantenido por largo tiempo por debajo de la línea de pobreza (Jäger *et al.*, 2013a).

En paralelo también florece una boyante agricultura; las exportaciones de ajíes nativos se incrementaron en un 24 % el primer semestre de 2021, siendo el ají amarillo (*C. baccatum*) el que más ha destacado, con 51 % de las exportaciones, seguido del rocoto (*C. pubescens*), el ají panca (*C. chinense*) y otros, en zonas productoras de ají en Lambayeque, Lima, Tacna y La Libertad; también en Pasco con el rocoto (*C. pubescens*) (Senamhi, 2021).

Los agricultores de ajíes nativos generalmente no están asociados y cultivan con bajos ingresos, debido a que los precios son muy fluctuantes. No tienen contratos de compra/venta de su producción, ni tampoco acceso a capacitación ni asistencia técnica. Sus tierras no están tituladas y por tanto el acceso a crédito es limitado. Cuando las cadenas son más cortas obtienen mejores beneficios, sobre todo cuando venden su producción directamente a los consumidores finales o a mercados especializados (*gourmets*, orgánicos) y en periodos de escasez. Generalmente venden hasta el 98 % de su producción a mercados locales, y el precio de venta depende de la oferta, de la variedad del ají, de la región en que se produce y del destino de la producción (Jäger *et al.*, 2013 a).

Los mayoristas en mercados regionales son los principales compradores de ajíes nativos, representando su venta entre el 30 y el 100 % de sus ingresos mensuales, dependiendo de la estacionalidad. Abastecen principalmente a minoristas del mismo mercado, bodegas, supermercados, procesadores y, en menor proporción, a consumidores finales. Los minoristas también les compran entre el 30 y el 50 % de la producción de ají directamente a los agricultores. Los minoristas usualmente son procesadores artesanales de ají y venden también otros productos (Jäger *et al.*, 2013 a).

### 5.1 Descripción socioeconómica y cultural del agricultor (productor) que cultiva ají/rocoto

Caracterizar al agricultor que cultiva la diversidad de ají/rocoto entraña sus dificultades, sobre todo porque en estudios previos se ha “forzado” el perfil del agricultor desde la perspectiva del mercado. En algunos casos no toma en cuenta la conservación de la agrobiodiversidad nativa, que es desplazada por cultivos para el mercado convencional, que privilegia la uniformidad y el volumen, frente a la diversidad de cultivos nativos, donde la diversidad de ajíes y rocotos no escapa a esta realidad.



Con base en los resultados de las encuestas realizadas, nos aproximamos a describir al agricultor que cultiva la diversidad de especies domesticadas de *Capsicum*.

El perfil socioeconómico en la composición familiar está conformado por núcleos de 3 a 5 personas (54 %), con un promedio de 3 hijos por familia. El 43.8 % de las familias declaró la condición civil de casados, la mayoría entre los 30 a 59 años, los jóvenes (18 a 29 años de edad) muestran escasa participación en la actividad agrícola (9.6 %), lo que refleja la falta de oportunidades laborales que la agricultura brinda a los jóvenes. Según el INEI (2020), las personas son consideradas económicamente activas, si contribuyen o están disponibles para la producción de bienes y/o servicios. Las encuestas revelaron que el 27.3 % de los productores respondió tener 60 años a más. Se estima que este grupo, con su experiencia y arraigo cultural y tradicional, contribuye a la producción de la diversidad de especies de *Capsicum* domesticado y, en consecuencia, a la conservación de esta diversidad.

El 61.2 % de los encuestados fueron varones y el 38.8 % mujeres. Es pertinente observar que, durante la encuesta a parejas de esposos, siempre se imponía la participación del varón (“el hombre de la casa” o el “jefe del hogar”). Sin embargo, a las preguntas sobre los ajíes y el rocoto, las mujeres responden con minuciosidad y detalle sobre el cultivo, manejo, comercialización, y sobre todo respecto a la variabilidad. Sin duda, la participación femenina está condicionada por las relaciones de género que se dan en el ámbito rural.

La mano de obra familiar es utilizada en actividades que son ejecutadas y compartidas por varones y mujeres, sin ser completamente reconocidas y remuneradas en términos monetarios. Dentro de estas actividades se encuentran el desmalezado, la limpieza del terreno, la siembra, la cosecha y la selección de frutos. La presencia de mujeres en las actividades de comercialización de ají al menudeo es mayor; se trata de una producción dirigida principalmente para consumo final, en fresco, deshidratado o con cierto grado de procesamiento (Jäger *et al.*, 2013 a).

La lengua materna es otro componente importante en el conocimiento tradicional vinculado estrechamente con la conservación de la agrobiodiversidad, El 68.9 % declara al español o castellano como su lengua materna, el 24.8 % el quechua y el 6.2% el aymara. Las lenguas amazónicas tienen presencia en la parte nororiental del Perú, como es el caso de Amazonas, Loreto, Ucayali, San Martín y Madre de Dios, donde se hablan idiomas indígenas como el awajún, el shipibo – konibo o el asháninka.

Otro factor es la educación formal: el 14.9 % declaró tener educación superior, mientras que el 44.4 % alcanzó el nivel secundario, el 32.9 % el nivel primario y el 7.9 % no tiene ningún nivel educativo. Si bien el no contar con educación formal podría traer implícita una limitada capacidad de gestión, negociación y participación en el mercado y acceso a oportunidades, no limita de ninguna manera el dominio del conocimiento tradicional, muy relevante para la conservación de la agrobiodiversidad y la cultura asociada. Esto es cierto sobre todo si esos datos se combinan con datos de migración, ya que el 50.9 %, es decir, la mitad de los encuestados, declaró que desarrollan sus actividades productivas, económicas y culturales en el lugar donde nacieron, y el 49.1 % son migrantes internos (dentro del país), llevan su cultura conservacionista de la agrobiodiversidad a donde van.

La mayoría de los productores declaró ser propietarios de su casa (84.5 %); solamente 9.6 % vive en la casa de un pariente y 5.9 % alquila su vivienda. Por otro lado, la mayoría (89.4 %) utiliza su vivienda solo como residencia y el 10.6 % la utiliza como vivienda y comercio. Las viviendas, todas en el ámbito rural, en su mayoría (40.1 %) son de adobe; les siguen las de material noble (39.8 %), las de madera (14.6 %) (sobre todo en la región natural omagua) y de quinchá (2.5 %) (sistema de construcción ancestral de paja, barro, fibras, entre otros, registrado en la región natural chala).

Sobre el servicio de energía eléctrica, la mayoría (90.4 %) de las viviendas cuenta con este servicio relacionado con la aplicación de la Ley n.° 28749, Ley General de Electrificación Rural del año 2006, mientras que en menor medida (un 9.3 %) utiliza otro tipo de energía para alumbrar su vivienda, como velas, grupos electrógenos o lámparas a gas (0.3 %).

La fuente de energía más usada para cocinar (el 74.5 % de los encuestados) es el gas; sin embargo, no se utiliza de manera exclusiva, ya que el 68.6 % usa leña o carbón, lo que indica el uso de varios tipos de combustible por el mismo núcleo familiar (el 44 %) y sólo el 3.7 % utiliza electricidad para cocinar.

Un factor importante es la calidad del agua para consumo humano. Si bien la mayoría (el 59 %) utiliza agua potable, el 18 % utiliza agua entubada, el 14.6 % utiliza agua de pozo, y el 10.2 % utiliza agua de río, acequia o manantial. Esto concuerda con la brecha de cobertura de agua potable entre las zonas urbanas y rurales, con un déficit de 5.2 % y 23.7 % respectivamente (INEI, 2020b). Respecto al saneamiento, el 48.4 % dispone de baño en su vivienda, el 30.1 % usa letrina, el 20.5 % dispone de pozo séptico y el 1.6 % elimina las excretas a campo abierto.

La cobertura familiar de salud es mayormente a través del SIS (66.5 %), solamente el 7.5 % está afiliado a EsSalud y el 1.6 % utiliza un sistema privado de salud, mientras que el 24.5 % no está afiliado a ningún sistema de salud. Por otro lado, solamente el 17.1 % declaró participar en alguno de los programas sociales.

El 19.3 % de los productores declararon tener ingresos menores a S/. 300.00 mensuales, el 41.0 % de ellos dijeron que sus ingresos están en el rango de S/ 300.00 a S/ 600.00 mensuales, el 22.7 %, en cambio, dijo tener ingresos entre los S/ 600.00 y S/ 900.00 mensuales y el 17.1 % de los productores manifestaron tener ingresos mensuales superiores a los S./ 900.00, y están relacionados con la migración temporal a las zonas urbanas para buscar empleo (como actividad secundaria), aun cuando su actividad principal sea la agricultura. Respecto de otras actividades complementarias tenemos la crianza de ganado, el comercio, el trabajo dependiente, entre otros.

En cuanto a la asociatividad y el acceso al crédito, la mayoría (el 74.8 %) no goza de ningún tipo de financiamiento, mientras que el 23.6 % dispone de crédito. Por otro lado, el 84 % no pertenecen a ninguna organización del agro, solo el 16 % menciona pertenecer a algún tipo de organización agraria y el 62 % tampoco pertenece a ninguna comisión de usuarios de riego.

Sobre la tenencia de la tierra, el principal activo de que disponen en el área rural, el 42 % cuenta con un título de propiedad, el 20 % es posesionario, el 13% alquila el predio agrícola que trabaja, y el 20 % siembra en terrenos de propiedad de terceros cedidos en calidad de préstamo o cesión de uso. La extensión de las parcelas oscila desde 0.1 a 10 hectáreas. Es pertinente remarcar que aun en el caso de las propiedades más extensas (10 % de parcelas con más de 10 hectáreas), el cultivo de ají o rocoto en limpio no sobrepasa las 10 hectáreas. Es común que el cultivo de la diversidad de *Capsicum* se realice en parcelas menores a 0.1 hectáreas (huertos y jardines) y en asociación con otros cultivos.

Otro aspecto relevante es el acceso vial para el tránsito de los insumos y la cosecha, la mayoría (el 57 %) accede a su parcela mediante trocha carrozable o carretera afirmada, mientras que el 30 % accede por caminos peatonales o río, y sólo el 12 % tiene acceso asfaltado.

## 5.2 Perfil del agricultor (productor) que cultiva la diversidad de ají/rocoto

El agricultor típico cultiva, produce y reproduce la diversidad de *Capsicum* en chacras, huertos y jardines, en forma complementaria a otros cultivos. Emplea la fuerza laboral familiar con aporte del trabajo de las mujeres, y su producción está destinada para el autoconsumo y la venta local, que constituye una fuente de ingresos complementaria al ingreso familiar.

Utiliza diferentes prácticas agrícolas tradicionales de acuerdo a la región natural y al arraigo de sus tradiciones y costumbres. La región natural quechua concentra la mayoría (el 65 %) de agricultores que cultivan las especies de ají y rocoto.

Los productores tienen limitado acceso a mejores ingresos económicos, educación, salud, servicios básicos y transferencia de tecnología, aspectos significativos para su desarrollo y bienestar. Su visión de progreso y de desarrollo es diferente, con culturas consonantes con el medio que los cobija.

En los huertos y jardines es relevante la participación de las mujeres en la producción y comercialización de los cultivos de los ajíes y el rocoto, como parte complementaria a la producción de maíz, papas, arroz, café, entre otros cultivos comerciales y de panllevar, donde el varón toma las decisiones que corresponden a siembras a mayor escala. En estas circunstancias la mujer asume la multiplicidad de tareas del hogar, cuida y siembra los huertos o jardines con diversos productos hortícolas, tales como verduras y hierbas aromáticas, sin contar los frutales. Los ajíes y rocotos van destinados a la venta, sólo una pequeña parte se destina al consumo y a la conservación de semillas. Estos ajíes producen permanentemente, por lo que se constituyen una fuente constante de ingresos para la familia.

## 5.3 Mercado de los *Capsicum*

A nivel global se comercializan los ajíes y pimientos frescos y secos o deshidratados y procesados. La estadística internacional de ajíes y pimientos (FAO, 2022) se encuentra de manera agregada, es decir, no separan los datos por cultivos o variedades. Incluyen la producción y comercialización en fresco y seco, ya sea en conserva, congelado, salmuera, molido o polvo de los pimientos páprika, piquillo, morrón, jalapeño y guajillo, y los ajíes amarillo, dulce, rocoto, habanero, mirasol, escabeche, tabasco, panca, cayena, criollo y chipotle, entre otros. Esta información está disponible en el portal de la FAO.



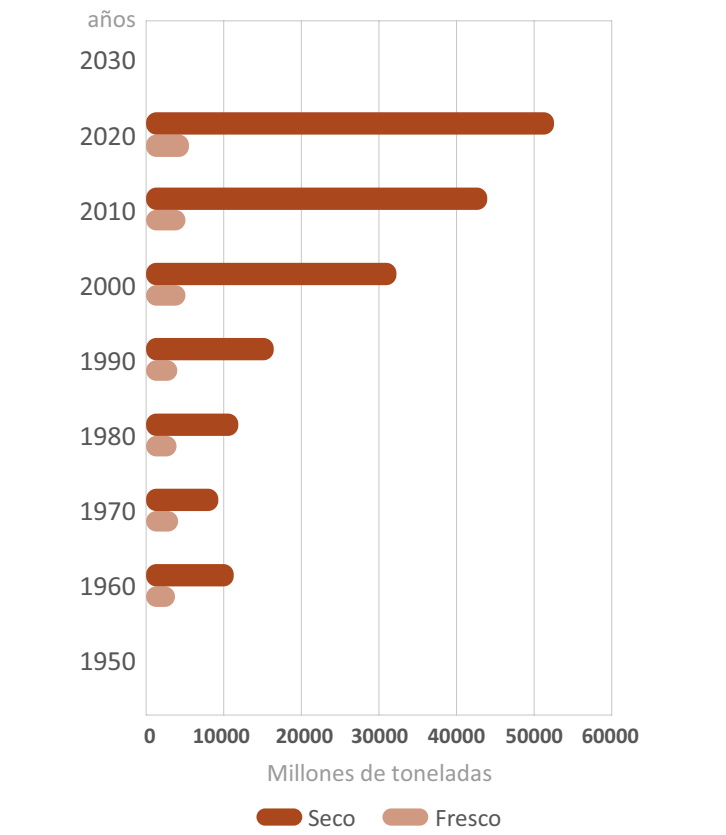


Figura 45. Estadísticas globales de producción de ají en seco y fresco.

Fuente: FAO, 2022 (elaboración MINAM).

Como se puede observar en la figura 42 la evolución de la producción tanto en fresco como seco a lo largo de 60 años (entre 1961 y 2020) ha ido creciendo sostenidamente, habiendo pasado de una producción mundial en fresco de 9028.43 millones toneladas el año 1961 a 52817.92 millones de toneladas el 2020 y en seco de 1054.65 millones de toneladas el año 1961 a 4464.80 millones de toneladas el año 2020 (FAO, 2022).

|    | País                      | Producción (t) |
|----|---------------------------|----------------|
| 1  | China                     | 3120500        |
| 2  | Nigeria                   | 388000         |
| 3  | España                    | 356700         |
| 4  | Turquía                   | 240000         |
| 5  | Italia                    | 231100         |
| 6  | Bulgaria                  | 208836         |
| 7  | Estados Unidos de América | 180937         |
| 8  | Hungría                   | 146432         |
| 9  | Yugoslavia                | 141000         |
| 10 | Rumania                   | 104000         |
| 11 | México                    | 96798          |
| 12 | Indonesia                 | 90000          |
| 13 | URSS                      | 70000          |
| 14 | Argentina                 | 59000          |
| 15 | Egipto                    | 54000          |
| 16 | Ghana                     | 46000          |
| 17 | Túnez                     | 45500          |
| 18 | Corea del sur             | 37118          |
| 19 | Marruecos                 | 26000          |
| 20 | Checoslovaquia            | 21094          |
| 21 | Japón                     | 21000          |
| 22 | Chile                     | 19000          |
| 23 | Corea del norte           | 18000          |
| 24 | India                     | 17000          |
| 25 | Grecia                    | 14678          |
| 26 | Perú                      | 13150          |
| 27 | Costa de Marfil           | 12000          |
| 28 | Israel                    | 11500          |
| 29 | Sri Lanka                 | 11000          |
| 30 | Siría                     | 10000          |

Tabla 15. Los 30 países mayores productores de ajíes y pimientos frescos el año 1961 (Fuente: FAO, 2022).

|    | País                      | Producción (t) |
|----|---------------------------|----------------|
| 1  | China                     | 16680927       |
| 2  | México                    | 2818443        |
| 3  | Indonesia                 | 2772594        |
| 4  | Turquía                   | 2636905        |
| 5  | España                    | 1472850        |
| 6  | Egipto                    | 1055605        |
| 7  | Nigeria                   | 762174         |
| 8  | Argelia                   | 717659         |
| 9  | Estados Unidos de América | 715220         |
| 10 | Países Bajos              | 430000         |
| 11 | Túnez                     | 420000         |
| 12 | Italia                    | 247620         |
| 13 | Corea de sur              | 243424         |
| 14 | Nigeria                   | 239556         |
| 15 | Kazajstán                 | 227548         |
| 16 | Macedonia                 | 204919         |
| 17 | Ucrania                   | 181290         |
| 18 | Perú                      | 176162         |
| 19 | Grecia                    | 164290         |
| 20 | Polonia                   | 158800         |
| 21 | Israel                    | 149245         |
| 22 | Argentina                 | 147912         |
| 23 | Marruecos                 | 143884         |
| 24 | Japón                     | 142800         |
| 25 | Venezuela                 | 138963         |
| 26 | Colombia                  | 127733         |
| 27 | Ghana                     | 119405         |
| 28 | Rumania                   | 118130         |
| 29 | Nepal                     | 116824         |
| 30 | Sierra Leona              | 111513         |

Tabla 16. Los 30 países mayores productores de ajíes y pimientos frescos el año 2020 (Fuente: FAO, 2022).

China es el país que lidera con la mayor producción en fresco, mientras que el Perú ha evolucionado de estar en el puesto 26 el año 1961 al puesto 18 en el año 2020.

|    | País                      | % variación 2018 - 2017 | % participación 2018 | Total exportado 2018 (millón US \$) |
|----|---------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| 1  | China                     | 43 %                    | 32 %                 | 592.74                              |
| 2  | Francia                   | -9 %                    | 9 %                  | 254.59                              |
| 3  | Perú                      | -10 %                   | 8 %                  | 234.82                              |
| 4  | Países Bajos              | 6 %                     | 6 %                  | 157.93                              |
| 5  | España                    | -11 %                   | 6 %                  | 181.78                              |
| 6  | Corea del Sur             | 3 %                     | 4 %                  | 109.04                              |
| 7  | Bélgica                   | -14 %                   | 4 %                  | 121.06                              |
| 8  | Alemania                  | -10 %                   | 3 %                  | 100.08                              |
| 9  | Tailandia                 | -9 %                    | 3 %                  | 80.41                               |
| 10 | Estados Unidos de América | 5 %                     | 3 %                  | 68.91                               |

Tabla 17. Principales 10 países exportadores de ajíes y pimientos frescos y secos en el año 2018.

Fuente: Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (Siicex, 2022).

En cuanto a los ajíes y pimientos secos o deshidratados (tabla 17), China ocupó el primer puesto en las exportaciones de este producto, representando cerca de un tercio de las exportaciones totales mundiales.

|    | País                      | % variación 2018 – 2017 | % participación 2018 | Total importado 2018 (millón US \$) |
|----|---------------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------------------|
| 1  | Japón                     | 6 %                     | 18 %                 | 390.1                               |
| 2  | Estados Unidos de América | 0 %                     | 17 %                 | 400.34                              |
| 3  | Alemania                  | -1 %                    | 12 %                 | 275.57                              |
| 4  | Francia                   | -4 %                    | 8 %                  | 194.28                              |
| 5  | Corea del Sur             | -7 %                    | 5 %                  | 135.98                              |
| 6  | España                    | -18 %                   | 5 %                  | 132.71                              |
| 7  | Reino Unido               | -20 %                   | 5 %                  | 132.98                              |
| 8  | Bélgica                   | -12 %                   | 4 %                  | 106.35                              |
| 9  | Canadá                    | -3 %                    | 4 %                  | 88.63                               |
| 10 | Países Bajos              | 6 %                     | 3 %                  | 55.28                               |

Tabla 18. Principales 10 países importadores de ajíes y pimientos frescos y secos en el año 2018.

Fuente: Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (Siicex, 2022).

Con respecto a las importaciones de ajíes y pimientos el año 2018, Japón lideró las importaciones de ajíes y pimientos tanto frescos secos o deshidratados, con un valor FOB (Free on Board o Franco a Bordo) de US\$ 390.10 millones (tabla 18).

|  | Mercado                   | % variación 2020 – 2019 | % participación 2020 | FOB 2020 (miles US\$) |
|--|---------------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
|  | España                    | 61 %                    | 89 %                 | 51,669.56             |
|  | Estados Unidos de América | -28 %                   | 3 %                  | 1,836.19              |
|  | Países Bajos              | 2 %                     | 2 %                  | 1,449.30              |
|  | Francia                   | -6 %                    | 2 %                  | 1,352.04              |
|  | Alemania                  | 113 %                   | 1 %                  | 487.62                |
|  | Canadá                    | 101 %                   | 1 %                  | 324.47                |
|  | Australia                 | 65 %                    | 0 %                  | 237.18                |
|  | Reino Unido               | -41 %                   | 0 %                  | 164.5                 |
|  | Islas de Cabo Verde       | 441 %                   | 0 %                  | 142.44                |

Tabla 19. Principales mercados de las exportaciones peruanas de ajíes y pimientos frescos y secos el año 2020.

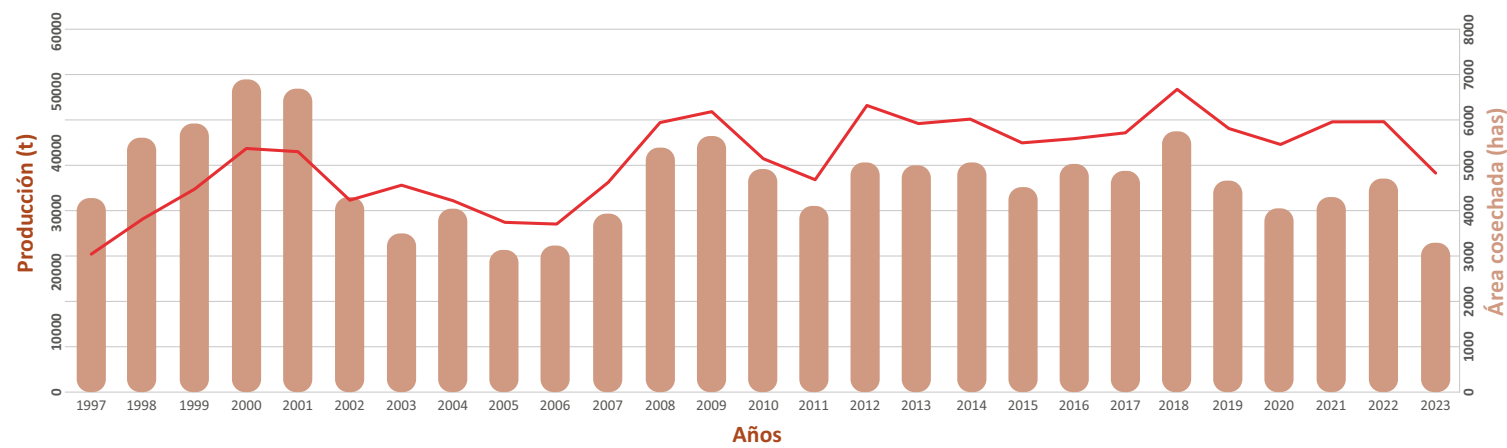
Fuente: Sunat y elaborado por Siicex (2022).

Según el Sistema Integrado de Información de Comercio Exterior (Siicex) del Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur), las principales colocaciones de las exportaciones peruanas de ajíes y pimientos por el valor FOB en el año 2020 las lideró España. En general, como se puede ver en la tabla 19, los países europeos son los que en conjunto demandan más los ajíes y pimientos peruanos en distintas presentaciones.

En un contexto más amplio, la competencia entre las gastronomías del mundo está vinculada en cierta medida a los sabores picantes que distinguen a cada cocina. Los ajíes (que por supuesto incluyen al rocoto) tienen potencial para la comercialización interna y la exportación, sobre todo a través de la diferenciación de productos, debido al interés y la demanda de consumidores que exigen sabores diferentes, y por las empresas que requieren materia prima con sabores distintos, como se puede constatar por el incremento en la demanda a nivel mundial de sabores picantes en las últimas décadas.

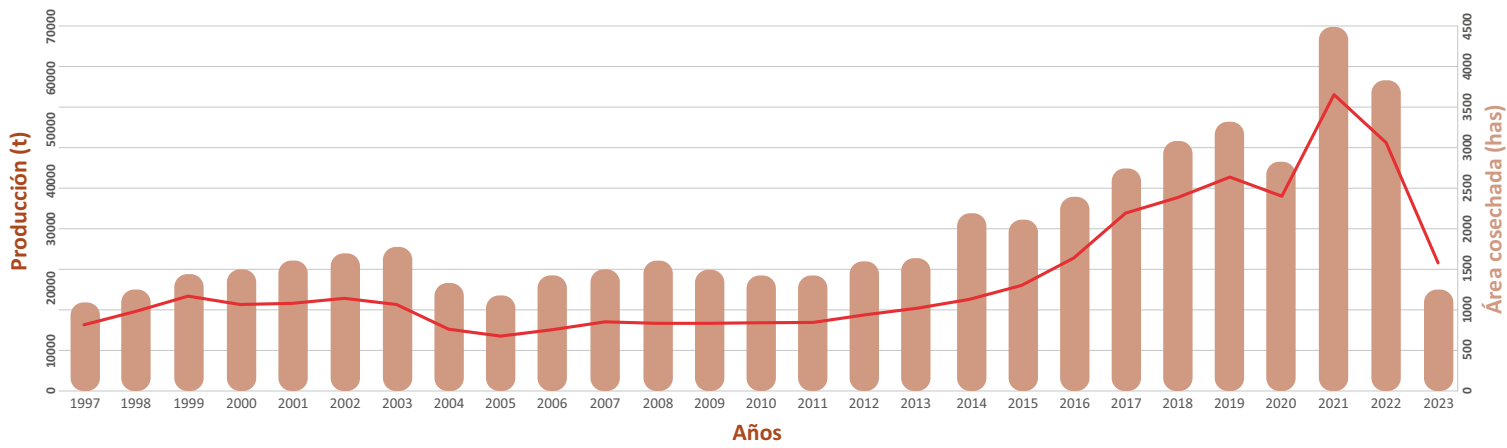
A nivel nacional la estadística de hectáreas cultivadas y de producción se encuentra agregada en el ítem ají, agrupando en una sola categoría a las cuatro especies y los cultivares, y solamente se desagrega el rocoto (figura 46 y 47). Esta información se encuentra disponible en el portal del Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias (SIEA) del Midagri.





**Figura 46.** Evolución de la producción de ají, período 1997 a 2023  
**Fuente:** SIEA (elaboración MINAM)

El crecimiento sostenido de las áreas cosechadas y la producción de ají ha sido sostenido a partir de 401 distritos de 21 departamentos (excepto Cusco, Madre de Dios y Puno), la producción en 25 años se ha duplicado de 21177.2 a 48336.6 toneladas entre 1997 a 2022, en casi la misma área cosechada; si bien han aumentado las áreas cosechadas, el crecimiento no es significativo, de 4348.0 a 7421.1 ha cosechadas entre 1997 y 2022.



**Figura 47.** Evolución de la producción de rocoto, período 1997 a 2023.  
**Fuente:** SIEA (elaboración MINAM).

El crecimiento también es sostenido de las áreas cosechadas y la producción de rocoto a partir de 108 distritos de los departamentos de Amazonas, Apurímac, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La Libertad, Lima, Pasco, Puno y Tacna. La producción se ha sextuplicado, de 10966.0 a 66548.7 toneladas entre 1997 a 2021, habiéndose cuadruplicado las áreas cosechadas en 24 años, de 965.0 a 4224.1 ha cosechadas entre 1997 y 2021.

Los ajíes nativos cultivados que tiene el Perú, con su diversidad única de colores, sabores, aromas, formas, atributos funcionales, entre otros, tienen un gran potencial y posibilidades de posicionarse en los mercados, tanto nacionales como internacionales, debido a la creciente demanda a nivel mundial por nuevos alimentos e ingredientes diferenciados de alto valor, sumado al actual boom gastronómico en el Perú (Jäger *et al.*, 2013a).

Bioversity International, mediante el proyecto “Rescate y promoción de ajíes nativos en su centro de origen”, analizaron las cadenas de valor de los ajíes nativos del Perú, identificando los cuellos de botella con detalle de cada problema por cada eslabón. Lograron identificar y detallar los problemas en los cinco eslabones: suministro de insumos, producción, procesamiento, comercio y consumo (Jäger *et al.*, 2013 a).

El diagnóstico de los cuellos de botella realizado por Bioversity International se constituyó en la agenda de trabajo a seguir para mejorar la competitividad de la cadena de valor de los ajíes nativos del Perú, proponiendo un portafolio de intervenciones integrales. Posteriormente, el Midagri aprobó el Plan de Desarrollo Sostenible de las especies del género *Capsicum* 2018-2028, para buscar las oportunidades de acceder con ventaja al mercado de los *Capsicum*. Tiene como objetivo general el incrementar en forma sostenible la producción de los *Capsicum*. Asimismo, dentro de sus seis objetivos específicos, el relacionado con la investigación guarda relación con la utilización de la diversidad de los *Capsicum* domesticados. No involucra los ajíes silvestres, tal vez porque en el Perú no está desarrollado aún el mercado de ajíes silvestres como en Bolivia (Jäger *et al.*, 2013b).

Este documento también pone de relieve a los ajíes peruanos y su importancia, porque sostienen la diversidad nacional y promueven la cultura culinaria. Destaca el rocoto, el ají amarillo y al ají panca, y reconoce al charapita y los ajíes amazónicos que vienen cobrando relevancia. Menciona, además, que diversas instituciones de la academia y ONG protegen la diversidad y han realizado estudios sobre la diversidad de ajíes peruanos, diferenciando atributos cualitativos y de pungencia. Sin embargo, señala que las unidades agropecuarias están concentradas con páprika y rocoto.

El Plan desarrolla el diagnóstico externo e interno de la producción y comercio mundial y nacional de *Capsicum*, así como los instrumentos de gestión que aseguren la calidad de los productos, subproductos y derivados de *Capsicum*. Desarrolla las tendencias y la problemática a enfrentar en inocuidad, sanidad y accesos a mercados. También revela que no se cuenta con información de los productores por zona geográfica, ni

cultivares sembrados y cosechados. Señala que persiste la desinformación y falta de investigación y publicaciones recientes. Invoca a la asociatividad de los productores, y destaca que no se cuenta con cultivares nacionales de exportación y no está habilitado un registro de variedades.

El desconocimiento de requisitos para cumplir con los accesos fitosanitarios es una problemática que limita el aprovechamiento del mercado internacional. Si bien hay una minoría de productores, técnicos y empresarios que cuentan con información relacionada con la reglamentación y las condiciones de acceso, es necesario conocer los requisitos a detalle. Se necesita disponer de información sobre cuáles son los mercados en los que se cuenta con el acceso correspondiente y desarrollar una estrategia de apertura comercial que incorpore un plan comercial para el género *Capsicum*.

Sobre el mercado de *Capsicum* peruano, señala que ha evolucionado, aunque reconoce la baja rentabilidad de algunos cultivares, lo que impide consolidar su producción. La apuesta es por fortalecer la asociatividad de los productores de ajíes, sobre todo porque las pequeñas áreas de producción impiden contar con una oferta suficiente para aprovechar la mayor demanda internacional, así como para cumplir con las mayores y nuevas exigencias. El incumplimiento de parámetros y protocolos de calidad en producción de ajíes significaría rechazos y consecuente pérdida de mercados internacionales. Igualmente hace hincapié en la reducción de los niveles de informalidad de las empresas vinculadas al cultivo de los *Capsicum*.

El procesamiento artesanal de ajíes y rocoto genera valor agregado a los productos, subproductos y derivados, el cual, con alianzas estratégicas, por ejemplo, con Apega (Sociedad Peruana de Gastronomía), no solamente ayuda a difundir las bondades culinarias de los ajíes y el rocoto, sino también facilita la obtención de marcas colectivas con denominación de origen y sellos distintivos, articulado a las instituciones de promoción (PromPerú) y regulación (Indecopi).

La competencia del mercado global de condimentos en las últimas décadas se ha incrementado, especialmente en las cocinas de la India, China, África y América del Sur (Sardón, 2015).

También es pertinente considerar los cambios que imponen los consumidores en este siglo, con una tendencia hacia el consumo de no transgénicos y orgánicos, no solo en los mercados europeos sino a nivel global (Manzur, 2005).





## 6. Propuesta para la gestión de la diversidad del *capsicum* cultivado y silvestre y la bioseguridad





## 6. Propuesta para la gestión de la diversidad del *Capsicum* cultivado y silvestre y la bioseguridad

Los desafíos que nos propone la gestión de la diversidad y la bioseguridad pasan por evaluar el estado de conservación, en este caso, de la diversidad de las especies silvestres y domesticadas del género *Capsicum*, cómo esta se aprovecha de forma sostenible y de qué manera se genera riqueza con desarrollo basado en esta diversidad a lo largo de la cadena de valor.

### 6.1 La conservación de la diversidad del *Capsicum* domesticado y silvestre

Un gran número de accesiones de ají y rocoto domesticadas y de especies silvestres se almacenan en bancos de semillas en el mundo, que representan un recurso valioso para su conservación ex situ, con el fin de transferir caracteres relacionados a la resistencia a diversos factores bióticos y abióticos y para la mejora de la calidad. Los avances recientes en términos de genética y el conocimiento genómico ayudará sin duda a descifrar la potencialidad de estos recursos (Tripodi & Kumar, 2019).

En el Perú las colecciones de *Capsicum* a cargo del INIA, complementadas con la colección de la UNALM y otras universidades, constituyen los principales reservorios genéticos. Sin duda, se requiere fortalecer la identificación taxonómica, y la caracterización morfológica y genotípica para detectar características de interés agrícola e industrial, así como evitar la duplicación de esfuerzos, por ejemplo, en la búsqueda de marcadores más polimórficos y optimizar el número de accesiones conservadas ex situ por especies (Lengua, 2018).

El año 2015 se desarrolló el servicio de elaboración del contenido para un catálogo de pasaporte de la colección de germoplasma de *Capsicum* del INIA (MINAM, 2015 b), mediante el cual se conoció que el INIA maneja

dos colecciones de germoplasma. La primera, con 413 accesiones de ají (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* y *C. frutescens*), que fueron colectadas en once departamentos: Apurímac, Ayacucho, Cajamarca, Huánuco, Lambayeque, Lima, Loreto, Puno, Piura, San Martín y Ucayali; y la segunda colección, con 296 accesiones de rocoto (*C. pubescens*), que fueron colectadas en siete departamentos: Apurímac, Ayacucho, Arequipa, Cajamarca, Huánuco, Piura y Puno.

Por otro lado, la UNALM conserva 395 accesiones de ají y rocoto cultivado colectadas en distintas regiones del Perú, a partir del cual desarrollan diversas investigaciones en fertilización orgánica, procesamiento, comparativo y selección de cultivares. Entre los años 2016 a 2018 llevaron adelante una iniciativa con el INIA de consolidar las colecciones de *Capsicum* en una base de datos morfológica, genética, físico-química y culinaria, con la finalidad de analizar las prioridades de conservación y desarrollo. También es destacable los esfuerzos que realizan al promocionar la diversidad de ajíes cultivados con la gastronomía.

El año 2017 fueron catalogados los datos de los especímenes botánicos del herbario PRG de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo de los cultivos y sus parientes silvestres de calabaza/zapallo, frijol, papaya, ají, yuca, papa y tomate. Esto se realizó a partir de 18 000 especímenes colectados entre 1966 (fecha de inicio de funcionamiento del herbario) hasta 2017 en 17 departamentos, 60 provincias y 182 distritos del Perú. Se realizó el levantamiento de información de 2596 especímenes de cinco familias botánicas encontrando solo nueve registros de *Capsicum*; de ellos, solamente uno fue identificado (*C. annuum*) y otros ocho sin identificar; las muestras fueron colectadas entre 1997 a 2015.



El año 2018 se realizó la priorización de las zonas de prospección para la elaboración de las líneas de base de frijol, yuca, ají y alfalfa. Los resultados mostraron la necesidad de mayores estudios de las zonas donde se ha recolectado o registrado un número reducido de observaciones de especies silvestres de ají, frijol y yuca, así como la necesidad de que los especímenes sean revisados y validados (curados) por un experto del grupo taxonómico, puesto que en los herbarios (excicatas) y bancos de germoplasma (accesiones) aún conservan muestras de especies sin determinar, tanto cultivadas como silvestres.

Un análisis genómico poblacional de 10 038 accesiones de *Capsicum* conservadas en diez bancos de germoplasma y colectadas en 130 países de los cinco continentes, de las cuales 9689 accesiones fueron de especies domesticadas y 83 de siete especies silvestres y 266 (2.5 %) indeterminadas (Tripodi *et al.*, 2021), encontró que aproximadamente 75 % del germoplasma era único, que el 23 % de las muestras era compartido entre dos bancos de germoplasma, mientras que solo ocho accesiones eran comunes entre cinco bancos de germoplasma. En general, se encontró 78 % de redundancia en *C. annuum*, 10 % en *C. frutescens* y 5 % en *C. chinense* (Tripodi *et al.*, 2021).

Un reciente estudio, en el cual secuenciaron el genoma completo del cloroplasto del ají arnacucho (*C. chinense*) revela que estaría más relacionado con *C. galapagoense* que a otros *C. chinense* secuenciados previamente. Esto confirma la necesidad de estudios que utilicen las colecciones de *Capsicum* de amplia distribución geográfica y el examen de materiales tipo, los que serían muy relevantes para comprender la variación taxonómica y la nomenclatura del clado *Capsicum* (Arbizu *et al.*, 2022).

Khoury *et al.* (2019), mediante el modelamiento de la distribución y conservación de los parientes silvestres del ají, analizaron el estado de conservación de 37 taxones del género *Capsicum*. Encontraron solamente seis registros para *C. piuranum*, que no están conservados en condiciones ex situ, y que se encuentran en peligro crítico, por lo que su conservación es de alta prioridad. En *C. tovarii* encontraron solamente 15 registros y tres accesiones conservadas ex situ, por lo que su condición es vulnerable y de alta prioridad de conservación. *C. annuum* variedad *glabriusculum* es de menor preocupación, pero es de alta prioridad de conservación. *C. baccatum* variedad *baccatum* es de menor preocupación y prioridad media de

conservación. *C. coccineum* y *C. dimorphum* se encuentran casi amenazados, y es de prioridad media su conservación, aunque no están representados en condiciones ex situ. *C. geminifolium* es de menor preocupación y alta prioridad de conservación, porque no está representado en condiciones ex situ. *C. hookerianum* está en situación vulnerable, prioridad media de conservación y no está representado en condiciones ex situ. *C. longifolium* está en situación vulnerable, de alta prioridad de conservación y no está representado en condiciones ex situ. *C. rhomboideum* es de menor preocupación y prioridad mediana de conservación.

Por otro lado, teniendo en cuenta que la conservación in situ de la diversidad de especies domesticadas se viene realizando en chacras, huertos y jardines dentro de un sistema de agricultura tradicional, en la Amazonía se evidencia que este manejo agrícola incluye la tala, quema y descanso para permitir una nueva regeneración boscosa. Esta práctica milenaria, dada la facilidad con que se cruzan las diferentes formas de *Capsicum*, contribuye a su conservación in situ y al incremento de su diversidad, lo que se refleja en los múltiples tipos de ajíes con los que hoy cuentan los agricultores indígenas en toda la región amazónica (Melgarejo *et al.*, 2004).

Se requiere identificar los patrones de distribución y concentración de diversidad de las especies silvestres del género *Capsicum*, así como su categorización según su nivel de amenaza de extinción. También requiere particular atención en las ANP, donde se espera que dentro de sus ámbitos aún se conserven los parientes silvestres de *Capsicum*. *C. piuranum* no está registrada dentro de ninguna ANP del Perú o Colombia, *C. tovarii* se encuentra aledaño al Área de Conservación Regional Bosque Nublado Amaru-Huachocolpa-Chihuana de reciente creación, mientras que *C. coccineum*, *C. dimorphum*, *C. geminifolium*, *C. hookerianum*, *C. longifolium* y *C. rhomboideum* es posible que se encuentren dentro de alguna ANP, aunque no se tiene certeza.

Sin duda, se requiere fortalecer la conservación ex situ e in situ de *Capsicum*, sobre todo ante los efectos del cambio climático, ya que se prevé que la producción de ajíes y pimientos en climas cálidos se verá afectada por cambios continuos en temperatura, incremento de plagas, exceso de lluvia o sequías fuera de temporada, variaciones de humedad, entre otros (Senamhi, 2021).



Cajamarca - Cajamarca - Baños del Inca



Cajamarca - San Ignacio - San José de Lourdes



## 6.2 Utilización sostenible de la diversidad del *Capsicum* domesticado y silvestre

La diversidad de ajíes nativos es alta comparada con los ajíes comerciales, lo cual está relacionado a que el cultivo de la diversidad de ajíes y rocoto se realiza en sistemas de producción a pequeña escala en chacras, huertos y jardines, mientras que la agricultura comercial se realiza a mediana y gran escala.

Por otro lado, los ajíes nativos no cuentan y no están incluidos en el sistema formal de producción y comercialización de semillas, mientras que la agricultura a mayor escala, en fincas, dispone de semillas importadas producto del mejoramiento genético convencional, debido a su importancia económica nacional (APEGA, UNALM, INIA & USMP, 2012).

La denominación de ají nativo está definida por aspectos de origen del cultivo, por el sistema de producción y entorno cultural, entre otros criterios. Los recursos fitogenéticos relacionados con el género *Capsicum* adquieren gran relevancia por el potencial genético que presentan, y por ser la base para obtener nuevos cultivares de mayor rendimiento, calidad nutritiva, sabor y resistencia o tolerancia a plagas.

Utilizar este acervo genético requiere la contribución concertada de los actores en todos los eslabones de la cadena productiva. Por ejemplo, fortalecer la conservación in situ garantizará disponer de materiales adaptados a las nuevas condiciones que impone el cambio climático, y fortalecer la conservación ex situ permitirá conocer los caracteres adaptativos y de valor, así como la forma de transmisión genética; finalmente, fortalecer los sistemas de semilla contribuirá con el resguardo de la calidad de las cosechas.

El rol del gobierno (nacional, regional y local), las comunidades campesinas y nativas, la academia y la sociedad civil (ONG) contribuye en la gestión de la diversidad de *Capsicum* mediante intervenciones articuladas y descentralizadas. Para un mejor y mayor aprovechamiento de este acervo genético aún se requiere avanzar con mecanismos de coordinación en función al marco legal existente para la conservación, la investigación y la innovación, así como reconociendo la importancia de los conocimientos tradicionales.

Respecto al desarrollo de información para el uso sostenible de *Capsicum*, se cuenta con catálogos de los ajíes y el rocoto desarrollado a partir de iniciativas públicas y privadas. Se encuentra aún pendiente contar con una base de datos que integre la información de dichos catálogos y otras colecciones botánicas del género, y se necesita avanzar en la identificación de genes adaptativos y de valor.

## 6.3 La gestión de la bioseguridad

Las evidencias indican que ocurrieron múltiples eventos de domesticación independientes a partir de progenitores ampliamente distribuidos en el centro de origen y de diversidad de *Capsicum*. Sin embargo, la distancia genética es mayor entre los *Capsicum* domesticados que entre los silvestres, lo que indica la ocurrencia de flujo génico (Pérez *et al.*, 2015), ocurre cuando hay migración de semillas o polen entre poblaciones, su intensidad y efectos son variables (Futuyma, 1998; citado por Pérez, 2009).

Al evaluar el flujo de polen a largas distancias a través del área de forrajeo de polinizadores se concluye que las abejas pueden mediar el flujo genético y, en algunos casos, podrían posibilitar la diseminación del polen de un OVM a varios kilómetros de distancia (Rémy *et al.*, 2008).

Considerando especies cercanamente emparentadas, cuando se introduce una especie nueva o un OVM a un espacio físico o territorio, la probabilidad de que ocurra un flujo genético, según sea el caso, se podría concretar entre el organismo introducido y el cultivo domesticado o las especies silvestres relacionadas que están en el agroecosistema compartido y en los ecosistemas contiguos. Para el caso del ají y el rocoto, se consideraría dentro de esta figura a todas las especies del género *Capsicum*.

A diferencia de otros cultivos de importancia global, en el mercado actual no se encuentran disponibles OVM de pimiento, ají o rocoto. El Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología (CIISB) del Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología (2021), no tiene registrado ningún evento OVM en el género *Capsicum*, mientras que el portal del ISAAA (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2021) registra el evento PK-SP01, evento desarrollado por la Universidad de Beijing en 1998 con genes de resistencia al CMV (Cucumber Mosaic Cucumovirus), que no se encuentra disponible comercialmente.

En este escenario, es pertinente considerar el potencial impacto que la introducción y liberación al ambiente de *Capsicum* con eventos OVM podría ocasionar en los cultivos de ají y rocoto nativos y en las poblaciones de especies silvestres en el Perú. La agricultura con OVM lleva implícita la posibilidad de flujo genético con los cultivos nativos y sus parientes silvestres, pudiéndose incorporar las características exógenas del evento OVM en el acervo genético.

La gestión de la bioseguridad de OVM incluye medidas de evaluación y comunicación del riesgo, este proceso se inicia con el análisis de riesgo ante las solicitudes de liberación al ambiente de OVM con fines de cultivo, que son los procedimientos para evaluar, prevenir y gestionar los posibles efectos adversos de la presencia de OVM sobre a la diversidad nativa, en este caso de *Capsicum*. Estos se complementan con medidas de control y vigilancia de OVM. El control se realiza en puntos de ingreso de semillas al territorio nacional y la vigilancia se realiza en los campos de cultivo, teniendo en cuenta la complejidad de los agroecosistemas.

En nuestro país los sistemas de vigilancia de OVM y los sistemas de información sobre cambios tecnológicos y biotecnológicos requieren permanente fortalecimiento para responder ante cualquier eventual liberación de OVM, intencionada o no intencionada. En el caso de las especies silvestres de ají, la vigilancia cobra particular importancia por el estado de vulnerabilidad de varios parientes silvestres del ají, como *C. piuranum*, *C. tovarii*, *C. coccineum*, *C. dimorphum*, *C. geminifolium*, *C. hookerianum* y *C. longifolium* que no están representados o están escasamente representados en los centros de conservación ex situ.

En el debate sobre OVM es recurrente mencionar la alta especialización que se requiere para la evaluación de riesgos e implementación de medidas para su utilización segura. Se requiere entonces de una transferencia tecnológica a los agricultores, por lo que es relevante tomar en cuenta las características socioeconómicas del productor que cultiva la diversidad de los ajíes y el rocoto en sus chacras, huertos y jardines, caracterizados por el bajo nivel de educación formal, y que además no conocen o conocen poco sobre los OVM. Las encuestas realizadas muestran que, de 322 productores consultados, solamente 69 (21 %) dijeron conocer los OVM, mientras que la mayoría (79 %) no los conoce.

El posible impacto socioeconómico de los cultivos OVM en los agricultores, sobre todo en los que practican la agricultura tradicional, tiene diferentes aspectos; entre ellos se puede destacar los costos del paquete tecnológico, los ingresos y rendimientos del cultivo, la eficiencia de la producción, además de factores relacionados con la salud como la mortalidad y morbilidad asociada al uso de pesticidas y químicos o aspectos nutricionales, a los que se suman aspectos sociales, éticos y culturales como el género, la calidad de vida, la inequidad, los valores morales, los conocimientos indígenas y la distribución de la justicia (García-Yi *et al.*, 2014).

Respecto al desarrollo de OVM a nivel internacional, en muchos países se realiza la investigación con fondos públicos o fondos externos. Por ejemplo, en Bangladesh la puesta en campo de la berenjena transgénica ha sido financiada por USAID, y ha sido desarrollada y donada por la empresa privada Mahyco. Por otro lado, en Nigeria, a través de fondos nacionales el Instituto de Investigación Agrícola (IAR), se ha desarrollado un maíz transgénico que estará en el mercado comercial de semillas para el 2023 a través de semilleros locales privados (Nkechi, 2020).

El desarrollo de OVM se realiza en las áreas convencionales de resistencia a los insectos, mayor rendimiento de los cultivos y tolerancia a los herbicidas. Así, en Filipinas se estima un aumento en el rendimiento de la berenjena en 192 %, si se considera que se han controlado las pérdidas por el ataque de organismos blanco en los cultivos convencionales registrados en ese país (Dionglay, 2020).

Cabe resaltar que la generación de un OVM no asegura un éxito comercial. Como ejemplo tenemos al tomate FlavrSavr<sup>®2</sup> y la papa NewLeaf<sup>™3</sup>, desarrollados en la década del 1990. Estos fueron retirados a los pocos años de haber salido al mercado debido al rechazo de los consumidores y de los fabricantes de alimentos procesados.

En el caso de *Capsicum*, no hay eventos OVM disponibles en el mercado mundial, en parte debido al carácter recalcitrante de estas especies a la tecnología (Arcos *et al.*, 2010), así como a los aspectos de consumo comparables con el tomate. Este último cultivo cuenta con cultivares específicos para cada región de acuerdo a las condiciones ambientales, por lo que existe gran variedad de tomates para cada microclima. Esto sucede también con las especies domesticadas de *Capsicum* ligadas a la realidad local donde se cultiva y se consume principalmente fresco.

Por otro lado, dado que el pimiento es la especie más comercial del género *Capsicum*, es uno de los cultivos que forma parte de la canasta de exportación peruana, junto con los ajíes amarillo, limo, panca y el rocoto, con destinos como EE.UU., España, México y los Países Bajos (Corvera, 2021). Adicionalmente, el comercio orgánico del pimiento se encuentra en una fase de expansión, brindando la posibilidad de mejores ganancias para los agricultores (Goldense, 2015). Los consumidores de ají en fresco forman parte de la cartera de clientes de productos orgánicos de las exportaciones peruanas (Mincetur, 2019).

2. <https://calag.ucanr.edu/archive/?type=pdf&article=ca.v054n04p6>

3. [https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/50018/nabc15\\_21\\_Thornton.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ecommons.cornell.edu/bitstream/handle/1813/50018/nabc15_21_Thornton.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



Una propuesta es aumentar la frecuencia de comunicación del riesgo de OVM junto con fortalecer los escasos programas de transferencia de tecnología, de un lado, para que los agricultores, potenciales usuarios de la tecnología de OVM, la conozcan y puedan tomar decisiones informadas, el paquete de comunicación de riesgo unida a la transferencia de tecnología permitirá conocer más y mejor la diversidad nativa, de tal modo que consienta en el corto plazo, desarrollar alternativas a la tecnología de OVM en tanto dure la moratoria a los transgénicos.

#### 6.4 Mercado de semillas con GM

Con la finalidad de explorar la posibilidad de ingreso de las semillas GM en ají o en otros cultivos en el Perú, repasamos algunas tendencias en el mercado de semillas GM en el mundo.

Un estudio sobre el impacto socioeconómico y ambiental de los cultivos GM a nivel global realizado tras 23 años desde que se implantaron comercialmente (Brookes & Barfoot, 2020), analizó los cambios en los ingresos por el impacto de la biotecnología moderna en los rendimientos; esto se hizo con base en los costos clave de producción, en particular el costo de las semillas y los gastos de protección de cultivos, pero también el impacto en costos como el combustible y la mano de obra a nivel de finca. Los resultados mostraron que la cantidad que pagan los agricultores por el uso de OVM varía según el país y el año, asimismo que está influenciada por los derechos de propiedad intelectual (patentes, derechos de obtentor y normas relativas al uso de semillas conservadas en fincas).

En países con sistemas de propiedad intelectual débiles, el costo de la tecnología tiende a ser más bajo que en países donde hay sistemas más fuertes. En los primeros 15 a 20 años de uso de la biotecnología moderna dominaron los cultivos tolerantes al glifosato. Desde 2018, algunos agricultores, especialmente en América del Norte, ahora tienen la opción de usar semillas tolerantes al glifosato más otros ingredientes activos como glufosinato, 2 4 D y dicamba. Estas formas de tolerancias “apiladas” suelen ser más costosas que los rasgos de tolerancia a un solo herbicida de los primeros años de uso. Los ahorros netos en costos subestiman las ganancias totales en los últimos años, porque entre 70 a 80 % de los cultivos GM tolerantes a herbicidas se han realizado con semillas guardadas en finca y no se pagó prima por semilla nueva. En Sudáfrica el costo promedio por hectárea de la tecnología OVM es muy bajo, reflejado en el alto nivel de semilla guardada en la finca (80 a 85 % de la cosecha) sobre la cual no se paga prima de semilla.

En el caso argentino, el mercado de semilla con GM también tiene un precio superior a su contraparte convencional. Los costos de instalación son hasta cuatro veces mayores respecto a la convencional, que han sido compensados a lo largo de los años con estrategias como la reducción del costo de los herbicidas en el caso de la soya, o menores costos en el manejo de campo en el caso del maíz (Tejada, Rossi, Jorge, & Trigo, 2021). Aunque el costo de la biotecnología moderna para los agricultores argentinos ha sido sustancialmente más bajo que en los EE. UU., porque el principal proveedor de tecnología (Monsanto) no pudo proteger la patente, por lo que los agricultores argentinos pudieron guardar y usar semilla GM tolerante a herbicida de primera generación sin pagar ninguna tarifa o regalías sobre semilla guardada en la finca durante muchos años (Brookes & Barfoot, 2020).

En Brasil el 2018 fue el noveno año en que se sembró maíz transgénico tolerante a herbicida, con un 86 % de la cosecha total (14,74 millones de ha). Se estima que la tecnología ha generado una ganancia de rendimiento promedio del 3.7 % gracias al control de malezas. El costo promedio de producción ha disminuido marginalmente por recargo en el costo de las semillas. Los ahorros fueron derivados de los menores costos de control de malezas (Brookes & Barfoot, 2020).

Por otro lado, Chile es exportador de semillas GM con 30 años de experiencia en maíz, soya y canola; las actividades de pruebas de campo realizadas sirven a diversos países del hemisferio norte. Cabe señalar que no toda la producción de semillas de maíz transgénico en Chile es realizada por empresas privadas. La agricultura orgánica y la producción de semillas GM están enfocadas en diferentes tipos de cultivos, por lo que han logrado establecer una coexistencia exitosa y efectiva. En condiciones agrícolas normales, no se puede descartar la presencia involuntaria de OVM en cultivos orgánicos o convencionales. Los agricultores orgánicos están obligados a establecer medidas estrictas para evitar el contacto con cultivos no orgánicos, independientemente de si estos cultivos son convencionales o transgénicos. En los últimos años se han producido cantidades muy pequeñas de maíz, soya y canola orgánicos, si es que se ha producido alguno (Sánchez & Campos, 2021).

En Colombia la tecnología OVM disponible en semillas en 2019 no es la misma que la del 2003, cuando los agricultores la adoptaron por primera vez en algodón. El desempeño en los primeros años de adopción puede no ser necesariamente representativo del desempeño en años posteriores. Por ejemplo, la segunda generación de genes de resistencia a insectos en el algodón GM (Bollgard II) controló más plagas que la primera generación de algodón GM (Bollgard I). Además, el desempeño subyacente de las variedades de semillas que contienen rasgos GM está sujeto a cambios a medida que se desarrollan nuevas variedades de semillas de mejor desempeño (Brookes, 2020).



La Libertad, Trujillo, Moche



Lima - Huaura - Végueta



En México la oferta tecnológica de las semillas de soya y maíz GM es diferencial. En el maíz la biotecnología moderna está orientado a solucionar problemas de control de plagas y malezas en el cultivo, sin embargo, no tuvo relevancia económica frente otras prácticas agronómicas. En consecuencia, las semillas de maíz GM no atienden las necesidades primordiales ni ofrecen soluciones reales a la problemática del cultivo maíz. El caso de la soya es favorecido por factores agronómicos y económicos resultado del uso de la biotecnología moderna para el control de malezas; es decir, semillas con modificación genética presentaron ventajas agronómicas que permiten un mejor manejo del control de malezas durante las actividades agrícolas, que derivan, al mismo tiempo, en ventajas económicas permitiendo a los agricultores que las usan obtener mejores ingresos (Hernández, 2018).

El algodón Bt (*Bacillus thuringiensis*) ha sido el cultivo más sembrado durante más de 20 años en México. Ha pasado por las diferentes etapas reglamentarias y cumplido todos los requisitos. Fue introducido en 1996 para enfrentar problemas de plagas, reducir costos de producción y atender riesgos ambientales. Los beneficios económicos son variables y dependen de factores como los precios internacionales y otros costos asociados a los insumos para su producción. El algodón tolerante a herbicidas también ha sido exitoso, a diferencia de otros países, la aparición de malezas resistentes aún es lenta. No obstante, es necesario implementar medidas de control durante el transporte de las cápsulas y la fibra para evitar la dispersión de plantas espontáneas y el posterior flujo de genes a parientes silvestres distribuidos fuera de las áreas de cultivo de algodón GM. También es necesario implementar programas nacionales de investigación para que los avances en biotecnología y fitomejoramiento puedan ser utilizados en el desarrollo de nuevos cultivares adaptados a las condiciones ambientales y para el control de plagas de importancia regional (Rocha *et al.*, 2018).

En Australia la canola GM tolerante a herbicidas estuvo disponible en cultivares de polinización abierta y en híbridos. Los híbridos que contenían tolerancia al glifosato compitieron con los híbridos convencionales no tolerantes a herbicidas e híbridos de polinización abierta tolerantes a herbicidas. Los cultivares de polinización abierta GM tolerantes a herbicidas se venden a los agricultores a un precio superior, teniendo en cuenta que los precios de las semillas no solamente dependen de la prima por la semilla nueva, sino también por ganancias de rendimiento. Se observa que la participación de la canola GM tolerante a herbicida aumentó solo 20 % en el mercado total de semillas de canola. Esto sugiere que el desempeño económico de la canola GM tolerante a herbicida en relación con algunos de los principales sistemas de producción alternativos y tipos de semillas no ofrece suficiente ventaja para fomentar una adopción más amplia de la tecnología (Brookes & Barfoot, 2020).

En Rumanía el costo de la biotecnología moderna para los agricultores tendía a ser más alto que en otros países, y las semillas se vendían junto con el herbicida. En el período 2002 a 2006, el costo promedio de semilla y herbicida por hectárea fue entre \$ 120 a \$130. Sin embargo, este costo relativamente alto no impidió la adopción de la tecnología debido a las ganancias en rendimiento y mejoras en la calidad de la cosecha de soya, con menos malezas en los granos enviados a las tritadoras, lo que resultó en la obtención de mejores precios y ahorros de costos derivados por selección de granos (Brookes & Barfoot, 2020).

En Vietnam las principales razones para la elección de cultivares convencionales fueron la facilidad de venta, la familiaridad con el cultivar y la satisfacción con el rendimiento logrado. En relación con los cultivares con evento OVM, la razón más importante citada para la elección fue el alto rendimiento, seguida de la resistencia a las plagas, el valor de requerir un cuidado mínimo (en términos de necesidad de monitorear el ataque de plagas) y la facilidad para controlar las malezas. Para los agricultores que usan semilla de maíz GM, el costo promedio pagado fue de US \$ 130.80 por hectárea y el precio promedio de la semilla en los cultivares convencionales fue de US \$ 102,21 por hectárea. La prima (semilla) pagada por los agricultores por las características OVM fue por lo tanto entre US \$ 33.42 más por ha en relación con el promedio de todas las variedades convencionales (Brookes & Xuan 2021).

A nivel global son pocas las empresas que dominan el mercado de la semilla GM, en los entornos nacionales o regionales el desarrollo de eventos OVM incluye otros actores y factores, para el caso peruano amerita revisar la gestión del sistema formal de semillas, los cambios legales introducidos fueron con la expectativa de generar y fortalecer la producción de semilla, sin embargo, la legislación actual facilita la importación de semillas, entonces una medida efectiva sería hacer los cambios legales pertinentes para alentar la producción nacional de semillas.

### 6.5 Riesgos ambientales

El desarrollo de plantas a través de ingeniería genética ha incrementado la preocupación por evaluar los potenciales efectos a largo plazo del flujo génico hacia la agricultura y a nivel ecológico sobre las poblaciones silvestres. La preocupación radica en la evolución hacia malezas más agresivas, en caso que el OVM sea tolerante a herbicidas o que haya especies emparentadas consideradas como malezas, o si hubiera flujo génico hacia especies que son malezas y el transgén le confiera una ventaja selectiva.

Aunque en general la dispersión del polen es de corta distancia, se tiene reportes de polinizaciones a grandes distancias, que pueden ser muy relevantes para la evaluación de riesgos, ya que un número pequeño de migrantes con éxito por generación, podría ser suficiente para modificar a la población receptora (Pérez, 2009). Por ello resulta importante analizar la dinámica de las poblaciones silvestres de *Capsicum* relacionada con los dispersores de polen.

La migración consiste en el desplazamiento de un cierto número de individuos de una población a otra. Este hecho posibilita que individuos de ambas poblaciones puedan cruzarse entre sí, originándose así un flujo genético que lleva implícita la mezcla de genes en la población receptora de inmigrantes. Como consecuencia de dicho flujo genético las frecuencias génicas de la especie en su conjunto no tienen por qué sufrir modificación alguna, pero las correspondientes a la población receptora pueden variar siempre que las frecuencias alélicas de ambas poblaciones sean diferentes. En términos generales, cuanto mayor sea el número de inmigrantes y mayor sea la diferencia existente entre las frecuencias alélicas de los inmigrantes y los residentes, mayor será el impacto genético de la migración en la población receptora, consistiendo este en un acercamiento gradual de las frecuencias alélicas de la población receptora a las frecuencias alélicas de la población inmigrante (García, 2007).

En las especies del género *Capsicum*, es común la polinización cruzada. Sin embargo, por diversas razones, los polinizadores están expuestos cada vez más a diversas amenazas, muchas de las cuales provienen de la pérdida, degradación y fragmentación del hábitat, causadas por los cambios en el uso del suelo, entre otros. A la fecha no existen investigaciones que hayan detectado o identificado dentro del territorio nacional evidencias de la presencia y/o utilización de OVM para el control de plagas o fitófagos, que puedan afectar la biodiversidad nativa y la diversidad genética de las especies nativas y silvestres de los ajíes, o que podrían afectar los servicios ecosistémicos que brindan los polinizadores.

El uso de OVM en la agricultura podría afectar el desarrollo de las poblaciones de polinizadores; sin embargo, hoy en día el mayor impacto se da por el uso de agroquímicos cada vez más agresivos, cambios permanentes en el uso de la tierra, la contaminación ambiental, la presencia de especies exóticas invasoras, los monocultivos y el cambio climático.

El riesgo ambiental se basa en la comparación de los efectos sobre la biodiversidad y los ecosistemas causados por el OVM y su contraparte

convencional. Se calcula combinando la magnitud de las consecuencias del peligro con la probabilidad de ocurrencia y severidad de los efectos dañinos (Paes de Andrade *et al.*, 2012).

La evaluación del riesgo ambiental es el proceso mediante el cual la bioseguridad de un OVM se aborda para obtener resultados confiables. Este proceso, aunque complejo y multifacético, se puede realizar mediante un conjunto de objetivos y medidas de protección que se pueden abordar práctica y eficazmente, para garantizar la protección razonable del medio ambiente y mitigar, reducir o eludir aquellos riesgos que pueden haber sido identificados.

De este modo se evitarán retrasos injustificados en el acceso de los usuarios a los avances y desarrollos tecnológicos, siendo relevante conocer los otros países que cultivan OVM, desde cuándo lo hacen y si hubo daño al medio ambiente específicamente relacionado con los OVM. El historial de uso seguro siempre será un elemento importante en la configuración del contexto del problema (Paes de Andrade *et al.*, 2012).

Por otro lado, los problemas más frecuentes desde el punto de vista agrario son los relacionados con el control de plagas, enfermedades y malezas. Sin embargo, se ha detectado desde hace algunos años el impacto del cambio climático en dos temas puntuales: el alargamiento de los “veranillos” o periodos secos, y el incremento de los picos de las altas y bajas temperaturas, lo que genera un mayor estrés en los cultivos de rocoto (Sardón, 2015), y genera condiciones ambientales nuevas que podrían beneficiar algunos grupos de organismos plaga.

Otro efecto del cambio climático es sobre la distribución de los polinizadores, reduciendo o ampliando los rangos de distribución de acuerdo con las nuevas condiciones climáticas; los desequilibrios entre los rangos de los cultivos y sus polinizadores son una amenaza real (FAO, 2009 b). Diferentes polinizadores se muestran más activos en diferentes momentos del día o en diferentes condiciones climáticas, e incluso en diferentes años, de forma que la condición más abundante y eficaz de los polinizadores de un cultivo puede variar de un polinizador a otro (Kremen *et al.*, 2002).

En este contexto es pertinente valorar el servicio ecosistémico de polinización y de control biológico en los cultivos de ají y rocoto, para compararlos con la inversión que se necesita para desarrollar un OVM, esto permitiría comparar en términos ambientales y económicos la pertinencia y conveniencia de optar por la tecnología OVM y el paquete tecnológico que involucra, o fortalecer los servicios ecosistémicos.



# Glosario

**Agroecosistema:** Concepto que se refiere a los sistemas agrícolas dentro de pequeñas unidades geográficas, considerando principalmente las interacciones entre las personas y sus recursos para la producción de alimentos al interior de su predio. El agroecosistema es la unidad ecológica principal, contiene componentes abióticos y bióticos que son interdependientes e interactivos (Altieri, 1999).

**Biología floral:** Estudio que comprende los procesos de polinización y fecundación y su objetivo es explicar la función de los órganos florales, a través del análisis de la morfología floral y el comportamiento de los agentes polinizadores (Mansilla *et al.*, 2010).

**Bioseguridad:** Enfoque estratégico e integrado que engloba los marcos normativos y reglamentarios para el análisis y la gestión de los riesgos relativos a la vida y la salud de las personas, los animales y las plantas y los riesgos asociados para el medio ambiente. En este concepto se incluye la inocuidad de los alimentos, las zoonosis, la introducción de plagas y enfermedades de los animales y las plantas, la introducción y liberación de organismos vivos modificados (OVM) y sus productos, así como la introducción y gestión de especies exóticas invasivas. (FAO, 2007).

**Cruzamiento:** Reproducción sexual de dos individuos diferentes, que resulta en una prole que se queda con parte del material genético de cada progenitor. Los organismos parientes deben ser genéticamente compatibles y pueden ser de variedades diferentes o de especies muy cercanas (GreenFacts, 2021).

**Especie:** Es una entidad individual, formada por un conjunto de poblaciones naturales cuya individualidad procede de su origen monofilético y se mantiene entre los límites espaciotemporales en cuyo marco las subunidades discretas que en cada momento lo integran (individuos), mantienen su cohesión reproductivo-genética interna y la dependencia de su pool genético y, en consecuencia, interactúa en forma unitaria con el medio ambiente (Zunino & Palestini, 1991).

**Flujo de genes:** Es la transferencia de alelos de genes de una población a otra, también conocido como migración de genes (Frankham, Briscoe & Ballou 2002).

**OVM:** Por organismo vivo modificado se entiende cualquier organismo vivo que posea una combinación nueva de material genético que se haya obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna (Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, 2021).

**Parientes silvestres:** Son especies vegetales silvestres que tienen una relación genética cercana a la especie domesticada (Casas y Parra, 2007).

**Prospección:** Término que alude a la exploración de posibilidades futuras basada en indicios presentes (Real Academia Española, 2021). En el caso de los recursos genéticos se emplea el concepto de “prospección biológica” como la exploración, basada en indicios históricos o del presente, sobre las posibilidades futuras de los recursos biológicos. Se incluyen dentro de este concepto todas las actividades que ayuden en la exploración de nuevos usos y aplicaciones de recursos biológicos (especies nuevas o ya conocidas, sus partes o moléculas) (Pastor y Sigueñas, 2009).

**Pungencia:** Es una sensación relacionada con el nervio trigeminal que va de la cavidad bucal, nasal y facial hacia el cerebro; causa dolor, irritación, y lagrimeo (Carrión, 2017).

**Taxonomía:** se encarga de describir, identificar y clasificar a los organismos en un sistema jerarquizado e inclusivo. Cada nivel de este sistema se denomina categoría taxonómica y las diferentes categorías se incluyen unas dentro de otras, desde la categoría fundamental (especie) hasta otras de mayor rango como género, familia, orden, clase, phylum (filó o división) y reino. Según aumenta la complejidad de las clasificaciones van apareciendo categorías intermedias como subphylum, superclase, subclase, infraclass, superorden, suborden, superfamilia, subfamilia e incluso subespecie. Todas estas categorías taxonómicas y los elementos que contienen reciben el nombre genérico de taxones (Arija, 2012).

**Zona agroecológica:** es una unidad cartográfica de recursos de tierras, definida en términos de clima, fisiografía y suelos, y/o cubierta de tierra, y que tiene un rango específico de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras (FAO, 1997).



# Bibliografía

Aguilar Meléndez, A. (2006). *Ethnobotanical and molecular data reveal the complexity of the domestication of chiles* (*Capsicum annuum* L.) *in Mexico* [Disertación Doctor of Philosophy in Plant Biology]. University of California. Riverside.

Aguilar-Meléndez, A., Morrell, P. L., Roose, M. L., & Kim, S. (2009). Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; Solanaceae) from Mexico. *American Journal of Botany*, 96(6), 1190-1202. <https://doi.org/10.3732/ajb.0800155>

Albrecht, E., Zhang, D., Mays, A. D., Saftner, R. A., & Stommel, J. R. (2012). Genetic diversity in *Capsicum baccatum* is significantly influenced by its ecogeographical distribution. *BMC Genomic Data*, 13(1). <https://doi.org/10.1186/1471-2156-13-68>

Altieri, M. (1999). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan–Comunidad. Montevideo, Uruguay.

Arbizu, C. I., Saldaña, C. L., Ferro-Mauricio, R. D., Chávez-Galarza, J., Herrera, J., Contreras-Liza, S. E., Guerrero-Abad, J. C., & Maicelo, J. L. (2022). Characterization of the complete chloroplast genome of a peruvian landrace of *Capsicum chinense* Jacq. (Solanaceae), Arnaucho chili pepper. *Mitochondrial DNA Part B*, 7(1), 156-158. <https://doi.org/10.1080/23802359.2021.2014366>

Arcos-Ortega, G. F., Chan-Kuuk, R. A., González-Kantún, W. A., Souza-Perera, R., Nakazawa-Ueji, Y. E., Avilés-Berzunza, E., Godoy-Hernández, G., Lawton, M., & Zúñiga-Aguilar, J. J. (2010). *Agrobacterium tumefaciens*-transient genetic transformation of habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) leaf explants. *Electronic Journal of Biotechnology*, 13(4). <https://doi.org/10.2225/vol13-issue4-fulltext-10>

Arija, C. M. (2012). Taxonomía, sistemática y nomenclatura, herramientas esenciales en zoología y veterinaria. *Revista Electronica de Veterinaria*, 13(7). <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63624404021>

Armstrong, A., & Cabrera, I. (2005). Insectos que atacan al pimiento. En *Conjunto tecnológico para la producción de pimientos tipos «cubanelle» y «campana»* (Vol. 164). Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas, Estación Experimental Agrícola. <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/PIMIENTO-Insectos-v2005.pdf>

Aybar Camacho, C., & Lavado Casimiro, W. (2017). *Atlas de zonas de vida del Perú. Guía explicativa*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). Dirección de Hidrología. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-9.pdf>

Barriónuevo Moreno, J. A., Becerra Heraud, J. J., Uriarte Acosta, R. J., Vegas Cueto, F. A., & Zegarra Vílchez, J. C. (2017). *Planeamiento Estratégico para el Sector Capsicum en el Perú* [Tesis]. Pontifica Universidad Católica del Perú. Escuela de Post Grado.

Barboza, G. E., García, C. C., González, S. L., Scaldaferro, M. A., & Reyes, X. (2019). Four new species of *Capsicum* (Solanaceae) from the tropical Andes and an update on the phylogeny of the genus. *PLOS ONE*, 14(1), e0209792. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209792>

Barboza, G. E., García, C. C., Scaldaferro, M. A., & Bohs, L. (2020). An amazing new *Capsicum* (Solanaceae) species from the Andean-Amazonian Piedmont. *PhytoKeys*, 167, 13-29. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.167.57751>

Batres García, I. E., Díaz Arévalo, L. A., & Ramírez, O. B. (1994). *Evaluación de la producción y fitoprotección en el cultivo de chile* (*Capsicum frutescens*) *en una agricultura orgánica y convencional en el departamento de Usulután* [Tesis]. Universidad de El Salvador. Facultad de Ciencias Agronómicas. Departamento de Protección Vegetal.

Beingolea, O. (1961). Problemas entomológicos de los valles de Moquegua y Tacna y soluciones a los mismos. *Revista Peruana de Entomología Agrícola*, 4(1), 64-73.

Borbor Ponce, M., Mercado, W., Soplin Villacorta, H., & Blas Sevillano, R. (2016). Importancia de los huertos familiares en la estrategia de diversificación del ingreso y en la conservación in situ de *Pouteria lucuma* [R et. Pav] O. Kze. *Ecología Aplicada*, 15(2), 179-187.

Bosland, P. W. (1996). *Capsicums: Innovative uses of an ancient crop*. <https://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1996/V3-479.html>

Bosland, P. W., & Baral, J. B. (c. 2004). *The taxonomic answer to the species dilemma in Capsicum chinense and C. frutescens: a key issue for Capsicum improvement and conservation genetics*. Roeland Voorrips. <https://edepot.wur.nl/448678>

Bosland, P. W., & Votava, E. J. (2012). *Peppers: Vegetable and Spice Capsicums* (Vol. 22). CABI. <https://books.google.co.ve/books?id=5AWTPZeFL8QC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=true>

Bravo, M. (2020, septiembre 29). MIP una estrategia dinámica para el control de plagas en *Capsicum*. *Redagráfica*. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://redagricola.com/mip-una-estrategia-dinamica-para-el-control-de-plagas-en-capsicum/>



Brookes, G. (2020). Genetically Modified (GM) crop use in Colombia: farm level economic and environmental contributions. *GM crops & food*, 11(3), 140-153. <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1715156>

Brookes, G., & Barfoot, P. (2020). Environmental impacts of Genetically modified (GM) crop use 1996–2018: Impacts on pesticide use and carbon emissions. *GM crops & food*, 11(4), 215-241. <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1773198>

Brookes, G., & Xuan, T. (2021). The impact of using genetically modified (GM) corn/maize in Vietnam: results of the first farm-level survey. *GM crops & food*, 12(1), 71-83. <https://doi.org/10.1080/21645698.2020.1816800>

Brown, C. H., Clement, C. R., Epps, P., Luedeling, E., & Wichmann, S. (2013). The Paleobiolinguistics of Domesticated Chili Pepper (*Capsicum* spp.). *Ethnobiology Letters*, 4, 1-11. <https://www.jstor.org/stable/26423551>

Burns, K. C. (2012). Seed dispersal: the blind bomb maker. *Current Biology*. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2012.05.014>

Calvo, P., Reymundo, L., & Zúñiga-Dávila, D. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. *Ecología aplicada*, 7(1-2), 141. <https://doi.org/10.21704/rea.v7i1-2.369>

Carrizo, C., Barfuss, M. H. J., Sehr, E. M., Barboza, G. E., Samuel, R., Moscone, E. A., & Ehrendorfer, F. (2016). Phylogenetic relationships, diversification and expansion of chili peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of Botany*, 118(1), 35-51. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw079>

Carrión Chimbo, P. M. (2017). *Análisis del efecto antioxidante de diferentes concentraciones del ají escabeche* (Capsicum baccatum L.) sobre chorizo ahumado [Tesis]. Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Químicas. Carrera de Ingeniería Química.

Carroll, M. (2016). The sticky materiality of neo-liberal neonatures: GMOs and the agrarian question. *New Political Economy*, 22(2), 203-218. <https://doi.org/10.1080/13563467.2016.1214696>

Casas, A., & Parra, F. (2007). Agrobiodiversidad, parientes silvestres y cultura. *Leisa*, 23(2), 5-8. <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-23-numero-2/1799-agrobiodiversidad-parientes-silvestres-y-cultura>

Chiou, K., & Hastorf, C. (2012). *Capsicum* spp. at the Preceramic Sites of Huaca Prieta and Paredones, Chicama Valley, Peru. *McCown Archaeobotany Laboratory Reports*. Recuperado 5 de diciembre de 2023, de <https://escholarship.org/uc/item/6mm4m9sw>

Cisneros, F. (1992). *El manejo integrado de plagas. Guía de investigación CIP 7*. Centro International de la Papa. [https://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/pnabl978.pdf](https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnabl978.pdf)

Congreso de la República (Ed.). (2017). *Constitución Política del Perú*. <https://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf>

Corvera, L. (2020, 28 septiembre). *Capsicum*: 2020 Las exportaciones crecen en lo que va del año. *Redagrícola*. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://redagricola.com/capsicum-2020-las-exportaciones-crecen-en-lo-que-va-del-ano/>

Coutinho Martins, K., Santana Pereira, T. N., Machado Souza, S. A., Rodrigues, R., & Teixeira do Amaral Junior, A. (2015). Crossability and evaluation of incompatibility barriers in crosses between *Capsicum* species. En *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. <https://www.scielo.br/j/cbab/a/CYV7rgq3N8NFTVMWP5YkxD/?lang=en#>

Cronquist, A. (1981). *An intergrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press.

Csilléry, G. (2006). Pepper taxonomy and the botanical description of the species. *Acta Agronomica Hungarica*, 54(2), 151-166. <https://doi.org/10.1556/aagr.54.2006.2.5>

Comunidad Andina. (1996). *Decisión 391. Régimen común sobre el acceso a los recursos genéticos*. Acuerdo de Cartagena. <https://www.comunidadandina.org/DocOficialesFiles/Gacetas/gace213.pdf>

Dal Zovo, C., & Bruno, L. (s. f.). *Capsicum coccineum*. Pepperfriends. Recuperado 10 de noviembre de 2021, de [https://www.pepperfriends.org/dbpf/capsicum-coccineum\\_001.asp](https://www.pepperfriends.org/dbpf/capsicum-coccineum_001.asp)

Decreto Supremo n.° 108-2002-PCM. Aprueba Reglamento de la Ley de Prevención de Riesgos Derivados del uso de la Biotecnología.

Decreto Supremo n.° 008-2005-PCM, Reglamento de la Ley N.° 28245, Ley Marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

Decreto Supremo n.° 035-2011-PCM. Reglamento de protección a los derechos de los obtentores de variedades vegetales.

Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM. Reglamento de la Ley N.° 29811 que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados al Territorio Nacional por un período de 10 años.

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.

Decreto Supremo n.° 345-2018-EF. Política Nacional de Competitividad y Productividad.

Decreto Supremo n.° 008-2019-MIDIS. Crea el Programa Nacional de Alimentación Escolar Qali Warma.

Decreto Supremo n.° 007-2019-MINAGRI.Aprueba el Plan Nacional de Agricultura Familiar 2019-2021.

Decreto Supremo n.° 019-2021-MINAM. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados.

Decreto Supremo n.° 023-2021-MINAM. Aprueba la Política Nacional del Ambiente hasta el 2030.

Dionglay, C. (2020, 20 mayo). Bt Eggplant to Boost Marketable Yield by 192%, Reduce Insecticide Use by 48% in PH. *Science Speaks a blog by ISAAA*. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.isaaa.org/blog/entry/default.asp?BlogDate=5/20/2020>



Eguiarte, L. E., Aguirre Planter, E., Scheinva, E., González González, A., & Souza, V. (2015). Diferenciación, flujo génico y estructura genética de las poblaciones, con énfasis en especies de plantas mexicana. En A. Becerra, A. Castañeda, & D. Piñero (Eds.), *Evolución orgánica* (pp. 77-110). Universidad Nacional Autónoma de México. [https://www.researchgate.net/publication/290691294\\_Diferenciacion\\_flujo\\_genico\\_y\\_estructura\\_genetica\\_de\\_las\\_poblaciones\\_con\\_enfasis\\_en\\_especies\\_de\\_plantas\\_mexicana](https://www.researchgate.net/publication/290691294_Diferenciacion_flujo_genico_y_estructura_genetica_de_las_poblaciones_con_enfasis_en_especies_de_plantas_mexicana)

Eshbaugh, W. H. (2012). The Taxonomy of the Genus. En *Pepper Botany, Production and Uses* (pp. 14-28). Vincent M. Russo. [https://www.researchgate.net/profile/William-Eshbaugh/publication/287511764\\_The\\_taxonomy\\_of\\_the\\_genus\\_capsicum/links/5697b56708aea2d74375b8d1/The-taxonomy-of-the-genus-capsicum.pdf](https://www.researchgate.net/profile/William-Eshbaugh/publication/287511764_The_taxonomy_of_the_genus_capsicum/links/5697b56708aea2d74375b8d1/The-taxonomy-of-the-genus-capsicum.pdf)

Falusi, O. A., & Morakinyo, J. A. (1994). Intra and interspecific hybridization in the genus «*Capsicum*». *African Crop Science Journal*, 2(2), 169-171. <https://doi.org/10.4314/acsj.v2i2.54703>

FAO [Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (1997). *Zonificación agroecológica. Guía general: Boletín de suelos de la FAO 73*. Servicio de Recursos, Manejo y Conservación de suelos. Dirección de Fomento de Tierras y Aguas, FAO. <https://www.fao.org/common-pages/search/en/?q=ZONIFICACI%C3%93N+AGROECOL%C3%93GICA>

FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (2007). *Instrumentos de la FAO sobre la bioseguridad*. FAO. <https://www.fao.org/3/a1140s/a1140s00.htm>

FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (2009a). *Tratado internacional sobre los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. FAO. <https://www.fao.org/plant-treaty/es/>

FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura] & TIRFAA [Tratado Internacional de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura]. (2009b). Los Polinizadores: Su biodiversidad poco apreciada, pero importante para la alimentación y la Agricultura. En <https://www.fao.org/plant-treaty/es/>. Tercera reunión del Órgano Rector, Túnez. <https://www.fao.org/3/be104s/be104s.pdf>

FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (2017). *Estado del arte del servicio ecosistémico de la polinización en Chile, Paraguay y Perú*. <https://www.fao.org/documents/card/es/c/c2114ea8-bd36-4aad-8c24-e5923bbe80f9/>

Fernández, F., & Sharkey, M. J. (Eds.). (2006). *Introducción a los Hymenoptera de la Región Neotropical*. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/34432>

Fernandes Moreira, N., Santana Pereira, T. N., & Coutinho Martins, K. (2017). Meiotic analysis of interspecific hybrids between *Capsicum frutescens* and *Capsicum chinense*. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 17(2), 159-163. <https://doi.org/10.1590/1984-70332017v17n2n23>

Florida Rofner, N., Paucar García, J., Jacobo Salinas, S. S., & Escobar Mamani, F. (2019). Efecto de compost y NPK sobre los niveles de microorganismos y cadmio en suelo y almendra de cacao. *Revista de investigaciones altoandinas*, 21(4), 264-273. <https://doi.org/10.18271/ria.2019.503>

Font San Ambrosio, M. I. (2016). *Virosis que afectan al cultivo de pimiento* [Diapositivas; Universidad Politécnica de Valencia]. Jornada técnica agroalimentaria, principales virosis en pimiento y material vegetal, Valencia, España. <https://www.cajamar.es/storage/documents/virosis-en-pimiento-para-cajamar-21-10-2016-1477654695-ac760.pdf>

Fornaris, G. J. (2005). Características de la planta. En *Conjunto tecnológico para la producción de pimientos tipos «cubanelle» y «campana»* (Vol. 164). <https://www.uprm.edu/eea/wp-content/uploads/sites/177/2016/04/PIMIENTO-Insectos-v2005.pdf>

Frankham, R., Briscoe, D. A., & Ballou, J. D. (2002). *Introduction to Conservation Genetics*. Cambridge University Press. <https://search.worldcat.org/title/57506188>

Fricke, E. C., Simon, M. J., Reagan, K. M., Levey, D. J., Riffell, J. A., Carlo, T. A., & Tewksbury, J. J. (2013). When condition trumps location: seed consumption by fruit-eating birds removes pathogens and predator attractants. *Ecology Letters*, 16(8), 1031-1036. <https://doi.org/10.1111/ele.12134>

Gama Gutiérrez, G. G. (2012). *Recolección e identificación de insectos plagas que afectan el cultivo de ají charapita* (Capsicum frutescens L.) *en un ultisol de Pucallpa* [Tesis]. Universidad Nacional de Ucayali. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela Profesional de Agronomía.

García Alonso, R. (2007). *Las huellas de la evolución (una historia en el límite del caos)*. Lulu.com. <https://books.google.co.ve/books?id=wdWY3X-tYoEC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>

García Morales, J. C., Martín Brañas, M., Bardales Manrique, J., del Aguila, R., Panduro, A., Mass, W., Campanera Reig, M., & Matute Pinedo, J. (2010). *Chacras amazonicas: guía para el manejo ecologico de cultivos, plagas y enfermedades*. Programa de Cooperación Hispano Peruano - Proyecto Araucaria XXI Nauta. Ministerio del Ambiente – Enlace Regional Loreto. Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo - Oficina Técnica de Cooperación. Universidad de Córdoba – Departamento Ingeniería Forestal - Centro de Investigaciones Aplicadas al Desarrollo Agroforestal (IDAF). [https://bibliotecadigital.aecid.es/bibliodig/es/catalogo\\_imagenes/grupo.do?path=1000155](https://bibliotecadigital.aecid.es/bibliodig/es/catalogo_imagenes/grupo.do?path=1000155)

García-Yi, J., Lapikanonth, T., Vionita, H., Vu, H., Yang, S., Zhong, Y., Li, Y., Nagelschneider, V., Schlindwein, B., & Wesseler, J. (2014). What are the socio-economic impacts of genetically modified crops worldwide? A systematic map protocol. *Environmental Evidence*, 3(1), 24. <https://doi.org/10.1186/2047-2382-3-24>

Gliessman, S. R. (1990). Integrating trees into agriculture: the Home Garden Agroecosystem as an example of agroforestry in the Tropics. En *Ecological studies* (pp. 160-168). [https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0\\_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4612-3252-0_11)

Goldense, D. (2015, 18 junio). *Desempeño del mercado de los orgánicos*. HORTALIZAS. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.hortalizas.com/proteccion-de-cultivos/desempeno-del-mercado-de-organicos/?amp>

Hajjar, R., Jarvis, D. I., & Gemmill-Herren, B. (2008). The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 123(4), 261-270. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2007.08.003>

Huallanca, C., & Cadenas, A. (2014). *Control de* Phytophthora capsici *leonian* en Capsicum annuum Cv. Papri King con fungicidas, fertilizantes y biocontroladores. *Anales científicos U.N.A*, 75(1), 130. <https://doi.org/10.21704/ac.v75i1.943>

Huamán Vargas, E. (2016). *Producción de doce cultivares de pimiento tipo guajillo* (Capsicum annuun L.) *bajo las condiciones del valle de Casma* [Tesis]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Agronomía. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1976>



Huaman Pilco, A. F. (2019). *Diagnóstico de plagas y enfermedades de cinco ajíes (Capsicum sp.) en invernadero, Huambo, Rodríguez de Mendoza, región Amazonas* [Tesis]. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias. Escuela Profesional de Ingeniería Agrónoma.

Hernández Hernández, B. (2018). *Análisis económico de la adopción de cultivos genéticamente modificados en el sector agrícola de México* [Tesis]. Universidad Autónoma Chapingo.

Hernández Verdugo, S., Dávila Aranda, P., & Oyama, K. (1999). Síntesis del conocimiento taxonómico, origen y domesticación del género *Capsicum*. *Botanical sciences*, 64, 65-84. <https://doi.org/10.17129/botsci.1583>

Ibiza, V.; Blanca, J.; Cañizares, J. & Nuez, F. (2012). Taxonomy and genetic diversity of domesticated *Capsicum* species in the Andean region. *Genet Resour Crop Evol* 59, 1077–1088 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9744-z>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2014a). *Anuario de Estadística Ambiental 2013*. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/peru-anuario-estadisticas-ambientales-2013>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2014b). *Características socioeconómicas del productor agropecuario en el Perú – IV Censo Nacional Agropecuario 2012*.

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018a). *Directorio Nacional de Centros Poblados. Censos Nacionales 2017. XII de Población, VII de Viviendo y III de Comunidades Indígenas*. Recuperado 3 de febrero de 2022, de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1541/index.htm](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1541/index.htm)

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018b). *Principales resultados: pequeñas, medianas y grandes unidades agropecuarias. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017*. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4437578-caracteristicas-de-las-pequenas-medianas-y-grandes-unidades-agropecuarias-2017>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2020a). *Mapa de pobreza monetaria provincial y distrital 2018*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3204872-mapa-de-pobreza-provincial-y-distrital-2018>

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2020b). *Perú: Evolución de los Indicadores de Empleo e Ingreso por Departamento 2007 - 2019*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/3296685-peru-evolucion-de-los-indicadores-de-empleo-e-ingreso-por-departamento-2007-2019>

Jäger, M., Jiménez, A., & Amaya, K. (2013a). *Las cadenas de valor de los ajíes nativos de Perú. Compilación de los estudios realizados dentro del marco del proyecto “Rescate y Promoción de Ajíes Nativos en su Centro de Origen” para Perú*. Alliance Bioversity International - CIAT. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/\\_migrated/uploads/tx\\_news/Las\\_cadenas\\_de\\_valor\\_de\\_los\\_aj%C3%ADes\\_nativos\\_de\\_Peru\\_1730.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Las_cadenas_de_valor_de_los_aj%C3%ADes_nativos_de_Peru_1730.pdf)

Jäger, M., Jiménez, A., & Amaya, K. (2013b). *Las cadenas de valor de los ajíes nativos de Bolivia. Compilación de los estudios realizados dentro del marco del proyecto “Rescate y Promoción de Ajíes Nativos en su Centro de Origen” para Bolivia*. Alliance Bioversity International - CIAT. Recuperado 7 de febrero de 2022, de [https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/\\_migrated/uploads/tx\\_news/Las\\_cadenas\\_de\\_valor\\_de\\_los\\_aj%C3%ADes\\_nativos\\_de\\_Bolivia\\_1731.pdf](https://www.bioversityinternational.org/fileadmin/_migrated/uploads/tx_news/Las_cadenas_de_valor_de_los_aj%C3%ADes_nativos_de_Bolivia_1731.pdf)

Khoury, C. K., Carver, D., Barchenger, D. W., Barboza, G. E., Van Zonneveld, M., Jarret, R. L., Bohs, L., Kantar, M. B., Uchanski, M. E., Mercer, K. L., Nabhan, G. P., Bosland, P. W., & Greene, S. L. (2019). Modelled distributions and conservation status of the wild relatives of chile peppers (*Capsicum* L.). *Diversity and Distributions*, 26(2), 209-225. <https://doi.org/10.1111/ddi.13008>

Kilian, M., Steiner, U., Krebs, B., Junge, H., Schmiedeknecht, G., & Hain, R. (2021). FZB24®*Bacillus subtilis – mode of action of a microbial agentenhancing plant vitality*. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer 1/00,1 72–93. Recuperado 30 de enero de 2022, de [https://www.researchgate.net/publication/288032437\\_FZB24\\_Bacillus\\_subtilis\\_-\\_mode\\_of\\_action\\_of\\_a\\_microbial\\_agent\\_enhancing\\_plant\\_vitality](https://www.researchgate.net/publication/288032437_FZB24_Bacillus_subtilis_-_mode_of_action_of_a_microbial_agent_enhancing_plant_vitality)

Kim, C., Kim, D. I., Kim, H., Park, J. E., Lee, B., Park, K. W., Jeong, S., Choi, K., An, J. H., Cho, K., Kim, Y. S., & Kim, H. M. (2009). Assessment of gene flow from genetically modified Anthracnose-Resistant chili pepper (*Capsicum annuum* L.) to a conventional crop. *Journal of Plant Biology*, 52(3), 251-258. <https://doi.org/10.1007/s12374-009-9025-y>

Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). *Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://doi.org/10.1073/pnas.262413599>

Kumar, O. A., & Tata, S. S. (2015). *Assessment of genetic purity of F1 interspecific hybrids of chilli pepper (Capsicum L.)*. Asian Journal of Plant Science & Research. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.imedpub.com/articles/assessment-of-genetic-purity-of-f1-interspecific-hybrids-of-chilli-pepper-capsicum-l.pdf>

Lengua Cabrera, R. G. (2018). *Caracterización molecular de las colecciones nacionales de ajíes Capsicum spp. del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) y la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) mediante marcadores moleculares* [Tesis]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Facultad de Ciencias.

León Sicard, Tomás, Mendoza Rodríguez, T., & Córdoba Vargas, C. (2014). Vista de la Estructura Agroecológica Principal de la finca (EAP): un nuevo concepto útil en agroecología. *Agroecología*, 9(1 y 2), 55-66. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/300621/215901>

Ley n.° 26834. Ley que aprueba las Áreas Naturales Protegidas.

Ley n.° 26839. Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica.

Ley n.° 27104. Ley de prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología.

Ley n.° 27811. Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos.

Ley n.° 28245. Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental.

Ley n.° 28477, Ley que declara a los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufrutuadas Patrimonio Natural de la Nación.

Ley n.° 28611. Ley General del Ambiente.

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

Ley n.° 30215, Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.



Ley n.° 31111. Ley que modifica la Ley n.° 29811, ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 15 años, a fin de establecer la moratoria hasta el 31 de diciembre de 2035.

Libreros, D., Van Zonneveld, M. J., Petz, M., Meckelmann, S. W., Ríos Lobo, L., Peña Pineda, K. M., Amaya, K., & Ramírez, M. (2013). *Catálogo de ajíes* (*Capsicum spp.*) *peruanos promisorios conservados en el banco de semillas del INIA - Perú*. Repositorio institucional del INIA. Recuperado 9 de diciembre de 2021, de <https://hdl.handle.net/20.500.12955/88>

López-Espinosa, S. T., Latournerie-Moreno, L., Nájera, G. C., Ruíz-Sánchez, E., Gómez-Leyva, J. F., Andueza-Noh, R. H., & Mijangos-Cortés, J. O. (2018). Diversidad genética de chile habanero (*Capsicum chinense* Jacq.) mediante ISSR. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(3), 227-236. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.3.227-236>

Luna Ruíz, J. de J., Nabhan, G. P., & Aguilar Meléndez, A. (2018). Shifts in plant chemical defenses of chile pepper (*Capsicum annuum* L.) due to domestication in Mesoamerica. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 6. <https://doi.org/10.3389/fevo.2018.00048>

Mansilla, R., López, C., Flores, M., & Espejo, R. (2010). Estudios de la biología reproductiva en cinco accesiones de *Smallanthus sonchifolius* (Poepp. & Endl.). *Ecología Aplicada*, 9(1 y 2), 167-175. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/eau/issue/view/29>

Manzur, M. I. (2005). *Situación de la biodiversidad en Chile: desafíos para la sustentabilidad*. CIREN -Centro de Información de Recursos Naturales. Recuperado 6 de febrero de 2022, de <https://bibliotecadigital.ciren.cl/handle/20.500.13082/31694>

Manzur, J. P., Fita, A., Prohens, J., & Rodríguez-Burruezo, A. (2015). Successful wide hybridization and introgression breeding in a diverse set of common peppers (*Capsicum annuum*) using different cultivated ají (*C. baccatum*) accessions as donor parents. *PLOS ONE*, 10(12), e0144142. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144142>

Marcelo, M., & Amasfuen, C. (2020, 21 abril). Conservación y valoración de la diversidad de ajíes del Perú. *Redagícola*. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.redagricola.com/pe/conservacion-y-valoracion-de-la-diversidad-de-ajies-del-peru/>

Medina Castro, D. E. (2006). *Fluctuación poblacional de los principales insectos plaga de Capsicum annuum var. longum en la irrigación Chavimochic-Fundo San Miguel* [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de Trujillo.

Melgarejo, L. M., Hernández, M. S., Barrera, J. A., & Bardales, X. (2004). *Caracterización y usos potenciales del banco de germoplasma de ají amazónico*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas «SINCHI».

Miguel Ferrer, L. (2020). *Biocontrol con Trichoderma spp. y biofun-buap para la marchitez del chile en la producción de plántula comercial* [Tesis]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015a). *Identificación de las alternativas a los OVM de algodón y maíz a partir de los recursos genéticos nativos*. CIISB - Centro de Intercambio de Información Sobre Biotecnología Moderna. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones/?e=20>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2015b). *Informe final del servicio de elaboración del contenido para un catálogo de pasaporte de la colección de germoplasma de Capsicum*. CIISB - Centro de Intercambio de Información Sobre Biotecnología Moderna. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones/?e=20>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). *Servicio de consultoría para el análisis sobre Organismos y Microorganismos del Aire y Suelo de Maíz*. CIISB - Centro de Intercambio de Información Sobre Biotecnología Moderna. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones/?e=20>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2018). *Servicio de consultoría para la priorización de las zonas de prospección para la elaboración de las líneas de base de frijol, yuca, ají y alfalfa*. CIISB - Centro de Intercambio de Información Sobre Biotecnología Moderna. Recuperado 6 de febrero de 2022, de <https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones/?e=20>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú: Memoria descriptiva*. SINIA - Sistema Nacional de Información Ambiental. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://sinia.minam.gob.pe/mapas/mapa-nacional-ecosistemas-peru>

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2019). *Sistematización y Análisis de Información para la Identificación de Mecanismos de Control y Vigilancia de Cultivos Priorizados*. CIISB - Centro de Intercambio de Información Sobre Biotecnología Moderna. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones/?e=20>

Ministerio de Comercio Exterior y Turismo [MINCETUR]. (2019). *Pimientos frescos. Países Bajos. Perfil de producto*. Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.gob.pe/institucion/mincetur/informes-publicaciones/345998-plan-de-desarrollo-de-mercado-de-paises-bajos>

Miñarro, M., García, D., & Sastre, R. M. (2018). Impact of insect pollinators in agriculture: Importance and management of their biodiversity. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90. <https://doi.org/10.7818/ecos.1394>

Morales Arroyo, A. D. (2014). *Fluctuación poblacional de Prodiplosis longifila, Symmetrischema capsicum y Symmetrischema capsicivorum, en el cultivo de pimiento morrón* (*Capsicum annuum* var. *grossum*) *en el departamento de Lambayeque*. [Tesis]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Facultad de Agronomía.

Moses, M., & Umaharan, P. (2012). Genetic structure and phylogenetic relationships of *Capsicum chinense*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 137(4), 250-262. <https://doi.org/10.21273/jashs.137.4.250>

Narrea Cango, M. (2012). *Guía técnica: manejo integrado de plagas en el cultivo de ají*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Oficina Académica de Extensión y Proyección Social.

Navarro Ortega, A. (2014). Fincas Integrales: aportes a los servicios ecosistémicos y a la calidad de vida de las familias. *LEISA. Revista de AGROECOLOGÍA*, 30(3), 29-31. <https://www.leisa-al.org/web/index.php/revistas?start=28>

Nkechi, I. (2020). *Nigeria gears up for two GMO crops in the 2020 planting season - Alliance for Science*. Alliance for Science. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://allianceforscience.cornell.edu/blog/2020/01/nigeria-gears-up-for-two-gmo-crops-in-the-2020-planting-season/>

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales [ONERN]. (1976, 1 diciembre). *Mapa ecológico del Perú: guía explicativa*. Digital Repository of Water Resources. Recuperado 6 de febrero de 2022, de <https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/1052>

Olatunji, T. L., & Morakinyo, J. A. (2016). Pollen grain and hybridization studies in the genus *Capsicum*. *Notulae Scientia Biologicae*, 8(1). <https://doi.org/10.15835/nsb.8.1.9767>



Pacheco-Olvera, A., Hernández-Verdugo, S., Rocha-Ramírez, V., González-Rodríguez, A., & Oyama, K. (2012). Genetic diversity and structure of pepper (*Capsicum annuum* L.) from northwestern Mexico analyzed by microsatellite markers. *Crop Science*, 52(1), 231-241. <https://doi.org/10.2135/cropsci2011.06.0319>

Paes de Andrade, P. P. de A., Parrott, W., & Roca, M. M. (2012). *Guía para la evaluación de riesgo Ambiental de organismos genéticamente modificados*. ILSI Brasil. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://ilsibrasil.org/>

Parry, C., Wang, Y., Lin, S., & Barchenger, D. W. (2021). Reproductive compatibility in *Capsicum* is not necessarily reflected in genetic or phenotypic similarity between species complexes. *PLOS ONE*, 16(3), e0243689. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0243689>

Pastor Soplin, S. H., & Sigüeñas Saavedra, M. (2020). *Bioprospección en el Perú* (De Sociedad Peruana de Derecho Ambiental [SPDA]). Recuperado 6 de diciembre de 2021, de [https://spda.org.pe/wpfb-file/20091015173742\\_-pdf/](https://spda.org.pe/wpfb-file/20091015173742_-pdf/)

Pérez Porto, J., & Merino, M. (2021, 17 febrero). Huerta - *Qué es, tipos, definición y concepto*. Definición.de. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://definicion.de/huerta/>

Pérez Chávez, M. S. (2009). *Distribución, medio ambiente y riesgos por pérdida de hábitat y contaminación genética de chiles silvestres (Capsicum spp) en México* [Tesis]. Universidad Autónoma de Aguas Calientes. Post Grado en Ciencias y Tecnología Agrícolas, Pecuarias y de Alimentos.

Pérez-Castañeda, L. M., Castañón-Nájera, G., Ramírez Meraz, M., & Mayek Pérez, N. (2015). Avances y perspectivas sobre el estudio del origen y la diversidad genética de *Capsicum* spp. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 2(4), 117-128. <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/721/606>

Perry, L., & Flannery, K. V. (2007). Precolumbian use of chili peppers in the valley of Oaxaca, Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(29), 11905-11909. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704936104>

Pineda Mijangos, W. G. (2014). *Uso de abejorros (Bombus impatiens, Hymenoptera) como agentes polinizadores bajo condiciones protegidas, en el cultivo de chile pimienta* [Tesis]. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.

Pradeepkumar, T., Gopalkrishnan, T., & Peter, K. (1993). Interspecific hybridization in the genus *Capsicum*. *ResearchGate*, 20(2), 132-141. [https://www.researchgate.net/publication/327135789\\_INTERSPECIFIC\\_HYBRIDIZATION\\_IN\\_THE\\_GENUS\\_CAPSICUM](https://www.researchgate.net/publication/327135789_INTERSPECIFIC_HYBRIDIZATION_IN_THE_GENUS_CAPSICUM)

Productores de Hortalizas. (2004). *Plagas y Enfermedades de Chiles y Pimientos: Guía de identificación y manejo*. studylib.es. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://studylib.es/doc/7337825/plagas-y-enfermedades-de-chiles-y-pimientos>

Rodríguez Pastor, H. (2016a). El rocoto en tiempos de la globalización. *Investigaciones sociales*, 20(37), 89-100. <https://doi.org/10.15381/is.v20i37.13428>

Rodríguez Pastor, H. (2016b). *Ají Peruano: historia, cultura, sociedad y gastronomía*. Fondo editorial UNALM.

Sánchez, M., & Campos, H. (2021). Coexistence of genetically modified seed production and organic farming in Chile. *GM crops & food*, 12(1), 509-519. <https://doi.org/10.1080/21645698.2021.2001242>

Sánchez, M. A., & León, G. (2016). Status of market, regulation and research of genetically modified crops in Chile. *New Biotechnology*, 33(6), 815-823. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2016.07.017>

Sarmiento, J. & Sánchez, G. (2012). Evaluación de insectos. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Sardón Mamani, E. D. (2015). *Fortalecimiento de la cadena de valor del rocoto fresco (Capsicum pubescens) de la selva central para el mercado de Lima* [Tesis]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Maestría en Agronegocios.

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (1992). *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Convention on Biological Diversity. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.cbd.int/convention/text/>

Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2011). *Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica*. Convention on Biological Diversity. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.cbd.int/abs/>

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [SENAMHI]. (2021, agosto). *Boletín agroclimático del Capsicum*. Recuperado 3 de febrero de 2022, de <https://www.gob.pe/institucion/senamhi/colecciones/1151-boletin-agroclimatico-del-capsicum>

Servicio Nacional de Sanidad Agraria [SENASA]. (2015). *Guía de prácticas Producción de Insectos Benéficos*. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.senasa.gob.pe/senasa/wp-content/uploads/2017/09/Gu%C3%83%C2%ADa-Pr%C3%83%C2%A1ctica-producci%C3%83%C2%B3n-Insectos-Ben%C3%83%C2%A9ficos.pdf>

Shiragaki, K., Yokoi, S., & Tezuka, T. (2020). A hypersensitive response-like reaction is involved in hybrid weakness in F1 plants of the cross *Capsicum annuum* × *Capsicum chinense*. *Breeding Science*, 70(4), 430-437. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.19137>

Shuh, D. M., & Fontenot, J. F. (1990). Gene Transfer of Multiple Flowers and Pubescent Leaf from *Capsicum chinense* into *Capsicum annuum* Backgrounds. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115(3), 199-502. <https://doi.org/10.21273/JASHS.115.3.499>

Stommel, J. R., & Albrecht, E. (2012). Genetics. En *CABI eBooks* (pp. 29-56). <https://doi.org/10.1079/9781845937676.0029>

Tapia Nuñez, M. (1997). *Zonificacion agroecologica basada en el uso de la tierra el conocimeinto local y las alternativas de produccion*. Scribd. Recuperado 11 de diciembre de 2021, de <https://www.scribd.com/document/221081617/Zonificacion-Agroecologica-Basada-en-El-Uso-de-La-Tierra-El-Conocimeinto-Local-y-Las-Alternativas-de-Produccion>

Tapia Nuñez, M. (2013). *Diagnóstico de los ecosistemas de montañas en el Perú* (FAO & MINAM, Eds.). docplayer.es. Recuperado 11 de diciembre de 2021, de <https://docplayer.es/23319785-Diagnostico-de-los-ecosistemas-de-montanas-en-el-peru.html>

Tejada Rodríguez, A., Rossi, S., Jorge, N., & Trigo, E. (2021). *25 años de cultivos genéticamente modificados en la agricultura argentina*. ArgenBio. Recuperado 11 de diciembre de 2021, de <https://www.argenbio.org/que-te-preocupa-item-menu/12639-25-anos-de-cultivos-geneticamente-modificados-en-la-agricultura-argentina>



Tripodi, P., & Kumar, S. (2019). The *Capsicum* Crop: An introduction. En *Compendium of plant genomes* (pp. 1-8). [https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-319-97217-6_1)

Tripodi, P., Rabanus-Wallace, M. T., Barchi, L., Kale, S. M., Esposito, S., Acquadro, A., Schafleitner, R., Van Zonneveld, M., Prohens, J., Díez, M. J., Börner, A., Salinier, J., Caromel, B., Bovy, A., Boyaci, F., Pasev, G., Brandt, R., Himmelbach, A., Portis, E., Finkers, R., Lanteri, S., Paran, I., Lefebvre, V., Giuliano, G., & Stein, N. (2021). Global range expansion history of Pepper (*Capsicum* spp.) revealed by over 10,000 Genebank accessions. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 118(34). <https://doi.org/10.1073/pnas.2104315118>

Ugás, R. (2012). *Ajíes nativos del Perú*. Scribd. Recuperado 6 de diciembre de 2021, de <https://www.scribd.com/document/347759445/3-Roberto-Ugas-Ajies-Nativos-Del-Peru>

Ulloa, C. U., Acevedo-Rodríguez, P., Beck, S., Belgrano, M. J., Bernal, R., Berry, P. E., Brako, L., Celis, M., Davidse, G., Forzza, R. C., Gradstein, S. R., Hokche, O., León, B., León-Yáñez, S., Magill, R. E., Neill, D., Nee, M., Raven, P. H., Stimmel, H., Strong, M., Villaseñor, J., Zarucchi, J., Zuloaga, F., & Jørgensen, P. M. (2017). An Integrated assessment of the vascular plant species of the Americas. *Science*, 358(6370), 1614-1617. <https://doi.org/10.1126/science.aao0398>

Sociedad Peruana de Gastronomía [APEGA], Universidad Nacional Agraria La Molina [UNALM], Instituto Nacional de innovación Agraria [INIA], & Universidad San Martín de Porres [USMP]. (2009). *Ajíes peruanos: sazón para el mundo*. Empresa editora El Comercio S. A.

Van Zonneveld, M., Ramírez, M. I., Williams, D. E., Petz, M., Meckelmann, S. W., Ávila, T., Bejarano, C., Ríos, L., Peña, K., Jäger, M., Libreros, D., Amaya, K., & Scheldeman, X. (2015). Screening genetic resources of *Capsicum* peppers in their primary center of diversity in Bolivia and Peru. *PLOS ONE*, 10(9), e0134663. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134663>

Vega, M. (2001). *Etnobotánica de la Amazonía Peruana*. Ediciones Abya-Yala. [https://digitalrepository.unm.edu/abya\\_yala/307](https://digitalrepository.unm.edu/abya_yala/307)

Weintraub, P. G., Kleitman, S., Mori, R., Shapira, N., & Palevsky, E. (2003). Control of the broad mite (*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)) on organic greenhouse sweet peppers (*Capsicum annuum* L.) with the predatory mite, *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans). *Biological Control*, 27(3), 300-309. [https://doi.org/10.1016/s1049-9644\(03\)00069-0](https://doi.org/10.1016/s1049-9644(03)00069-0)

Yagüe Sancho, M. (2020). *Mejora genética de Capsicum asistida por marcadores moleculares: caracteres del fruto*. Universidad de Almería. <http://hdl.handle.net/10835/10265>

Zewdie, Y., & Bosland, P. W. (2000). Capsaicinoid inheritance in an interspecific hybridization of *Capsicum annuum* × *C. chinense*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 125(4), 448-453. <https://doi.org/10.21273/jashs.125.4.448>

Zhang, X., Zhang, Z., Gu, X., Mao, S., Li, X., Chadœuf, J., Palloix, A., Wang, L., & Zhang, B. (2016). Genetic diversity of pepper (*Capsicum* spp.) germplasm resources in China reflects selection for cultivar types and spatial distribution. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(9), 1991-2001. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(16\)61364-3](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(16)61364-3)

Zijlstra, S., Purimahua, C., & Lindhout, P. (1991). Pollen tube growth in interspecific crosses between *Capsicum* species. *Hortscience*, 26(5), 585-586. <https://doi.org/10.21273/hortsci.26.5.585>

Zunino, M., & Palestrini, C. (1991). El concepto de especie y la biogeografía. *Anales de biología*, 17, 85-88.





# Anexos

## Anexo 1: Metodología para la identificación de los distritos a prospectar

Para la identificación de los puntos de muestreo o de prospección a nivel de distrito, se utilizó la metodología de la máxima representatividad geográfica, que consiste en identificar la mayor cantidad de datos georreferenciados disponibles, estandarizándolos en una base de datos espacial, basados en el modelamiento y análisis de nichos ecológicos.



Figura 1.1. Diagrama de procedimiento metodológico para la selección de distritos a prospectar.

El procedimiento consiste en la búsqueda de información base cartográfica e información temática, de fuentes de instituciones públicas relevantes para el estudio de prospección de especies de ají y rocoto, cultivadas y/o silvestres, de los cuales tenemos:

**Información base cartográfica:**

- Límites administrativos (departamento, provincia y distritos), INEI 2019
- Capitales y centros poblados, INEI 2018a.
- Red vial nacional, departamental y vecinal, MTC 2019
- Hidrografía nacional, IGN 2017
- Ríos navegables, ANA 2019
- Mapa Nacional de Ecosistemas, MINAM 2018
- Comunidades Campesinas y Nativas, Minagri 2018
- Zonas de vida, MINAM 2018, <http://catalogo.geoidep.gob.pe:8080/metadatos/srv/api/records/8266683e-dc79-413e-bbd2-aca640b1f1e8>
- Mapa Nacional de Ecosistemas, MINAM 2018, <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/>
- Áreas Naturales Protegidas, Sernamp 2019

- Regiones Naturales del Perú, Javier Pulgar Vidal 1940
- Clasificación climática, Senamhi 2018
- Variables bioclimáticas (precipitación, temperatura), WorldClim 2019 <http://worldclim.org/version2>

**Información temática**

- Encuesta Nacional de Intención de Siembra ENIS, a nivel de distrito, Minagri campaña agrícola 2019-2020. [http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisris//sisris\\_p4000.php](http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisris//sisris_p4000.php)
- Censo Nacional Agropecuario con cultivo de *Capsicum*, Minagri/Cenagro – 2012. <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/>
- Base de Datos de la especie cultivadas de *Capsicum* y sus parientes silvestres:
- GBIF: Puntos georeferenciados de presencia de especies del género *Capsicum* cultivado y silvestre, <https://www.gbif.org/es/occurrence/download?country=PE>
- Repositorio La Molina: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/discover>
- CIAT: <https://blog.ciat.cgiar.org/es/la-restauracion-de-tierras-en-america-latina-muestra-gran-potencial-para-la-mitigacion-del-clima/>
- INIA: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/88>



Análisis estadístico y espacial

Consistió en analizar las variables geográficas con la finalidad de encontrar la fórmula más eficiente para la selección de los lugares de mayor probabilidad de presencia de las especies de *Capsicum*, para ello se asignó un número de prioridad que está en función a las cantidades de registro de colectas históricas, de tal manera de dar más relevancia a las especies que tienen una menor posibilidad de presencia.

Generación de la información

En esta etapa se utilizó el modelo de distribución potencial de especies, basado en el análisis de nichos ecológicos. Este procedimiento consiste en el uso de algoritmos para predecir una distribución potencial en un espacio geográfico a partir de registros (conocidos) en el espacio y de las condiciones ambientales presentes en el lugar de registro.

Los modelos de nicho ecológico son importantes para una variedad de aplicaciones en ecología y conservación, estos indican la idoneidad del hábitat para el desarrollo de poblaciones de una especie concreta o de una comunidad, calculada a partir de observaciones de campo y una serie de variables ambientales que actúan como predictores. (Savino, Diodato, Gatto, & Zerda, 2004).

Para el cálculo de la distribución potencial de las especies de *Capsicum*, se ha empleado el software Maxent para el análisis predictivo, obteniendo un conjunto de mapas y tablas de distribución de las especies en los distritos. De los resultados obtenidos con el Maxent, se realizó la discriminación de datos mediante la aplicación del coeficiente de determinación, con la finalidad de realizar una depuración de valores inferiores a 0.65.

Clasificación y selección de distritos

Realizado el análisis se elaboró una matriz de los distritos donde se distribuyen las especies. La matriz elaborada contiene cuatro componentes para la elección de los distritos; el objetivo es poder obtener la máxima representación por especie con base en las siguientes variables:

- Existencia de registro especie en el distrito
- Intensión de siembra 2019-2020 para las especies cultivadas
- Potencial de la especie en el distrito
- Cantidad de especies por distritos

A esta matriz se añadió la presencia de redes de comunicación vial.

Determinación de cantidad de distritos por especie

Para el cálculo de la cantidad de distritos seleccionados, se tomó como universo la cantidad de distritos que cuentan con presencia de cada especie, a la cual se aplicó la fórmula de muestreo simple con 95 % de nivel confianza y 5 % de margen de error.

Cálculo del tamaño de muestra:

$$n = \frac{(Z^2)(N)(P)(Q)}{(N-1)d^2 + (Z^2)(P)(Q)}$$

Dónde:

- n = tamaño de la muestra.
- N = número total de distritos identificados para la especie.
- d = margen de error en la estimación si el distrito seleccionado tenga la especie.
- Z = nivel de confianza.
- P = proporción de ocurrencia que en el distrito se encuentre la especie.
- Q = 1 – P = proporción de no ocurrencia que en el distrito se encuentre la especie.

En el proceso de selección se observaron distritos donde había la alta probabilidad de encontrar más de una especie por los criterios de selección, resultando en la priorización óptima de un total de 206 distritos seleccionados.

Anexo 2:

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

Diseño del muestreo en la parcela

- Se realizó el muestreo sistemático considerando que, en el monocultivo de ají y rocoto, generalmente el distanciamiento entre surcos y plantas es de 1.20 a 1.50 m entre surco. El muestreo de plantas se realizó siguiendo la metodología propuesta en la guía de evaluación de insectos de la Universidad Nacional Agraria La Molina (Sarmiento y Sánchez, 2000), la cual establece dividir el campo en cinco secciones o sectores observándose cinco plantas al azar en cada sector, tratando de evitar en lo posible el efecto borde.
- En cada planta se evalúan cuatro brotes, cuatro hojas, cuatro flores, cuatro bayas y el tallo principal según el estado de desarrollo de la planta de esta manera al final del recorrido del campo se habrá muestreado; 25 plantas, 100 hojas, 100 brotes, 100 flores y frutos y 25 tallos.
- Para el muestreo se debe ingresar de manera ordenada empezando por la zona 1, hasta finalizar el muestreo en la zona 5 por donde se saldrá del campo de cultivo (figura 1).

Colecta de muestras de insectos:

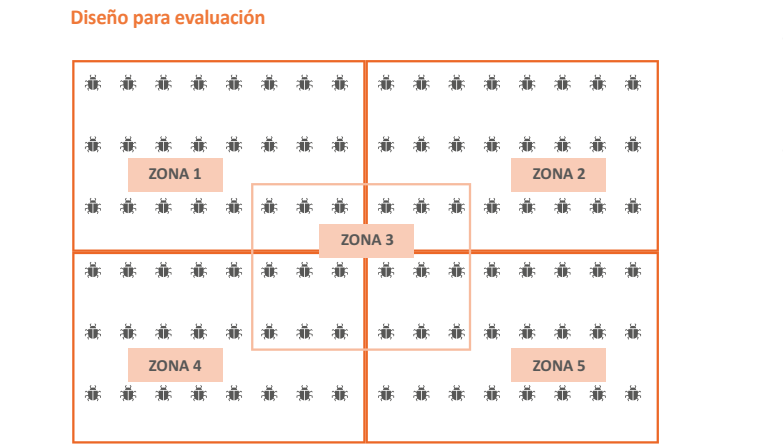


Figura 1.2. Representación gráfica para el muestreo de insectos

- Según el estadio de desarrollo del cultivo de ají y rocoto, en cada una de las 5 zonas de muestreo se tomaron 5 plantas y se colectaron insectos (plagas y no plagas), en total por cada parcela de cultivo de ají y rocoto se tomaron muestras de 25 plantas.
- La colecta de insectos voladores (dípteros, lepidópteros, coleópteros, himenópteros, hemípteros, entre otros) se realizó utilizando una red entomológica con 5 pasadas de red de ida y vuelta alrededor de cada planta muestreada.
- Los insectos colectados en la red fueron introducidos al frasco o cámara letal en un envase de condición hermética (Márquez, 2005).
- Los insectos que fue posible de recoger con la mano o pinza como (coleópteros, pulgones, queresas, algunos hemípteros, entre otros, y estados inmaduros como larvas, ninfas y pupas), fueron recogidos y trasladados a envases con alcohol al 75 % o frasco letal.
- Si se detectó plantas conteniendo barrenadores de tallo, se colectó la planta con los insectos en su interior. Luego de extraer las larvas se les trasladó a envases con alcohol al 75 %.
- Las colectas se realizaron entre las 6 y 10 horas con un tiempo de duración de 3 a 4 horas aproximadamente.
- Debido a que dentro de las plagas del cultivo del ají y rocoto se reportan varias polillas, de hábitos nocturnos, se instaló una trampa de luz negra de 15 watts en la zona 3 de la parcela con cultivo de ají y rocoto. Al día siguiente se colectaron las muestras en sobres de papel.



### Fase de laboratorio (preservación de muestras de insectos)

Los organismos colectados fueron colocados dentro de bolsas de papel selladas o colocados en las cajas entomológicas. Cada muestra fue debidamente rotulada con datos de lugar, fecha de colección, coordenadas, código de colecta y nombre del colector.

La identificación se realizó como mínimo a nivel de familia. Se pudo identificar la especie para las principales plagas, enemigos naturales y polinizadores.

### Colecta de muestras de microorganismos

La metodología de prospección y colecta de muestras para el estudio de microorganismos se realizó en los mismos campos identificados para la evaluación de los organismos entomológicos. El muestreo se basó en los síntomas visibles de la enfermedad en el cultivo de ají y rocoto, de acuerdo con las particularidades de los patógenos y en revisiones de literatura. El área de muestreo fue la misma parcela donde se hizo el muestreo de insectos en cultivo de ají y rocoto, asimismo, las consideraciones técnicas fueron iguales que para el muestreo de organismos:

- El muestreo para el estudio de microorganismos se realizó en las cinco zonas de evaluación dentro de cada parcela, recogiendo muestreo de suelo y partes botánicas de la planta. Cuatro zonas en los vértices o esquinas y uno en el centro de la parcela de campo con la finalidad de que las muestras sean representativas.
- En el caso de las especies silvestres, solo se evaluaron las plantas disponibles; y en los casos donde no exista ninguna de las especies, esta corresponderá a una evaluación nula.

### Microorganismos de suelo

- Se realizó el muestreo de suelos en cinco distritos por cada departamento, teniendo un total de 95 distritos, 60 provincias de 19 regiones, haciendo un total de 190 muestras pareadas (95 muestras en parcelas con cultivo de ají y rocoto y 95 sin cultivo).
- Las muestras de suelo se recogieron de 0 a 20 cm de profundidad debido a que en ese horizonte se localiza la mayor abundancia de raíces y en consecuencia mayor actividad de microorganismos. Por cada parcela se obtuvieron 15 submuestras de suelo.

- Posteriormente estas 15 submuestras fueron mezcladas y se hizo una muestra compuesta de 0.5 kilogramo. Las muestras compuestas obtenidas se depositaron en una bolsa plástica nueva, que fue sellada y rotulada.
- Las muestras compuestas colectadas en cada distrito fueron acondicionadas dentro de bolsas herméticas de polietileno debidamente rotuladas y transportadas manteniendo la cadena de frío hasta su análisis en el laboratorio de suelos de la Facultad de Agronomía de la UNALM.

### Microorganismos aéreos

- Se identificaron plantas con síntomas de enfermedad en cada una de cinco zonas de muestreo de la parcela. Se eligieron tres plantas que muestren diferentes estadios de desarrollo de la enfermedad: síntomas iniciales, medios y avanzados a las cuales se les colectaron muestras de tejido de hoja, tallo, raíz y fruto en cada una de parcelas de muestreo y, asimismo, se realizó la caracterización de los síntomas de la enfermedad en una ficha de campo. En el proceso de toma de muestras se extrajeron partes infestadas de la raíz, tallo, hojas y frutos, teniendo en consideración la interface (tejido sano y enfermo).
- Todas las muestras colectadas fueron debidamente acondicionadas y rotuladas para ser transportadas al laboratorio de Fitopatología de la UNALM, para su identificación y conservación.
- Asimismo, para el caso parientes silvestres solo fueron evaluadas las plantas registradas y, en los casos donde no exista ninguna de las especies, esta corresponderá a una evaluación nula.
- Se colectaron 20 hojas o brotes, los cuales fueron envueltos en papel toalla humedecido y colocados en bolsas de polietileno sin cerrar para evitar su descomposición.
- Las bayas de ají y rocoto que mostraron síntomas iniciales de la enfermedad fueron colectadas y envueltas individualmente en papel toalla o periódico sin humedecer.
- Las muestras fueron transportadas al laboratorio de Fitopatología de la UNALM, para su identificación y conservación.

## Anexo 3:

### Tamaño de la población y muestra para determinar el número de encuestas a los agricultores

El estudio socioeconómico, cultural, consistió en reunir información para caracterizar y conocer las condiciones en que viven las familias de los productores que cultivan la diversidad y variabilidad del ají y rocoto con base en identificación de distritos donde se realizaron las prospecciones, considerando también el marco de las regiones naturales propuesta por Pulgar Vidal (1996, 2014), bajo sistemas de producción en parcelas de tipo comerciales (mayor extensión) o de parcelas individuales (generalmente en condiciones de secano) y finalmente en sistemas de producción de tipo huertos y jardines (diversidad de cultivos en una parcela).

### Datos y acopio de fuente secundaria

El análisis de información secundaria facilitó los análisis comparativos y el de tendencias a partir de los datos disponibles, consultando los siguientes documentos:

- Información preexistente, de fuente secundaria generalmente datos oficiales. En este grupo se tomaron los Censos nacionales 2017: XII de Población y Vivienda y III de Comunidades Indígenas, encuesta nacional de hogares (Enaho), Sisfoh, PNUD, Cenagro 2012.
- <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/?id=CensosNacionales#> y Perú - Encuesta Nacional Agropecuaria 2017, [http://webinei.inei.gob.pe/anda\\_inei/index.php/catalog/654](http://webinei.inei.gob.pe/anda_inei/index.php/catalog/654).
- Índice de Desarrollo Humano Perú (2012) PNUD <http://www.pe.undp.org/.../pe.Indice%20de%20Desarrollo%20Humano%20Per%C3%BA.xlsx>
- Mapa de pobreza distrital 2013, INEI [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1261/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1261/Libro.pdf)
- Mapa de Desnutrición Crónica 2012 [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib0881/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib0881/libro.pdf).

- Información de rendimiento e intención de siembra de la Dirección General de seguimiento y Evaluación de Políticas (Dgesep-Minagri).
- Planes de Desarrollo Concertado (PDC) a nivel regional, local, de las gerencias de Información sobre los programas o gerencias o subgerencias de Desarrollo Económico, para información productiva de la zona y números de productores o asociaciones de productores de la localidad.
- Otras publicaciones y estudios como información especializada (revistas, boletines, publicaciones, documentos, etc.) en temas de carácter cultural ambiental, tomando como referencia, información arqueológica, antropológica, diversidad cultural, lingüística, etc.

### Identificación y definición de variables e indicadores

- Las variables e indicadores para caracterizar situación del productor del ají y rocoto priorizados fueron: demográficos (sexo, edad, genero, etc.) acceso a vivienda, servicios básicos; aspectos económicos: ingresos, tipo de actividades productivas, activos, acceso a crédito; prácticas culturales, etc., tipo de propiedad o tenencia de tierras, etnobotánicos, etnolingüísticos, diversidad, cambio climático y conocimiento sobre OVM.

### Determinación de la población muestral

- Se aplicó el muestreo probabilístico aleatorio simple, a partir de la población determinada y conocida para cada distrito seleccionado.
- El tamaño de la muestra calculado con un nivel de confianza del 95 % y un error del  $\pm 5$  % a partir de una población de 1233 productores que cultivan ají/rocoto (Cenagro, 2012), se estableció una población muestral de 422 encuestas para aplicar en los distritos seleccionados sobre la base de modelamiento de nichos ecológicos.



La fórmula para la obtención del tamaño de la muestra<sup>4</sup> se detalla a continuación:

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

- Donde:
- Z = 1.96 Valor correspondiente a la distribución de Gauss, para un Nivel de Confianza de 95 %
  - E = 0.05 = 5 % error que se prevé cometer
  - N = Número de agricultores a nivel de región, prorrateado a nivel distrital
  - p = 0.5 Prevalencia esperada del parámetro a evaluar
  - q = 0.5 (1 - p)
  - N = Tamaño de muestra

4. Fuente: Metodología de la investigación - Hernández R. Fernández C. y Baptista P. (1999) – México - Mc Graw Hill.

## Anexo 4:

### Colecta de germoplasma de las especies de *Capsicum* entregadas al banco de germoplasma del INIA.

| Especie                                              | Muestras colectadas | Total de semillas |
|------------------------------------------------------|---------------------|-------------------|
| <i>Capsicum annuum</i> variedad <i>annuum</i>        | 8                   | 575               |
| <i>Capsicum annuum</i> variedad <i>glabriusculum</i> | 1                   | 100               |
| <i>Capsicum chinense</i>                             | 77                  | 7520              |
| <i>Capsicum baccatum</i> variedad <i>pendulum</i>    | 25                  | 2610              |
| <i>Capsicum baccatum</i> variedad <i>baccatum</i>    | 3                   | 100               |
| <i>Capsicum frutescens</i>                           | 37                  | 3257              |
| <i>Capsicum pubescens</i>                            | 36                  | 3200              |
| <i>Capsicum geminifolium</i>                         | 2                   | 120               |
| <i>Capsicum tovarii</i>                              | 1                   | 30                |
| <i>Capsicum piuranum</i>                             | 1                   | 50                |
| Total de colectas                                    | 191                 | 17242             |



Anexo 5:

Muestras herborizadas de las especies de *Capsicum* entregadas al herbario HCEN de la facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la UNCP.



| Especie                                              | Muestras herborizadas | Ejemplares por muestra | Total por especie |
|------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|-------------------|
| <i>Capsicum annuum</i> variedad <i>annuum</i>        | 4                     | 3                      | 12                |
| <i>Capsicum annuum</i> variedad <i>glabriusculum</i> | 3                     | 3                      | 9                 |
| <i>Capsicum chinense</i>                             | 20                    | 3                      | 60                |
| <i>Capsicum baccatum</i> variedad <i>pendulum</i>    | 9                     | 3                      | 27                |
| <i>Capsicum baccatum</i> variedad <i>baccatum</i>    | 2                     | 3                      | 6                 |
| <i>Capsicum frutescens</i>                           | 12                    | 3                      | 36                |
| <i>Capsicum pubescens</i>                            | 16                    | 3                      | 48                |
| <i>Capsicum geminifolium</i>                         | 6                     | 3                      | 18                |
| <i>Capsicum tovarii</i>                              | 1                     | 3                      | 3                 |
| <i>Capsicum piuranum</i>                             | 2                     | 3                      | 6                 |
| Total                                                | 75                    |                        | 225               |

Anexo 6:

Distritos donde se realizó el estudio de biología floral.



| n.º | Departamento | Provincia   | Distrito    | Región natural según Pulgar Vidal    |
|-----|--------------|-------------|-------------|--------------------------------------|
| 1   | Amazonas     | Utcubamba   | Cajaruro    | Rupa rupa 1 (400-1000 m s. n. m.)    |
| 2   | Apurímac     | Andahuaylas | Talavera    | Quechua 2 (2300-3500 m s. n. m.)     |
| 3   | Arequipa     | Caraveli    | Atiquipa    | Chala (0-500 m s. n. m.)             |
| 4   | Cajamarca    | Chota       | Chota       | Quechua 1 (2300-3500 m s. n. m.)     |
| 5   | Ica          | Ica         | Subjantalla | Yunga marítima (500-2200 m s. n. m.) |
| 6   | La Libertad  | Trujillo    | Moche       | Chala (0-500 m s. n. m.)             |
| 7   | Piura        | Piura       | Cura Mori   | Chala (0-500 m s. n. m.)             |
| 8   | San Martín   | Tocache     | Tocache     | Omagua 80-400 m s. n. m.             |



Anexo 7:

Cruzamientos reportados entre las especies de *Capsicum* presentes en el Perú.

| Cruce                                                               | Resultados observados                                                                       | Fuente                                                               |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <i>C. annuum</i> X <i>C. frutescens</i>                             | Fertilización lograda.                                                                      | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991).                             |
|                                                                     | Obtención de frutos con semillas 18.5 %<br>No se logró plantas adultas F1.                  | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
|                                                                     | 45 % de hibridación. 3 % plantas con fruto. No se comprobó fertilidad.                      | (Kumar & Tata, 2015).                                                |
|                                                                     | Sin germinación de semillas.                                                                | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
|                                                                     | Cruzamiento y retrocruzamiento. F1 y F2 hasta fruto.                                        | (Zewdie & Bosland, 2000).                                            |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. annuum</i>                             | Fertilización lograda. No se reportó desarrollo de plántulas.                               | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991).                             |
|                                                                     | Obtención de frutos con semillas 22 %<br>No se logró plantas adultas F1.                    | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
|                                                                     | 32 % de hibridación. 1.5 % plantas con fruto. No se comprobó fertilidad.                    | (Kumar & Tata, 2015).                                                |
|                                                                     | Frutos 3 %. Se evaluó la fertilidad F2, germinación 29 %                                    | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
| <i>C. annuum</i> variedad <i>grossum</i> X <i>C. frutescens</i>     | 11.4 % hibridación. 5 % germinación de semilla de F1.                                       | (Falusi & Morakinyo, 1994).                                          |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. annuum</i> variedad <i>abbreviatum</i> | 8.5 % hibridación. 25 % germinación de semilla de F1.                                       | (Falusi & Morakinyo, 1994).                                          |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. annuum</i> variedad <i>accuminatum</i> | 10 % de hibridación.<br>No se evaluó la F1.                                                 | (Olatunji & Morakinyo, 2016).                                        |
| <i>C. annuum</i> X <i>C. baccatum</i>                               | Fertilización lograda. No se reportó desarrollo de plántulas.                               | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991)                              |
|                                                                     | Frutos 31 %. No germinan semillas.                                                          | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993)                          |
| <i>C. annuum</i> X <i>C. baccatum</i> variedad <i>baccatum</i>      | Obtención de frutos con semillas 42%<br>1 (14 %) planta F1 sin viabilidad de polen.         | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015)  |
| <i>C. baccatum</i> X <i>C. annuum</i>                               | Fertilización lograda.<br>Sin F1.                                                           | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991)                              |
|                                                                     | Frutos 5 %<br>No germinan las semillas.                                                     | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993)                          |
| <i>C. baccatum</i> variedad <i>baccatum</i> X <i>C. annuum</i>      | Obtención de frutos con semillas 6 %<br>No se lograron plantas adultas F1.                  | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
| <i>C. baccatum</i> variedad <i>pendulum</i> X <i>C. annuum</i>      | obtención de frutos con semillas 10 %<br>No se logró plantas adultas F1.                    | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
| <i>C. annuum</i> X <i>C. chinense</i>                               | Fertilización lograda.<br>No se reportó desarrollo de plántulas.                            | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991).                             |
|                                                                     | Obtención de frutos con semillas 73 %<br>16 % obtención de F1 con 11 % viabilidad de polen. | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
|                                                                     | Frutos 10 %<br>F2 germinación de semillas 67 %                                              | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993)                          |
| <i>C. chinense</i> X <i>C. annuum</i>                               | Fertilización lograda<br>No se reportó desarrollo de plántulas.                             | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991).                             |
|                                                                     | Plantas con fruto 16 %<br>No germinan las semillas.                                         | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |

| Cruce                                                              | Resultados observados                                                                                | Fuente                                                               |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <i>C. chinense</i> X <i>C. annuum</i>                              | Obtención de frutos con semillas 16%<br>1 (5 %) planta F1 con 12 % viabilidad de polen.              | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
| <i>C. annuum</i> X <i>C. chinense</i><br>y <i>viceversa</i>        | F1 normal cuando <i>C. annuum</i> es el progenitor femenino<br>Tasa de germinación de semillas baja. | (Shuh & Fontenot, 1990).                                             |
| <i>(C. annuum</i> X <i>C. chinense)</i> X <i>C. chinense</i>       | Se obtuvo una F2.<br>No se estudió fertilidad.                                                       | (Shuh & Fontenot, 1990).                                             |
| <i>(C. annuum</i> X <i>C. chinense)</i> X <i>C. annuum</i>         | Se obtuvo una F2.<br>No se estudió fertilidad.                                                       | (Shuh & Fontenot, 1990).                                             |
| <i>C. annuum</i> X <i>(C. annuum</i> X <i>C. chinense)</i>         | Se obtuvo una F2.<br>No se estudió fertilidad.                                                       | (Shuh & Fontenot, 1990).                                             |
| <i>C. annuum</i> X <i>C. eximium</i>                               | Fertilización lograda. No se reportó desarrollo de plántulas.                                        | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991).                             |
| <i>C. galapagoense</i> X <i>C. annuum</i>                          | Fertilización lograda. No se reportó desarrollo de plántulas.                                        | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991).                             |
| <i>C. annuum</i> X <i>C. galapagoense</i>                          | Fertilización lograda. No se reportó desarrollo de plántulas.                                        | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991).                             |
| <i>C. annuum</i> X <i>C. praetermissum</i>                         | Fertilización lograda. No se reportó desarrollo de plántulas.                                        | (Zijlstra, Purimahua, & Lindhout, 1991).                             |
| <i>C. baccatum</i> X <i>C. chinense</i>                            | Obtención de frutos con semillas 6 %<br>Infértil, no F2.                                             | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
| <i>C. chinense</i> X <i>C. baccatum</i> variedad <i>baccatum</i>   | Obtención de frutos con semillas 6 %<br>F2 estéril.                                                  | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
| <i>C. chinense</i> X <i>C. baccatum</i> variedad <i>baccatum</i>   | Obtención de frutos con semillas 55 %<br>No se logró plantas adultas F1.                             | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
| <i>C. baccatum</i> variedad <i>pendulum</i> X <i>C. chinense</i>   | Obtención de frutos con semillas 14 %<br>No se logró plantas adultas F1.                             | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
| <i>C. chinense</i> X <i>C. baccatum</i> variedad <i>pendulum</i>   | Obtención de frutos con semillas 50 %<br>No se logró plantas adultas F1.                             | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. baccatum</i>                          | Obtención de frutos con semillas 8 %<br>F1 germinación 9 %. No se logró F2.                          | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
| <i>C. baccatum</i> X <i>C. frutescens</i>                          | Obtención de frutos con semillas 8 %<br>F1 germinación 7 %. No se logró F2                           | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. baccatum</i> variedad <i>baccatum</i> | Obtención de frutos con semillas 25 %<br>1 (25 %) planta F1 sin viabilidad de polen.                 | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. baccatum</i> variedad <i>pendulum</i> | Obtención de frutos con semillas 100 %. 66% plantas F1 sin viabilidad de polen.                      | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
| <i>C. baccatum</i> X <i>C. chacoense</i>                           | Obtención de frutos con semillas 6 %<br>No se evaluó o reportó la F1.                                | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. chacoense</i>                         | Obtención de frutos con semillas 2 %<br>No se evaluó o reportó la F1.                                | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
| <i>C. chinense</i> X <i>C. frutescens</i>                          | Obtención de frutos con semillas 19 %<br>No se logró plantas adultas F1.                             | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
|                                                                    | Frutos 30 %<br>F2 fértil germinación 50 %                                                            | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. chinense</i>                          | Obtención de frutos con semillas 50 %<br>15 (75 %) plantas F1 con 72.5 % viabilidad de polen.        | (Coutinho, Santana, Machado, Rodríguez, & Teixeira do Amaral, 2015). |
|                                                                    | Frutos 7%<br>F2 fértil germinación 68 %                                                              | (Pradeepkumar, Gopalkrishnan & Peter, 1993).                         |



| Cruce                                                                                       | Resultados observados                                                                  | Fuente                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Cruzamientos sin reporte de la tasa de éxito (Parry, Yen-Wei, Shih-wen, & Barchenger, 2021) |                                                                                        |                                                                                               |
| Progenitor femenino                                                                         | Progenitor masculino                                                                   |                                                                                               |
| <i>C. annuum</i>                                                                            | <i>C. tovarii</i><br><i>C. frutescens</i> X <i>C. chinense</i><br><i>C. frutescens</i> | <i>C. chinense</i><br><i>C. baccatum</i><br><i>C. annuum</i> L. variedad <i>glabriusculum</i> |
| <i>C. annuum</i> L. variedad <i>glabriusculum</i>                                           | <i>C. tovarii</i><br><i>C. frutescens</i> X <i>C. chinense</i><br><i>C. frutescens</i> | <i>C. chinense</i><br><i>C. baccatum</i><br><i>C. annuum</i>                                  |
| <i>C. baccatum</i>                                                                          | <i>C. tovarii</i><br><i>C. frutescens</i><br><i>C. annuum</i>                          | <i>C. chinense</i><br><i>C. annuum</i> L. variedad <i>glabriusculum</i>                       |
| <i>C. chinense</i>                                                                          | <i>C. tovarii</i><br><i>C. galapagoense</i><br><i>C. frutescens</i>                    | <i>C. baccatum</i><br><i>C. annuum</i> L. variedad <i>glabriusculum</i><br><i>C. annuum</i>   |
| <i>C. frutescens</i>                                                                        | <i>C. tovarii</i><br><i>C. chinense</i>                                                | <i>C. annuum</i> L. variedad <i>glabriusculum</i><br><i>C. annuum</i>                         |
| <i>C. tovarii</i>                                                                           | <i>C. frutescens</i><br><i>C. chacoense</i>                                            | <i>C. baccatum</i><br><i>C. annuum</i>                                                        |
| <i>C. frutescens</i> X <i>C. chinense</i>                                                   | <i>C. frutescens</i><br><i>C. annuum</i>                                               | <i>C. chinense</i><br><i>C. baccatum</i>                                                      |

## Anexo 8:

### Organismos blanco asociados al cultivo del ají y rocoto.

| CLASE    | ORDEN       | FAMILIA       | NOMBRE CIENTÍFICO                   | NOMBRE COMÚN                                               |
|----------|-------------|---------------|-------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| FITÓFAGO |             |               |                                     |                                                            |
| Insecta  | Coleoptera  | Chrysomelidae | Diabrotica sp.                      | Lorito                                                     |
| Insecta  | Coleoptera  | Cantharidae   | Chauliognathus sp.                  |                                                            |
| Insecta  | Coleoptera  | Chrysomelidae | Diabrotica. viridula                |                                                            |
| Insecta  | Coleoptera  | Chrysomelidae | Diabrotica speciosa                 |                                                            |
| Insecta  | Coleoptera  | Curculionidae | Anthonomus eugenii                  | Barrenillo del Chile                                       |
| Insecta  | Coleoptera  | Curculionidae |                                     | Gorgojo                                                    |
| Insecta  | Coleoptera  | Melyridae     |                                     | Escarabajo                                                 |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Agrotis spp.                        |                                                            |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Agrotis ipsilon                     |                                                            |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Peridroma saucia                    |                                                            |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Heliothis virescens                 |                                                            |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Chrysodeixis includens              | Comedor de hojas y perforador de fruto                     |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Copitarsia spp.                     | Gusano picador                                             |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Spodoptera eridiana,                | Gusanos cuerudos, tierreros, nocheros, cortadores          |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Feltia sp.                          | Gusanos cuerudos, tierreros, nocheros, cortadores          |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Spodoptera eridiana                 | Gusanos cuerudos, tierreros, nocheros, cortadores          |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Spodoptera frugiperda               |                                                            |
| Insecta  | Lepidoptera | Noctuidae     | Spodoptera exigua                   |                                                            |
| Insecta  | Lepidoptera | Gelechiidae   | Symmetrisc capsicum                 | Barrenador de flores y frutos                              |
| Insecta  | Lepidoptera | Gelechiidae   | Symmetrischema capsicivorum Povolny | Barrenador de flores y frutos                              |
| Insecta  | Lepidoptera | Sphingidae    | Manduca sexta                       |                                                            |
| Insecta  | Lepidoptera | Pyralidae     | Elasmopalpus lignosellus            | Gusano picador, Gusano saltarín, gusano picador de la hoja |
| Insecta  | Lepidoptera | Hesperiidae   | Polites sp.                         | Mariposa                                                   |
| Insecta  | Lepidoptera | Nymphalidae   | Anartia amathea                     | Mariposa                                                   |
| Insecta  | Lepidoptera | Pyralidae     | Spoladea recurvalis                 | Polilla                                                    |
| Insecta  | Lepidoptera | Pyralidae     | Pyralidae sp.                       | Polilla                                                    |
| Insecta  | Lepidoptera | Pyralidae     | Spoladea recurvalis                 | Polilla                                                    |
| Insecta  | Hemiptera   | Pyrrhocoridae | Pyrrhocoridae sp.                   | Chinche                                                    |
| Insecta  | Hemiptera   | Rhopalidae    | Liorhyssus sp.                      | Chinche                                                    |
| Insecta  | Hemiptera   | Aleyrodidae   | Bemisia tabaci                      | Mosca blanca                                               |
| Insecta  | Hemiptera   | Aleyrodidae   | Trialeurodes vaporariorum:          | Mosca blanca                                               |
| Insecta  | Hemiptera   | Aleyrodidae   | Bemisia argentifolii                | Mosca blanca                                               |



| CLASE       | ORDEN        | FAMILIA        | NOMBRE CIENTÍFICO          | NOMBRE COMÚN                               |
|-------------|--------------|----------------|----------------------------|--------------------------------------------|
| Insecta     | Hemiptera    | Aphididae      | Toxoptera sp.              | Pulgón del ají                             |
| Insecta     | Hemiptera    | Aphididae      | Acrosiphum euphorbiae      | Pulgones                                   |
| Insecta     | Hemiptera    | Aphididae      | Myzus persicae             | Pulgones                                   |
| Insecta     | Hemiptera    | Aphididae      | Aphis sp.                  | Pulgón                                     |
| Insecta     | Hemiptera    | Aphididae      | Aphis gossypii             | Áfido                                      |
| Insecta     | Hemiptera    | Aphididae      | Macrosiphum euphorbiae     |                                            |
| Insecta     | Hemiptera    | Pyrrhocoridae  | Dysdercus sp.              |                                            |
| Insecta     | Diptera      | Tephritidae    | Ceratitis capitata         | Mosca de la fruta                          |
| Insecta     | Diptera      | Cecidomyiidae  | Prodioplosis longifila     | Mosquilla del brote                        |
| Insecta     | Diptera      | Agromyzidae    | Liriomyza huidobrensis     | Mosca minadora                             |
| Insecta     | Diptera      | Agromyzidae    | Liriomyza munda            |                                            |
| Insecta     | Diptera      | Agromyzidae    | Liriomyza sativae          |                                            |
| Insecta     | Diptera      | Agromyzidae    | Liriomyza trifolii         |                                            |
| Insecta     | Diptera      | Tephritidae    | Anastrepha frateculus      |                                            |
| Insecta     | Diptera      | Otitidae       | Euxesta eluta              |                                            |
| Insecta     | Diptera      | Lonchaeidae    | Neosilba pendula           | Mosca del cogollo, Mosca de la yuca        |
| Insecta     | Thysanoptera | Thripidae      | Thrips tabaci              |                                            |
| Insecta     | Thysanoptera | Thripidae      | Frankliniella sp.          |                                            |
| Insecta     | Orthoptera   | Gryllotalpidae | Neocurtilla hexadactyla    | Perrito de dios, picuro, alacrán cebollero |
| Insecta     | Orthoptera   | Gryllotalpidae | Gryllotalpa sp.            |                                            |
| Insecta     | Orthoptera   | Acrididae      | Schiotoscerva peruviana    |                                            |
| Insecta     | Orthoptera   | Tettigoniidae  | Conocephalus sp.           |                                            |
| Insecta     | Hymenoptera  | Formicidae     | Camponotus sp.             |                                            |
| Insecta     | Homoptera    | Coccidae       | Saissetia oleae            |                                            |
| Arachnida   | Acari        | Tetranychidae  | Tetranychus sp.            |                                            |
| Arachnida   | Acari        | Tarsonemidae   | Polyphagot arsonemus latus |                                            |
| Secernentea | Tylenchida   | Heteroderidae  | Meloidogyne incognita      |                                            |

**Fuente:** Gama, 2012; Productores de hortalizas, 2004; Narrea, 2012; Bravo, 2020; Batres, Díaz & Benjamín, 1994; Morales, 2014; Sarmiento & Sánchez, 2012; García *et al.*, 2010; Riva, 2019; PH y MMV, 2004 Citado por Medina, 2006; Redagrícola Perú, 2017.

## Anexo 9:

### Microorganismos asociados al género *Capsicum*, según grupo funcional: bacterias, hongos y virus

| CLASE                | ORDEN            | FAMILIA           | NOMBRE COMÚN                                                                                              | NOMBRE CIENTÍFICO                                                                    |
|----------------------|------------------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| BACTERIAS            |                  |                   |                                                                                                           |                                                                                      |
| Gammaproteobacteria  | Xanthomonadales  | Xanthomonadaceae  | Roña o sarna bacteriana                                                                                   | <i>Xanthomona campestris</i> pv. Vesicatoria                                         |
|                      | Enterobacterales | Erwiniaceae       | Podredumbre blanda                                                                                        | <i>Erwinia carotovora subsp. Carotovora (Jones)</i>                                  |
| Gamma Proteobacteria | Xanthomonadales  | Xanthomonadaceae  | Mancha bacteriana                                                                                         | <i>Xanthomonas campestris</i> pv. vesicatoria                                        |
| HONGOS               |                  |                   |                                                                                                           |                                                                                      |
| Leotiomycetes        | Erysiphales      | Erysiphaceae      | Oidiopsis                                                                                                 | <i>Leveillula taurica</i> (Lev.) Arnaud                                              |
| Sordariomycetes      | Glomerellales    | Glomerellaceae    | Antracnosis                                                                                               | <i>Colletotrichum capsici</i> , <i>C. gloeosporiodes</i> , <i>Colletotrichum</i> sp. |
| Agaricomycotina      | Ceratobasidiales | Ceratobasidiaceae | Podredumbre de los semilleros                                                                             | <i>Rhizoctonia solani</i>                                                            |
| Sordariomycetes      | Hypocreales      | Nectriaceae       | Marchitamiento por Fusarium                                                                               | <i>Fusarium solani</i>                                                               |
| Leotiomycetes        | Helotiales       | Sclerotiniaceae   | Podredumbre blanca                                                                                        | <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>                                                      |
|                      |                  |                   | Botrytis                                                                                                  | <i>Botrytis cinerea</i>                                                              |
| Discomycetes         | Heliotales       | Sclerotiniaceae   | Podredumbre gris                                                                                          | <i>Botryotinia fuckeliana</i> (de Bary                                               |
| Oomycetes            | Peronosporales   | Peronosporaceae   | Seca o tristeza                                                                                           | <i>Phytophthora capsici</i>                                                          |
| VIRUS                |                  |                   |                                                                                                           |                                                                                      |
| Alsuviricetes        | Benyviridae      | Bromoviridae      | Cucumber Mosaic Virus                                                                                     | CMV                                                                                  |
|                      |                  |                   | (Virus del Mosaico del Pepino). Es transmitido por pulgones.                                              |                                                                                      |
| Stelpaviricetes      |                  | Potyviridae       | Potato Virus Y (Potato Virus Y). Es transmitido por pulgones.                                             | PVY                                                                                  |
| Ellioviricetes       | Bunyavirales     | Bunyaviridae      | Tomato Spotted Wilt Virus                                                                                 | TSWV                                                                                 |
|                      |                  |                   | (Virus del Bronceado del Tomate). Es transmitido por trips.                                               |                                                                                      |
| Alsuviricetes        | Martellivirales  | Bunyaviridae      | Pepper Mild Mottle Virus (Virus del Moteado suave del pimiento). Es transmitido por semilla y/o contacto. | PMMV                                                                                 |
|                      |                  | Virgaviridae      | Tobacco Mosaic Virus. Es transmitido por semilla y/o contacto.                                            | TMV                                                                                  |



# Anexo 10:

## Organismos no blancos asociados al cultivo del ají y rocoto.



| CLASE        | ORDEN       | FAMILIA           | NOMBRE CIENTÍFICO                 | NOMBRE COMÚN                   |
|--------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| PARASITOIDES |             |                   |                                   |                                |
| Insecta      | Diptera     | Tachinidae        | <i>Archytas</i> sp.               |                                |
| Insecta      | Diptera     | Tachinidae        | <i>Xanthoepalpus</i> sp.          |                                |
| Insecta      | Diptera     | Tachinidae        | <i>Archytas marmoratus</i>        | Parasitoides de larvas y pupas |
| Insecta      | Díptera     | Tachinidae        | <i>Eucelatoria australis</i>      | Parasitoides de larvas y pupas |
| Insecta      | Diptera     | Tachinidae        | <i>Winthemia reliqua</i>          | Parasitoides de larvas y pupas |
| Insecta      | Hymenoptera | Braconidae        | <i>Chelonus insulares</i>         | Parasitoides de larvas y pupas |
| Insecta      | Hymenoptera | Ichneumonidae     | <i>Campoletis perdistincta</i>    | Parasitoides de larvas y pupas |
| Insecta      | Hymenoptera | Ichneumonidae     | <i>Enicospilus</i> sp.            | Parasitoides de larvas y pupas |
| Insecta      | Hymenoptera | Aphelinidae       | <i>Encarsia formosa</i>           |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Aphelinidae       | <i>Eretmocerus</i> spp.           |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Scelionidae       | <i>Telenomus remus</i>            | Parasitoide de huevos          |
| Insecta      | Hymenoptera | Platygastridae    | <i>Synopeas</i> sp.               |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Encyrtidae        | <i>Leptomastidea abnormis</i>     |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Trichogrammatidae | <i>Trichogramma pinto</i>         |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Trichogrammatidae | <i>Trichogramma pretiosum</i>     |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Trichogrammatidae | <i>Trichogramma exiguum</i>       |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Trichogrammatidae | <i>Trichogramma fuentesi</i>      |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Trichogrammatidae | <i>Trichogrammatoidea bactrae</i> | Avispa                         |
| Insecta      | Hymenoptera | Eucoilidae        | <i>Ganaspidium</i> sp.            |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Pteromalidae      | <i>Halticoptera arduine</i>       |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Pteromalidae      | <i>Halticoptera arduine</i>       |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Eulophidae        | <i>Chrysocharis phytomyzae</i>    |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Eulophidae        | <i>Chrysocharis</i> sp.           |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Eulophidae        | <i>Diglyphus websteri</i>         |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Eulophidae        | <i>Diglyphus begini</i>           |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Eulophidae        | <i>Diglyphus</i> sp.              |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Eulophidae        | <i>Closterocerus</i> sp.          |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Eulophidae        | <i>Zagrammosoma</i> sp.           |                                |
| Insecta      | Hymenoptera | Braconidae        | <i>Opius</i> sp.                  |                                |

| CLASE      | ORDEN       | FAMILIA        | NOMBRE CIENTÍFICO              | NOMBRE COMÚN        |
|------------|-------------|----------------|--------------------------------|---------------------|
| PREDADORES |             |                |                                |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Harmonia axyridis</i>       | Mariquita           |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Hippodamia convergens</i>   | Mariquita           |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Cycloneda sanguinea</i>     | Mariquita           |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Psyllobora consitoides</i>  | Mariquita           |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Epilachna</i> sp.           | Mariquita           |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Cycloneda arcula</i>        |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Harmonia</i> sp.            | Mariquita           |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Harmonia axyridis</i>       |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Cycloneda sanguinea</i>     |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Coleomegilla maculata</i>   |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Hippadamia convergens</i>   |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Scymnus</i> sp.             |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Stethorus</i> sp.           |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Cheilomenes sexmaculata</i> |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Coccinellidae  | <i>Ceratomegilla maculata</i>  |                     |
| Insecta    | Coleoptera  | Carabidae      | <i>Calosoma</i> spp.           | Controla Spodoptera |
| Insecta    | Coleoptera  | Coleoptera     | <i>Pterostichus</i> spp.       | Controla Spodoptera |
| Insecta    | Coleoptera  | Coleoptera     | <i>Megacephala</i> spp.        |                     |
| Insecta    | Diptera     | Syrphidae      | <i>Allograpta</i> spp.         |                     |
| Insecta    | Diptera     | Syrphidae      | <i>Syrphus</i> spp.            |                     |
| Insecta    | Diptera     | Syrphidae      | <i>Baccha</i> spp.             |                     |
| Insecta    | Diptera     | Syrphidae      | <i>Toxomerus</i> spp.          |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Nabidae        | <i>Nabis</i> sp.               | Chinche             |
| Insecta    | Hemiptera   | Nabidae        | <i>Nabis capsiformis</i>       |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Reduviidae     | <i>Zelus</i> sp.               |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Reduviidae     | <i>Zelus nugax</i>             |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Anthcoridae    | <i>Orius insidiosus</i>        |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Lygaeidae      | <i>Geocoris punctipes</i>      |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Pentatomidae   | <i>Podisus nigrispinus</i>     |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Berytidae      | <i>Metacanthus tenellus</i>    |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Anthcoridae    | <i>Paratriphleps</i> spp.      | Controla Spodoptera |
| Insecta    | Hemiptera   | Miridae        | <i>Rhinacloa</i> spp.          |                     |
| Insecta    | Hemiptera   | Eumenidae      | <i>Polistes peruvianus</i>     |                     |
| Insecta    | Hymenoptera | Pompilidae     | <i>Pepsis</i> sp.              | Avispa de araña     |
| Insecta    | Hymenoptera | Pompilidae     |                                | Avispa de araña     |
| Insecta    | Odonata     | Coenagrionidae |                                | Libélula            |
| Insecta    | Neuróptera  | Chrysopidae    | <i>Chrysoperla asoralis</i>    |                     |
| Insecta    | Neuróptera  | Chrysopidae    | <i>Chrysoperla externa</i>     |                     |
| Insecta    | Neuróptera  | Chrysopidae    | <i>Ceraeochrysa cincta</i>     |                     |



| CLASE         | ORDEN       | FAMILIA       | NOMBRE CIENTÍFICO     | NOMBRE COMÚN        |
|---------------|-------------|---------------|-----------------------|---------------------|
| POLINIZADORES |             |               |                       |                     |
| Insecta       | Diptera     | Bombyliidae   |                       | Moscón              |
| Insecta       | Diptera     | Syrphidae     | <i>Syrphidae</i> sp.  | Mosca de las flores |
| Insecta       | Hymenoptera | Apidae        | <i>Apis mellifera</i> | Abeja               |
| Insecta       | Hymenoptera | Vespidae      | <i>Polistes</i> sp.   | Avispa              |
| Insecta       | Lepidoptera | Lycaenidae    | <i>Tajuria</i> sp.    | Mariposa            |
| SAPROFAGOS    |             |               |                       |                     |
| Insecta       | Diptera     | Anthomyiidae  |                       | Mosca               |
| Insecta       | Diptera     | Bibionidae    | <i>Bibio</i> sp.      | Mosca               |
| Insecta       | Diptera     | Muscidae      |                       | Mosca               |
| Insecta       | Diptera     | Sarcophagidae |                       | Mosca               |
| Insecta       | Diptera     | Ulidiidae     | <i>Physiphora</i> sp. | Mosca               |

**Fuente:** Gama, 2012; Productores de hortalizas, 2004; Narrea, 2012; Bravo, 2020; Batres, Díaz & Benjamín, 1994; Morales, 2014; Sarmiento & Sánchez, 2012; García *et al.*, 2010; Riva, 2019; PH y MMV, 2004. Citado por Medina, 2006; Redagícola Perú, 2017.

## Anexo 11:

### Análisis de variancia de la cuantificación de microorganismos de suelo por departamento y muestreo con y sin cultivo de ají – rocoto.

| Variable: Bacterias                        |       |         |         |         |         |    |
|--------------------------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|----|
|                                            | GL    | SC      | CM      | F       | P-valor |    |
| Departamento                               | 18    | 14.0496 | 0.78053 | 5.0462  | 0.0000  | *  |
| Con y sin cultivo                          | 1     | 0.0923  | 0.00228 | 0.5966  | 0.4410  | ns |
| Residuales                                 | 162   | 25.0579 | 0.15468 |         |         |    |
| CV (%)                                     | 5.64  |         |         |         |         |    |
| Variable: Hongos                           |       |         |         |         |         |    |
| Departamento                               | 18    | 26.835  | 1.49084 | 3.9761  | 0.0000  | *  |
| Con y sin cultivo                          | 1     | 0.01    | 0.01006 | 0.0268  | 0.8701  | ns |
| Residuales                                 | 158   | 59.242  | 0.37495 |         |         |    |
| CV (%)                                     | 11.89 |         |         |         |         |    |
| Variable: Actinomicetos                    |       |         |         |         |         |    |
| Departamento                               | 18    | 39.636  | 2.20199 | 9.3838  | 0.0000  | *  |
| Con y sin cultivo                          | 1     | 0.688   | 0.688   | 2.9319  | 0.0887  | ns |
| Residuales                                 | 162   | 38.015  | 0.23466 |         |         |    |
| CV (%)                                     | 7.32  |         |         |         |         |    |
| Variable: Bacillus                         |       |         |         |         |         |    |
| Departamento                               | 18    | 13.095  | 0.72748 | 3.9823  | 0.0000  | *  |
| Con y sin cultivo                          | 1     | 0.013   | 0.01297 | 0.07108 | 0.7903  | ns |
| Residuales                                 | 161   | 29.412  | 0.18268 |         |         |    |
| CV (%)                                     | 6.66  |         |         |         |         |    |
| Variable: Bacterias Fijadoras de Nitrógeno |       |         |         |         |         |    |
| Departamento                               | 18    | 88.005  | 4.8892  | 6.7407  | 0.0000  | *  |
| Con y sin cultivo                          | 1     | 0.062   | 0.0617  | 0.0851  | 0.7709  | ns |
| Residuales                                 | 161   | 116.777 | 0.7253  |         |         |    |
| CV (%)                                     | 24.65 |         |         |         |         |    |
| Variable: Pseudomonas                      |       |         |         |         |         |    |
| Departamento                               | 18    | 93.935  | 5.2186  | 3.0252  | 0.0000  | *  |
| Con y sin cultivo                          | 1     | 0.239   | 0.2395  | 0.1388  | 0.7100  | ns |
| Residuales                                 | 133   | 229.427 | 1.725   |         |         |    |
| CV (%)                                     | 31.84 |         |         |         |         |    |

**GL:** Grados de libertad.

**SC:** Suma de cuadrados.

**CM:** Cuadrado medio.

**F:** Significancia tabular.

**P-valor:** Significancia calculada.



Anexo 12:

Población de microorganismos eficientes del suelo, con y sin cultivo de ají y rocoto en los departamentos prospectados.

| Nombre común de la especie en estudio | Bacteria                          |                                   | Hongos                            |                                   | Actinomicetos                     |                                   | Bacillus                          |                                   | Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre |                                   | Pseudomonas                       |                                   |
|---------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Departamentos                         | CON CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | SIN CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | CON CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | SIN CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | CON CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | SIN CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | CON CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | SIN CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | CON CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO)              | SIN CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | CON CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) | SIN CULTIVO (UFC/g DE SUELO SECO) |
| Amazonas                              | 3.84E+08                          | 4.72E+07                          | 1.76E+06                          | 7.53E+05                          | 9.88E+07                          | 2.67E+07                          | 3.37E+07                          | 2.29E+07                          | 2.07E+05                                       | 2.69E+05                          | 2.60E+06                          | 2.98E+05                          |
| Ancash                                | 4.68E+07                          | 9.93E+07                          | 6.24E+06                          | 9.55E+05                          | 2.08E+07                          | 1.66E+07                          | 2.20E+07                          | 1.49E+07                          | 2.52E+04                                       | 5.75E+03                          | 1.17E+06                          | 7.25E+05                          |
| Apurímac                              | 5.52E+07                          | 2.96E+07                          | 1.81E+06                          | 6.88E+05                          | 3.68E+07                          | 1.88E+07                          | 2.24E+07                          | 3.25E+06                          | 3.82E+05                                       | 5.55E+04                          | 1.46E+06                          | 4.46E+05                          |
| Arequipa                              | 1.44E+08                          | 1.55E+07                          | 9.33E+05                          | 2.32E+05                          | 1.06E+08                          | 1.11E+07                          | 2.16E+07                          | 7.83E+06                          | 6.70E+03                                       | 5.90E+02                          | 2.69E+05                          | 2.52E+04                          |
| Ayacucho                              | 3.99E+07                          | 2.56E+07                          | 1.47E+07                          | 1.09E+07                          | 1.23E+06                          | 6.96E+05                          | 1.60E+07                          | 8.10E+06                          | 2.94E+05                                       | 5.85E+04                          | 9.35E+05                          | 1.68E+06                          |
| Cajamarca                             | 6.98E+07                          | 7.17E+07                          | 8.78E+05                          | 1.09E+06                          | 3.77E+07                          | 6.52E+07                          | 1.53E+07                          | 2.35E+07                          | 4.10E+04                                       | 4.90E+04                          | 3.63E+06                          | 1.11E+06                          |
| Cusco                                 | 1.91E+08                          | 7.04E+07                          | 2.37E+06                          | 3.35E+06                          | 1.09E+08                          | 7.02E+07                          | 1.42E+07                          | 1.39E+07                          | 2.81E+05                                       | 4.10E+05                          | 4.55E+06                          | 1.39E+06                          |
| Ica                                   | 1.01E+08                          | 4.23E+07                          | 1.01E+06                          | 6.49E+06                          | 5.25E+07                          | 4.43E+07                          | 3.33E+07                          | 2.39E+07                          | 5.27E+05                                       | 1.52E+03                          | 1.50E+06                          | 1.10E+02                          |
| La Libertad                           | 3.01E+07                          | 2.12E+07                          | 8.83E+05                          | 8.56E+05                          | 2.24E+07                          | 5.53E+07                          | 1.72E+07                          | 2.25E+07                          | 1.04E+04                                       | 2.94E+04                          | 4.73E+05                          | 1.15E+02                          |
| Lambayeque                            | 3.26E+07                          | 1.84E+07                          | 3.58E+06                          | 4.67E+06                          | 2.10E+07                          | 1.10E+07                          | 1.30E+07                          | 2.13E+07                          | 6.80E+04                                       | 5.60E+04                          | 4.78E+05                          | 9.52E+04                          |
| Lima                                  | 4.09E+07                          | 2.80E+07                          | 2.27E+06                          | 2.62E+05                          | 1.74E+07                          | 2.03E+07                          | 1.31E+07                          | 1.27E+07                          | 1.45E+05                                       | 5.84E+04                          | 3.73E+04                          | 1.85E+02                          |
| Loreto                                | 2.20E+05                          | 7.95E+07                          | 1.53E+07                          | 2.14E+07                          | 1.09E+07                          | 1.19E+04                          | 1.22E+04                          | 7.00E+04                          | 2.90E+02                                       | 2.20E+05                          | 7.95E+07                          | 1.53E+07                          |
| Moquegua                              | 2.06E+08                          | 4.38E+07                          | 1.74E+06                          | 4.88E+05                          | 7.13E+07                          | 1.97E+07                          | 2.60E+07                          | 3.44E+07                          | 1.05E+04                                       | 3.32E+03                          | 8.15E+05                          | 4.12E+04                          |
| Piura                                 | 1.08E+08                          | 5.62E+07                          | 1.72E+06                          | 6.07E+05                          | 2.55E+07                          | 1.64E+07                          | 2.13E+07                          | 3.30E+07                          | 6.20E+04                                       | 6.80E+04                          | 6.18E+05                          | 4.52E+04                          |
| Puno                                  | 8.47E+07                          | 7.71E+07                          | 1.86E+06                          | 8.12E+05                          | 2.72E+07                          | 4.13E+07                          | 8.78E+06                          | 1.14E+07                          | 2.60E+05                                       | 8.02E+03                          | 9.96E+05                          | 5.10E+05                          |
| San Martín                            | 1.04E+08                          | 1.03E+08                          | 8.73E+05                          | 6.01E+05                          | 2.49E+08                          | 1.88E+08                          | 6.42E+07                          | 4.08E+07                          | 1.64E+05                                       | 1.45E+05                          | 1.33E+06                          | 2.60E+06                          |
| Tacna                                 | 2.14E+07                          | 8.79E+06                          | 3.56E+05                          | 4.06E+05                          | 3.85E+07                          | 1.06E+07                          | 3.01E+06                          | 1.08E+07                          | 3.13E+03                                       | 5.05E+02                          | 4.65E+03                          | 0.00E+00                          |
| Tumbes                                | 4.76E+05                          | 4.99E+07                          | 2.33E+07                          | 1.89E+07                          | 1.88E+07                          | 1.07E+06                          | 1.42E+05                          | 6.60E+05                          | 4.52E+05                                       | 4.76E+05                          | 4.99E+07                          | 2.33E+07                          |
| Ucayali                               | 1.48E+08                          | 8.16E+07                          | 1.46E+06                          | 1.02E+06                          | 4.20E+07                          | 2.86E+07                          | 2.46E+07                          | 1.51E+07                          | 4.08E+04                                       | 3.50E+06                          | 7.95E+05                          | 1.29E+05                          |

Anexo 13:

Consideraciones para el análisis de riesgo

El análisis de riesgo de OVM se puede definir como una herramienta que facilita la toma de decisiones, mediante un proceso estructurado de manera lógica, y que consiste en recopilar información sobre los potenciales efectos adversos de la liberación deliberada o sin intención de un OVM en un ambiente específico y temporalidad, con el fin de establecer medidas de gestión, fomentando la participación pública y de los actores clave en la toma de decisiones. Este proceso está integrado por tres componentes: evaluación de riesgo, gestión de riesgo y comunicación del riesgo.

Para el caso del ají y del rocoto, tener en cuenta una evaluación con respecto a la utilización de este recurso como alimento para consumo humano, por lo que también se debe realizar un análisis de riesgo utilizando los lineamientos del *Codex Alimentarius* y todas las disposiciones que existen en la materia. Asimismo, se debe considerar la evaluación socioeconómica que analice el impacto de los cultivos modificados de *Caspsicum* sobre los cultivos convencionales y tradicionales.

Evaluación de riesgo de las plantas de *Capsicum ssp* modificadas genéticamente

La evaluación de riesgos de los OVM es un proceso estructurado, objetivo, científico y multidisciplinario donde se analiza caso por caso las solicitudes de ingreso, a cargo de las instituciones competentes. Se debe tener en cuenta las directrices y guías elaboradas por las organizaciones internacionales pertinentes (tomar como referencia las evaluaciones realizadas en otros países o con OVM de características similares).

El objetivo del análisis de riesgo es identificar y evaluar los posibles efectos adversos de los OVM, determinar su probabilidad y consecuencias en la conservación, uso sostenible de la diversidad biológica, salud humana, animal u otros temas que consideren relevantes en el probable medio receptor, teniendo en cuenta cualquier incertidumbre relevante. 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.

Un punto importante en la evaluación de riesgo es identificar al **organismo receptor no modificado u organismo parental**, en este caso particular son las plantas del género *Capsicum* cultivadas y silvestres, organismo que ha servido de base para la modificación genética (organismo receptor del transgén). Mientras que el **medio receptor** es el posible lugar donde se hace la liberación de un OVM (campo de cultivo).

De manera general, la estimación del riesgo se hace mediante la siguiente fórmula:

Riesgo = P x C

Donde:

- P es la **probabilidad de ocurrencia** de que los efectos adversos ocurran realmente, teniendo en cuenta el nivel y el tipo de exposición del probable medio receptor al organismo vivo modificado. Este punto también se llama evaluación de la exposición, la cual se facilita con la pregunta: ¿Cuál es la probabilidad de que esto suceda?
- C es la **consecuencia**, efecto adverso en términos de magnitud del daño al ambiente. Se puede identificar mediante la pregunta: ¿Habría sido un problema? Para ello se tiene un listado de efectos adversos o listado de peligros que se deben evaluar.

Principio de la evaluación de riesgo

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

- a) La evaluación del riesgo deberá realizarse de forma transparente y científicamente competente, y al realizarla deberá tenerse en cuenta el asesoramiento de los expertos y las directrices elaboradas por las organizaciones internacionales pertinentes.



b) 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.

c) Los riesgos relacionados con los organismos vivos modificados o sus productos, por ejemplo, materiales procesados que tengan su origen en organismos vivos modificados, 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.

d) 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 organismo vivo modificado de que se trate, su uso previsto y el probable medio receptor.

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.

Etapas de la evaluación de riesgos:

a) Identificación de cualquier característica genotípica y fenotípica nueva relacionada con el organismo vivo modificado que pueda tener efectos adversos en la diversidad biológica y en el probable medio receptor:

- Características del ambiente receptor. Se caracteriza a los límites geográficos (lugar donde puede ocurrir la liberación del OVM) y el alcance temporal (la época, estacionalidad, etc.) en el cual se podría hacer la liberación.
- Construcción genética del OVM. Se tiene en cuenta al organismo receptor, 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).

- Características biológicas del OVM. Se caracteriza fenotípicamente al OVM (caso por caso), sus aplicaciones y se detallan los métodos de detección e identificación del OVM.

- Biología del organismo receptor o parental. Se describen las características biológicas del organismo que recibe los transgenes (clasificación taxonómica, origen y hábitat, características fenotípicas, aspectos reproductivos, etc.).

- Objetivo o meta de protección. Son los elementos del medio ambiente que se quiere proteger y son el foco de interés de un país. Estos objetivos o metas están influenciados por consideraciones éticas, políticas y sociales y pueden ser diferentes entre los países.

- Puntos finales de evaluación. Son los parámetros para determinar los efectos adversos, deben ser analizables y medibles científicamente. 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 relacionados con su relevancia para las metas de protección, con una función ecológica bien definida, con la accesibilidad de las mediciones y el nivel de posible exposición al OVM.

Luego del análisis de los puntos anteriores, se realiza una definición del problema, o lo que es lo mismo, 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 de OVM en *Capsicum*, la identificación del peligro requiere que los analistas caractericen los rasgos genéticos, fisiológicos y de cruzabilidad entre las especies del género y planteen hipótesis sobre los atributos físicos, químicos y biológicos del medio receptor (lugar donde se hace la liberación del OVM). Luego plantear la pregunta orientadora: ¿Qué puede salir mal?

Los peligros son usualmente identificados usando actividades de lluvias de ideas, realizando una lista de peligros, etc. Por ejemplo:

- Toxicidad de la especie de *Capsicum* GM en los ecosistemas y agroecosistemas.

- Transferencia horizontal de genes de la especie de *Capsicum* GM al ambiente.

- Interacción entre la especie de *Capsicum* GM con otros organismos u organismos asociados.

- Hibridación de la especie de *Capsicum* GM con cultivares nativos o criollos.

- La especie de *Capsicum* GM como vector de enfermedades.

- La especie de *Capsicum* GM 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.

¿Cuál es la probabilidad de que esto suceda? Es necesario plantearse preguntas para el peligro identificado, por ejemplo, hibridación de la especie de *Capsicum* GM con cultivares nativos o criollos.

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Capsicum* spp GM se hibridicen con especies de *Capsicum* cultivado o silvestre?

- ¿Cuál es la probabilidad que las semillas híbridas de *Capsicum* spp GM-convencional sean viables y se dispersen?

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Capsicum* spp híbrido GM-convencional se reproduzcan y se establezcan naturalmente?

Para el peligro identificado: por ejemplo, interacción entre la especie de *Capsicum* GM con otros organismos u organismos asociados.

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Capsicum* GM alteren la abundancia y riqueza de los organismos asociados al ají o al rocoto convencional o criollo?

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Capsicum* GM alteren la abundancia y riqueza de los organismos y microorganismos del suelo asociados a la *Capsicum* spp convencional o criollo?

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Capsicum* GM alteren la abundancia y riqueza de los polinizadores de las especies de *Capsicum* cultivado y silvestre?

Para responder estas preguntas se necesita información clave, la cual está relacionada con los aspectos biológicos y de cultivo (biología floral, flujo de polen, flujo de genes, flujo de semilla, organismos y microorganismos asociados, entre otros).

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, tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Calidad: Se deben determinar y documentar metodologías científicas válidas para probar cualquier escenario de riesgo identificado.

- Incertidumbre: La 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 organismo vivo modificado en el medio receptor”.

c) Evaluación de consecuencias (C) si esos efectos adversos ocurriesen realmente ¿Habría sido un problema? Es necesario plantearse preguntas como:

- ¿Cuál es la consecuencia de la toxicidad del *Capsicum* spp GM en los ecosistemas y agroecosistemas?

- ¿Cuál es la consecuencia de la transferencia horizontal de genes de la *Capsicum* GM en el ambiente?

- ¿Cuál es la consecuencia de la interacción de *Capsicum* spp GM con otros organismos u organismos asociados?



- ¿Cuál es la consecuencia de la hibridación de la *Capsicum* spp GM con especies nativas?
- ¿Cuál es la consecuencia que *Capsicum* spp GM si se comporta como vector de enfermedades?
- ¿Cuál es la consecuencia de la liberación de *Capsicum* spp GM en los ciclos biogeoquímicos?

Para responder estas preguntas se debe tomar en cuenta que el medio ambiente puede hacer 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 significa que no hay consecuencias y 1 cuando existen daños muy graves e irreversibles.

Asimismo, se debe 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 efectos adversos identificados (Paes de Andrade, Perrott y Roca; 2012). Los valores cualitativos o cuantitativos establecidos para determinar la probabilidad de ocurrencia y magnitud de daños se pueden transferir a una matriz de riesgo (figura 54), con la que se puede identificar estrategias de gestión del riesgo que podrían prevenir, controlar o mitigar eficazmente las consecuencias de los efectos adversos. 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 los 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, que significa que una o más etapas puedan ser evaluadas repetidas veces cuando haya nueva información disponible, en un intento de aumentar el nivel de certidumbre.

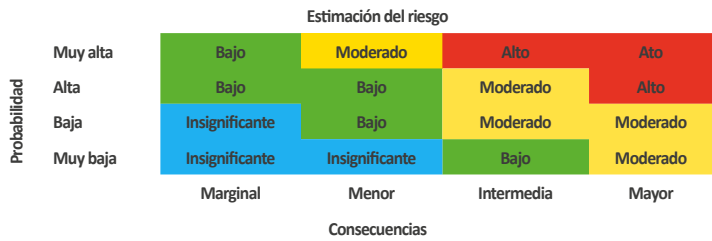


Figura 13.1. Matriz para la estimación cualitativa del riesgo por introducción de OVM en el ambiente.

Fuente: Paes de Andrade et al., 2012



