



Gobierno del Perú



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Línea de base de la diversidad del frijol, pallar y sus parientes silvestres con fines de bioseguridad



**Línea de base de la diversidad del
frijol, pallar y sus parientes
silvestres 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.gob.pe/minam

Editado por:

© Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Diversidad Biológica
Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad
Av. Antonio Miroquesada 425, Magdalena del Mar, Lima – Perú
Primera edición, noviembre de 2025

Diseño y diagramación: Deivis Guevara Balcázar

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2025-15371

Impreso por:

Deivis Guevara Balcázar Jirón Las Oxálidas 1917 San Juan de Lurigancho
Tiraje: 500 ejemplares

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 Hinojosa

Verónica Cañedo Torres

César Palomino Ayquipa

Revisión de contenidos:

Jessica Amanzo Alcántara

Daniel Nuñez Escate

David Castro Garro

Eliana Yglesias Gálvez

Agradecimientos:

Al Grupo Técnico de Agrobiodiversidad, foro especializado de la Comisión Nacional de Diversidad Biológica, donde se presentó las diferentes versiones de ésta y otras líneas de base de la diversidad de cultivos potencialmente afectados por OVM.

Al Dr. Félix Camarena Mayta y la Ing. Amelia Huaranga Joaquín M. Sc. del Programa de Investigación y Proyección Social en Leguminosas de Grano y Oleaginosas de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Al Dr. Carlos Elera Arévalo, Director del Museo Nacional de Sicán. A la Dra. Doris Zúñiga Dávila, Jefa del Laboratorio de Ecología, Microbiana y Biotecnología Marino Tabusso de la Universidad Nacional Agraria La Molina. A la Dra. Luz Marina Espinoza de Arenas de la Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica. Al Dr. Luis Quintanilla Chacón, profesor visitante en la maestría de Producción Agrícola de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional Agraria La Molina y profesor en el Doctorado en Salud Pública de la Escuela de Post Grado de la Universidad Nacional del Callao.



Figura 1. Agricultora, San Jerónimo, Luya, Amazonas

Presentación

En el Perú, la diversidad de *Phaseolus* domesticado está representada por el pallar (*P. lunatus*), tres especies de frijoles: *P. vulgaris*, *P. coccineus* y *P. dumosus*, a los que se añaden tres especies silvestres: *P. augusti*, *P. debouckii* y *P. pachyrrhizoides*, denominados parientes silvestres de los domesticados.

De esta diversidad, la especie más cosmopolita es el denominado frijol común (*P. vulgaris*), el cual representa un elemento sustantivo en la seguridad alimentaria global y un recurso para combatir la anemia, sobre todo en países con poblaciones en estado de pobreza. Las especies que lo acompañan son fuente de recursos genéticos para combatir las adversidades bióticas y abióticas, adaptarse a los nuevos escenarios que impone el cambio climático y brindar caracteres de valor nutricional para un mundo cada vez más agobiado por la desnutrición y mal nutrición, donde las legumbres son una opción.

Asegurar la conservación de esta diversidad es una prioridad para el Estado peruano, así lo reconoce la Ley n.º 29811, Ley de moratoria al ingreso y liberación al ambiente de Organismos Vivos Modificados (OVM) al territorio nacional por un periodo de 10 años, ampliada hasta diciembre de 2035 mediante la Ley n.º 31111.

Aunque las leyes citadas están orientadas a la bioseguridad de la biotecnología moderna, son una oportunidad para, en este caso, mensurar la diversidad, mediante el mandato de elaborar las líneas de base de la diversidad potencialmente afectada por OVM, permitiendo conocer y cuantificar esa diversidad, que específicamente para las especies de *Phaseolus* son cuatro domesticadas y tres parientes silvestres.

Para la conservación de la diversidad domesticada, el agricultor y su familia juegan un rol central, son ellos que a través de sus generaciones no solamente han domesticado estas especies, sino también han modelado el paisaje, transformando parte de los ecosistemas en agroecosistemas.

Sin duda, la domesticación trajo consigo que las especies pierdan sus defensas naturales, pues al sembrarlas en monocultivos son más susceptibles a las plagas. Sin embargo, el agricultor (con sus conocimientos tradicionales) ha logrado utilizar la diversidad para “escapar” o adaptarse y convivir con las plagas, siendo la diversidad y la variabilidad una estrategia o herramienta para contrarrestar los efectos negativos de las adversidades bióticas y abióticas, sobre todo en un ambiente de alto riesgo como son los Andes.

Comprender la adaptación de las especies silvestres al entorno y de las especies domesticadas que son manejadas por el hombre, nos conduce a preguntarnos qué tan apropiadas y apropiables son las nuevas tecnologías, en un país megadiverso como el Perú. A los diversos problemas, sin duda, las soluciones son diversas, como los beneficios del uso sostenible de la diversidad y variabilidad de pallares, frijoles y sus parientes silvestres que presentamos en esta línea de base, compuesta también, por acervos genéticos, razas y cultigrupos, donde, para poder aprovecharlos, se requiere de la ciencia y la tecnología.

Índice

CAPÍTULO I	10	CAPÍTULO IV	93
NORMAS ASOCIADAS A LOS RECURSOS GENÉTICOS Y LA BIOSEGURIDAD		LA DIVERSIDAD DE <i>PHASEOLUS</i> EN LOS ECOSISTEMAS Y AGROECOSISTEMAS	
1.1. Normas internacionales	12	4.1. Ecosistemas donde crecen las especies de frijol silvestre	95
1.2. Normas nacionales	16	4.2. Agroecosistemas donde se cultiva frijol y pallar	99
1.3. Ordenanzas regionales	21		
CAPÍTULO II	26	CAPÍTULO V	106
DIVERSIDAD DEL FRIJOL, PALLAR Y SUS PARIENTES SILVESTRES EN EL PERÚ		CULTIVO Y CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD DEL FRIJOL Y PALLAR, ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS	
2.1. Los orígenes	29	5.1. Clasificación de la agricultura con fines de bioseguridad	109
2.2. La diversidad	33	5.2. Descripción del agricultor que cultiva la diversidad del frijol y pallar	110
2.3. Acervo genético	60	5.3. Características socioeconómicas del agricultor que cultiva la diversidad del frijol y pallar	118
2.4. Flujo de genes	61		
2.5. Biología floral de las especies de <i>Phaseolus</i>	63	CAPÍTULO VI	122
CAPÍTULO III	74	LINEAMIENTOS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA DIVERSIDAD DEL FRIJOL, PALLAR Y SUS PARIENTES SILVESTRES	
ORGANISMOS Y MICROORGANISMOS ASOCIADOS A LA DIVERSIDAD DEL FRIJOL, PALLAR Y SUS PARIENTES SILVESTRES		6.1. Conservación de la diversidad	125
3.1. Organismos en la diversidad de los cultivos de frijol y pallar	77	6.2. Mejoramiento genético	128
3.2. Microorganismos asociados a los cultivos de frijol y pallar	83	6.3. La gestión de la bioseguridad	129
		BIBLIOGRAFÍA	134
		ANEXOS	144
		LISTADO DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS	175

1

Normas asociadas a los recursos genéticos y la bioseguridad



1.1 Normas internacionales

Los tratados internacionales de los cuales el Estado peruano se ha adherido han resultado en el cumplimiento de las normas internacionales sobre bioseguridad para un mejor y mayor aprovechamiento de la biodiversidad, sobre todo de aquella diversidad biológica que el Perú es centro de origen, de diversificación y de domesticación.

A nivel global, la entrada en vigor del CDB es el hito en la gestión de la biodiversidad, puesto que, antes se consideraba a la diversidad biológica, por ende, a los recursos genéticos patrimonio de la humanidad, luego del CDB la soberanía sobre la biodiversidad y los recursos genéticos no solo es de las naciones, sino que también es su responsabilidad protegerla y gestionarla para su aprovechamiento sostenible.

A nivel regional, la Decisión n.º 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 n.º 391 compromete a los Estados de la Comunidad Andina la conservación y el uso sostenible de los recursos genéticos.

Posteriormente, en el marco del CDB los Estados parte adoptaron el Protocolo de Nagoya con la finalidad de aplicar de manera tangible la distribución de manera justa y equitativa de los beneficios provenientes del uso de los recursos genéticos.

A su vez, 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.

Otra convención derivada del CDB es el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología, orientada a 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 Protocolo Nagoya – Kuala Lumpur sobre responsabilidad y compensación es una convención suplementaria al Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la Biotecnología, en este instrumento internacional se establece una serie de medidas aplicables cuando se pruebe la ocurrencia de daños a la biodiversidad resultantes del movimiento transfronterizo de OVM.

Por otro lado, la Asamblea General de las Naciones Unidas en su 68º periodo de sesiones, proclamó el año 2016 "Año Internacional de las Legumbres¹", Aprovechando el éxito cosechado con el Año Internacional de las Legumbres en 2016, reconociendo la contribución de las legumbres al cumplimiento de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, la Asamblea General de las Naciones Unidas en su 73º periodo de sesiones proclamó que a partir del año 2019 el 10 de febrero de cada año se conmemore el "Día Mundial de las Legumbres".

La evolución de la legislación nacional e internacional en materia ambiental es riquísima, en dicho contexto, el Perú ha fortalecido su legislación a la par que ha adoptado un conjunto de convenios y tratados internacionales vinculados a la gestión de la bioseguridad y la conservación de los recursos genéticos.

Figura 2: Vaina de frijol común, Catacaos, Piura

¹ Son semillas comestibles de las plantas leguminosas que se cultivan tanto para consumo humano como animal. Los frijoles y paltas son parte de este grupo de cultivos.



Figura 3. Variedades de frijol. Tupe, Yauyos, Lima

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 antropogénicas (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. 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.	Decisión n.º 345 promulgada el 20 y 21 de octubre de 1993.
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 n.º 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.
Protocolo de Nagoya - Kuala Lumpur sobre responsabilidad y compensación suplementario al Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la Biotecnología	Contribuir a la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo en cuenta los riesgos para la salud humana, proporcionando normas y procedimientos internacionales sobre la responsabilidad y compensación en relación con los OVM.	Decreto Supremo n.º 038-2022-RE promulgada el 16 de junio de 2022.

1.2 Normas nacionales

La evolución de la legislación ambiental peruana sobre bioseguridad, conservación y aprovechamiento de la biodiversidad es significativa, en algunos casos se anticipa a los logros a nivel internacional, como veremos en el caso de los OVM.

En la Constitución Política del Perú está claramente establecido las obligaciones del Estado sobre la conservación de la biodiversidad, que a su vez se desarrolla mediante la Ley n.º 26834, Ley de Áreas Naturales Protegidas, la Ley n.º 26839, Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica y su reglamento, el Decreto Supremo n.º 068-2001-PCM.

La ley orgánica para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, Ley n.º 26821, define que los recursos naturales son, entre otros, la diversidad biológica integrada por especies de flora, fauna y microorganismos o protistas, también los recursos genéticos y los ecosistemas que dan soporte a la vida. Establece la responsabilidad del Estado para promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

El año 2002 se establece en el Perú la protección de los conocimientos colectivos de las comunidades campesinas y nativas asociados a la biodiversidad, que incluye la agrobiodiversidad, mediante la Ley n.º 27811, aunque no ha sido reglamentada, el Indecopi ha venido desarrollando los registros (confidenciales y públicos) sobre los mismos.

Posteriormente, el año 2004 se estableció el Sistema Nacional de Gestión Ambiental (SNGA) mediante la Ley n.º 28245, esta norma permite orientar, integrar, coordinar, supervisar, evaluar y garantizar la aplicación de las políticas, planes y programas sobre todo a nivel de los gobiernos regionales y locales, siendo relevante porque en los territorios en donde se ejecutan acciones sobre la protección del ambiente, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.

El 23 de marzo del 2005 fue promulgada la Ley n.º 28477 que declara los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas como patrimonio natural de la nación; entre ellos al frijol ñuña (*Phaseolus vulgaris*).

Mediante la Ley n.º 28611, Ley General del Ambiente, se establece que los recursos naturales² son patrimonio de la nación. Esta norma contempla la protección de los conocimientos tradicionales, la promoción de la biotecnología, la conservación *in situ*, los regímenes de aprovechamiento de los recursos naturales y la investigación ambiental científica y tecnológica.

La protección a los derechos y obligaciones de los obtentores de las variedades vegetales se reglamentó mediante el Decreto Supremo n.º 035-2011-PCM, con la finalidad de fomentar e incentivar el desarrollo tecnológico y la investigación a partir de los recursos genéticos.

² Incluye la diversidad biológica, en la que se encuentran los genes y la diversidad cultural



Figura 4. Agricultor en campo de cultivo. Nuevo Imperia. Cañete. Lima.

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 el 1 de enero de 1994.
Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales.	Promover y regular el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, renovables y no renovables.	Ley n.º 26821, 25 de junio de 1997.
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.º 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.º 26839 y el Decreto Supremo n.º 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.º 27104 y el Decreto Supremo n.º 108-2002-PCM, 12 de mayo de 1999 y 21 de octubre de 2002, respectivamente.
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.º 27811 del 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.º 28245, 8 de junio de 2004.
Ley que Declara a los Cultivos, Crianzas Nativas y Especies Silvestres Usufructuadas como Patrimonio Natural de la Nación.	Declarar a los cultivos, crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas patrimonio natural de la nación.	Ley n.º 28477, 3 marzo de 2005.
Ley General del Ambiente.	Mejorar la calidad de vida de la población y lograr el desarrollo sostenible del país.	Ley n.º 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.º 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 organismos vivos modificados (OVM) con fines de cultivo o crianza, incluidos los acuáticos, a ser liberados en el ambiente.	Ley n.º 29811, 9 de diciembre de 2011.

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

Denominación	Objetivo	Dispositivo legal
Estrategia Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional.	Garantizar que la población logre satisfacer, en todo momento, sus requerimientos nutricionales.	Decreto Supremo n.º 021-2013-MI-NAGRI, 27 de diciembre del 2013.
Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional.	Garantizar que la población logre satisfacer, en todo momento, sus requerimientos nutricionales.	Decreto Supremo n.º 008-2015-MI-NAGRI, 19 de junio del 2015.
Estrategia Nacional de Agricultura Familiar.	Orientar y organizar la intervención integral del Estado a favor del logro de resultados en los agricultores y agricultoras familiares, sobre la base del uso sostenible de los recursos naturales y en el marco de los procesos de desarrollo e inclusión social en beneficio de la población rural.	Decreto Supremo n.º 009-2015-MI-NAGRI, 20 de junio del 2015.
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.º 020-2016-MI-NAGRI, 14 de diciembre de 2016.
Plan Nacional de Agricultura Familiar.	Mejorar los ingresos de los productores y productoras de la agricultura familiar de manera sostenible.	Decreto Supremo n.º 007-2019-MI-NAGRI, 18 de noviembre de 2019.
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.º 019-2021-MI-NAM, 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.º 023-2021-MINAM, 22 de julio del 2021.
Ley que Modifica la Ley n.º 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.º 31111, 6 de enero del 2021. Decreto Supremo n.º 012-2023-MI-NAM, 28 de diciembre de 2023.
Ley de Seguridad Alimentaria y Nutricional.	Establece el marco legal para el desarrollo de las políticas públicas sobre seguridad alimentaria y nutricional.	Ley n.º 31315 y el Decreto Supremo n.º 003-2024-MIDAGRI, 24 de julio de 2021 y 26 de febrero de 2024, respectivamente.

El Decreto Supremo n.º 003-2024-MIDAGRI, reglamento de la Ley n.º 31315, establece que el MINAM y sus organismos adscritos, programas y proyectos, promuevan la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales. Esta norma también encarga al Minedu, en articulación con otros ministerios, promover la alimentación saludable en la educación básica, con enfoque ambiental, social y cultural, que valora la diversidad local, para fomentar estilos de vida saludable y sostenible.

A su vez, la Estrategia Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional, aprobada mediante Decreto Supremo n.º 021-2013-MINAGRI, tiene entre sus metas aumentar y diversificar la oferta de alimentos de origen agrario y pesquero a fin de lograr el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales: agua, tierra y bosque y su diversidad biológica.

El Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional, aprobado mediante Decreto Supremo n.º 008-2015-MINAGRI, dispone la promoción del empleo de prácticas de conservación y uso sostenible de los recursos naturales (agua, suelo, biomasa pesquera y biodiversidad) mediante actividades de prevención de la degradación, la contaminación y la reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres, a través de las municipalidades provinciales y distritales que cuentan con Sistema Local de Gestión Ambiental (SLGA).

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.

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 agro productiva de granos andinos orgánicos de quinua, cañihua, haba y tarwi en la región Puno.

Figura 5. Vaina de *Phaseolus dumosus*. Baarmaca, Huancabamba, Piura

Figura 6. Flor de frijol común. Qasa Grande, Ascope, La Libertad

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.° 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.° 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.° 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.° 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.° 006-2010-CR-RL. 15 de julio de 2010.

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
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.° 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.° 114-2011-GRJ-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.° 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.	Declara como Política Regional la protección de la biodiversidad y de los cultivos orgánicos y a 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.° 025-2011-GRCAJ-CR. 2 de agosto de 2011.

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
Declaran a la región de Áncash como zona libre de cultivos transgénicos y productos contaminados.		Ordenanza Regional n.° 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.° 016-2011-GRP-CRP. 16 de setiembre de 2011.
Declaran a Huancavelica 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 Huancavelica 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.° 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.° 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.° 29811.	Ordenanza Regional n.° 005-2012-CR. 23 de mayo de 2012.



Figura 7. Planta silvestre de frijol. Sandía. Puno

2

Diversidad del frijol, pallar y sus parientes silvestres en el Perú



Figura 8. Muestra de los frutos en la planta. Chota, Cajamarca.

Las legumbres de origen americano están integradas por cinco especies domesticadas del género *Phaseolus*, actualmente cultivadas en todo el orbe, siendo parte de las leguminosas con mayor importancia en la alimentación a nivel mundial (FAO, 2016), además, enriquecen las tierras donde se les cultivan gracias a la fijación de nitrógeno. La posibilidad de almacenar sus granos secos por largos periodos de tiempo las convierte en un importante recurso para la seguridad alimentaria global.

El género *Phaseolus* pertenece a la tribu Phaseoleae, subfamilia Papilionoideae de la familia Fabaceae. Las especies de este género son diploides con $2n = 2x = 22$ cromosomas. Las más de ochenta especies silvestres se encuentran distribuidas en todas las Américas desde los EE.UU. hasta Argentina (Debouck, 2021).

De las cinco especies domesticadas, cuatro están presentes en el Perú: el frijol común, alubia o poroto (*P. vulgaris*), el pallar, big lima o habita (*P. lunatus*), el frijol toda la vida (*P. coccineus* y *P. dumosus*), también están presentes tres especies silvestres: *P. debouckii*, *P. augusti* y *P. pachyrrhizoides* (figura 10).

Las especies de este género botánico comparten características comunes como hojas usualmente trifoliadas con estipelas y estipulas en la inserción de la hoja en el tallo o rama, tricomas con el ápice curvado en forma de gancho (uncinado) en toda la parte aérea de la planta, sobre todo en los tallos y los peciolo.

Las flores pueden ser blancas, rojas, púrpuras o una mezcla de estos colores, pero nunca amarilla. La quilla envuelve el estilo que se presenta en espiral y cae después de la fecundación. Los lados de las vainas generalmente son comprimidos y el número de semillas por vaina varía de dos a diez.

2.1. Los orígenes

Este género se originó en Mesoamérica, hace unos tres millones de años, y pasó por una gran diversificación después de la formación del Cinturón Volcánico Trans-Mexicano, entre el plioceno tardío y el pleistoceno (Bellucci et al., 2013; Delgado et al., 2006; Delgado y Gama, 2015). Posteriormente, se produjeron siete eventos de domesticación, uno para *P. acutifolius*, otro para *P. coccineus* y el tercero para *P. dumosus*, dos eventos para el frijol común y dos para el pallar.

P. acutifolius fue domesticado en las partes secas del centro y sur de México, de donde se expandió hacia el noreste y el sureste (Debouck, 1986), esta especie no se ha encontrado en el territorio peruano. El *P. coccineus*, conocido como frijol de toda la vida, es nativo de México o de América Central, donde se habría originado hace 5000 a 7000 años (Duke 1981, citado por Chávez, 2017) y su domesticación se remonta a unos 2200 años (Kaplan, 1964). Esta especie se cultiva principalmente en América Central y se le ha encontrado cultivado en Cajamarca.

El *P. dumosus* llamado también frijol toda la vida, probablemente tuvo una domesticación reciente, tiene poca variabilidad y es originario de Centroamérica, las especies silvestres ancestrales solo se encuentran en Guatemala. La forma silvestre de esta especie presenta características tanto de *P. coccineus* como del frijol común (*P. vulgaris*), lo que refuerza la tesis de su origen híbrido (Mina-Vargas, et al. 2016). En la figura 11, podemos apreciar los centros de origen y domesticación de estas tres especies.



Figura 9. Inicio de la maduración de los frutos

Clasificación taxonómica

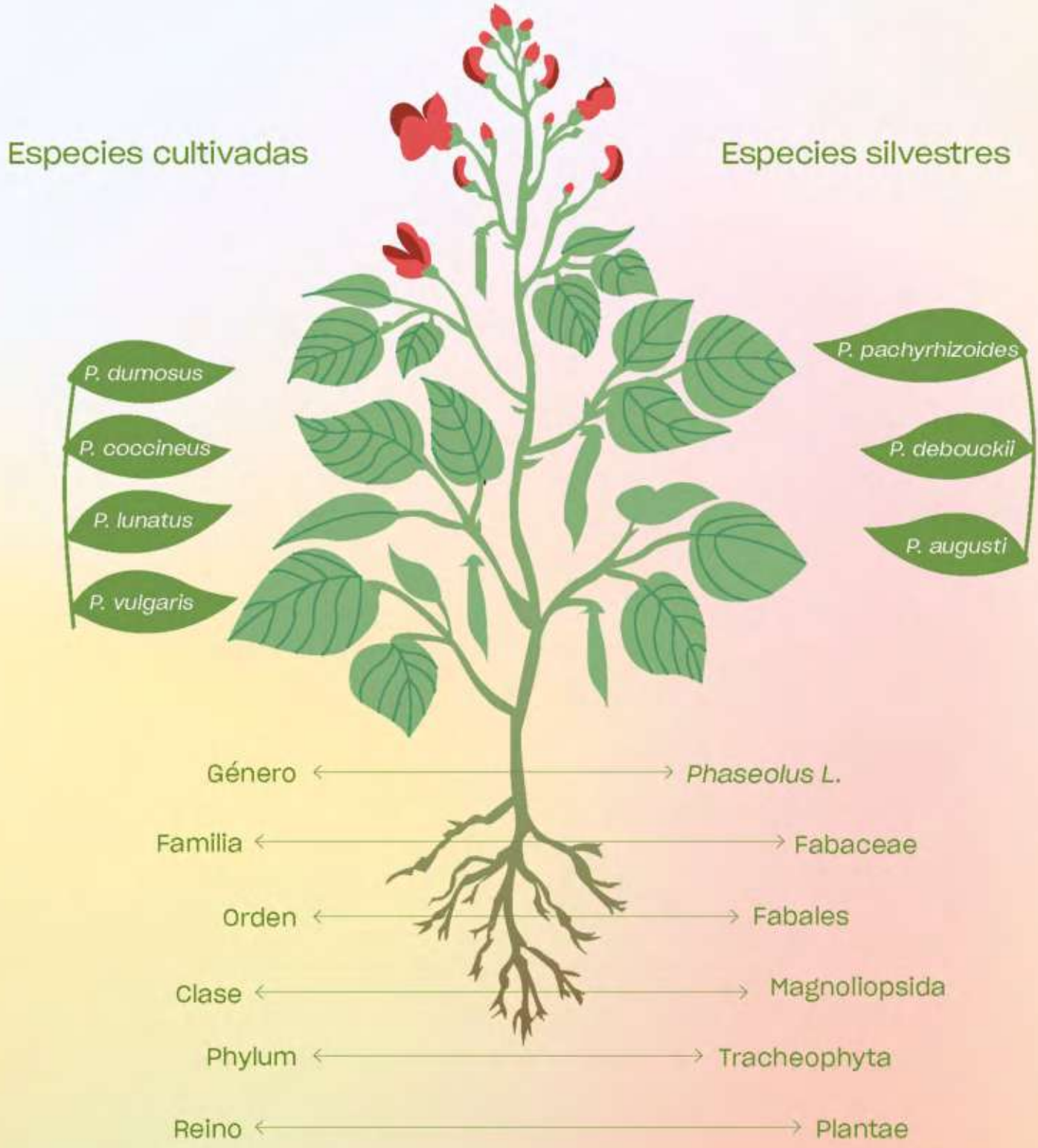


Figura 10: Taxonomía de las especies registradas en el Perú



Figura 11. Centros de domesticación de *P. acutifolius*, *P. coccineus* y *P. dumosus*. Adaptado de Chacón-Sánchez & Martínez-Castillo, 2017.



Figura 12. Centros de origen de *P. vulgaris* y distribución de los silvestres ancestrales de esta especie. Adaptado de Gepts (2014) y Rendón, et al. (2017).



Figura 13. Centros de domesticación de *P. vulgaris*. Adaptado de Gepts (2014) y Rendón, et al. (2017).

El antepasado silvestre del frijol común (*P. vulgaris*) surgió hace unos 1.8 a 3.9 millones de años en Mesoamérica y posteriormente se diversificó en la depresión Amotape-Huancabamba en los Andes (figura 3), lo que dio lugar a dos acervos genéticos, uno en los Andes y otro en América Central (Bellucci *et al.*, 2013). Hace aproximadamente ocho mil años, a partir de estos acervos, se produjeron dos eventos de domesticación simultáneos, uno en Mesoamérica y el otro en los Andes meridionales (figura 4), donde el centro de domesticación se extiende desde Junín en Perú hasta Tucumán en Argentina (Chacón *et al.*, 2021; Tohme *et al.*, 1988).

De acuerdo a Gepts (1988) el frijol común se ha domesticado repetidamente a lo largo de su área de distribución, un tercer centro de domesticación menor y más reciente se encuentra en Colombia, esta afirmación coincide con Kaplan (1981) quien postula un centro nor-andino además de los dos grandes centros de domesticación. Debouck (1986) considera tres centros de diversificación: el Mesoamericano desde el suroeste de los Estados Unidos hasta el oeste de Panamá; el Nor Andino desde el oeste de Venezuela al norte del Perú y el Sur Andino desde el norte del Perú hasta Argentina.

De acuerdo a Singh, Debouck y Gepts (1989) en cada centro de domesticación se han desarrollado razas, es decir, grupos de poblaciones que comparten caracteres ancestrales de las especies silvestres, que todavía se preservan en las poblaciones nativas y que identifican los centros de domesticación; estos caracteres se combinan con caracteres adaptativos. Estas razas presentan características únicas, como el tipo de semilla, hábito de crecimiento, forma y estructura de los órganos vegetativos y sensibilidad al fotoperiodo. Para identificar las razas se usan: a) caracteres ancestrales como la forma de la hoja, bractéolas, estandarte, inflorescencia, proteína faseolina de la semilla, patrones de isoenzimas; b) caracteres adaptativos como pubescencia de la hoja, punta de la vaina, adaptación climática, tamaño de la semilla, forma de la semilla, hábito de crecimiento (determinado erecto I; indeterminado erecto II; indeterminado postrado no voluble y semi voluble III; indeterminado o determinado que requiere tutor IV). Con estos caracteres se distinguen también el frijol común mesoamericano del andino.

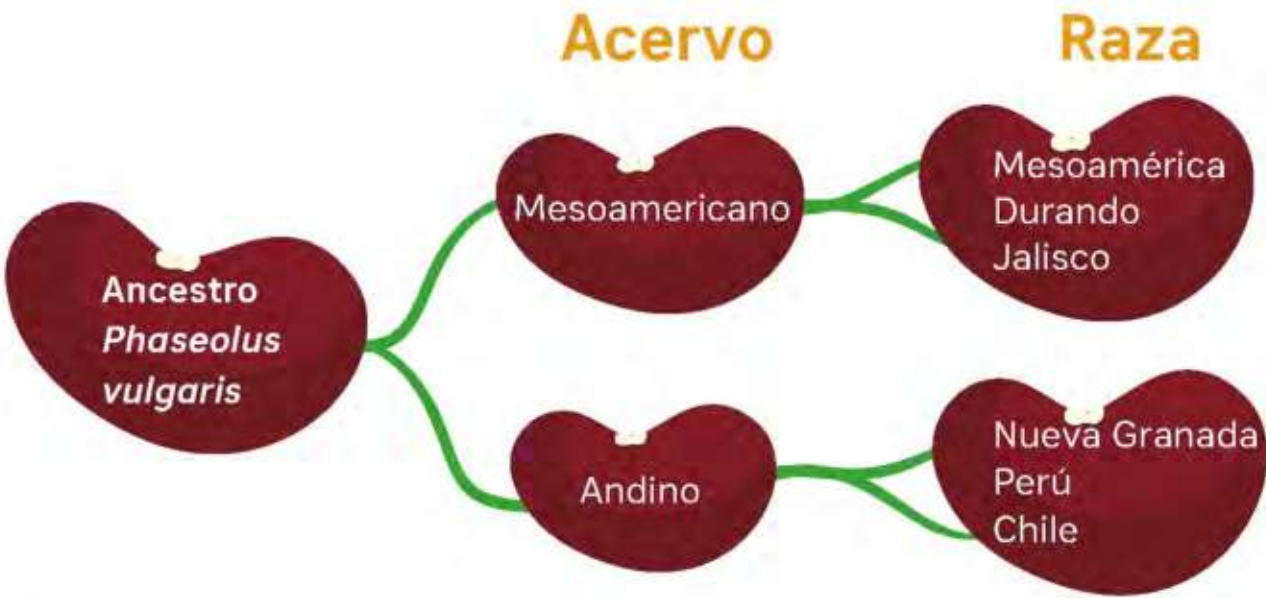


Figura 14. Razas del frijol común (*P. vulgaris*). Adaptado de Singh, Debouck y Gepts (1989).

En el acervo mesoamericano se han identificado tres razas: Mesoamérica, Durango y Jalisco, estas tienen semillas medianas o pequeñas. Mientras que, en el acervo sudamericano andino, también se identificaron tres razas: Nueva Granada, Chile y Perú con semillas medianas y grandes (figura 14).

Dentro del acervo andino, la raza Nueva Granada, tiene semillas arriñonadas y cilíndricas, medianas y grandes; estos frijoles se encuentran en el norte de los Andes del

Perú, Ecuador y Colombia, en Brasil y algunos países del Caribe. La raza Chile presenta semillas ovales o redondas y se distribuye principalmente en Bolivia, Chile y Argentina. La raza Perú tiene las semillas más grandes, siendo ovaladas o redondas; se distribuye en el sur de los Andes y Chile, esta raza es muy sensible al fotoperiodo y crece a mayores altitudes que la raza Nueva Granada, que también se encuentra dentro del territorio peruano. En la tabla 4 podemos apreciar las características de las razas del acervo andino.

Tabla 4. Características que diferencian las razas andinas.

Raza	Tamaño y forma de la semilla	Color de la semilla	Cultivares criollos	Hábito de crecimiento	Tipo de faseolina	T* promedio (°C)
Perú.	Grande y mediana, ovalada redonda.	Rojo, rosado, beige, crema, blanco.	Overito, caballero, ñuña, bolón bayo, bola canaria, bola roja, cargamanto, mortño, liborino, sangretoro, camanejo, bayo chimú, bicolor, huasca poroto.	Arbustivo determinado (I). Arbustivo indeterminado con ramificaciones postradas (III). Indeterminado con tallo principal y ramificaciones semi-trepadoras (IV).	Andino (T) Andino (C) Huevo de Huanchaco (H) Ayacucho (A).	16.
Nueva Granada.	Mediana y grande alargada.	Rojo, rosado, crema, beige, amarillo.	Cargabello, Uribe, calima, canario, pompadur, chabelo, Antioquia, San Martín, chaucha colorada, cavallo, amarelo, jalo, cacahuete largo, red kidney, california	Arbustivo determinado (I). Arbustivo indeterminado con ramificaciones erectas (II). Arbustivo indeterminado con ramificaciones postradas (III).	Andino (T).	20.
Chile.	Mediana, ovalada redonda.	Crema, rosado, beige, gris, blanco.	Cranberry, tórtolas, coscorrón, borlotos, suave, bolita cristal.	Arbustivo indeterminado con ramificaciones postradas (III), tallo débil, no voluble o semi voluble.	Andino (C) Huevo de Huanchaco (H).	22

Adaptado a partir de Gepts, et al. (1986).

El pallar (*P. lunatus*) es otra especie domesticada, se habría originado hace un millón de años en los Andes sudamericanos. Posteriormente, la especie se dispersó y se paró en tres acervos genéticos (figura 15), el Mesoamericano I, que se encuentra en el istmo de Tehuantepec al sur de México; el Mesoamericano II que se distribuye desde México al norte de Sudamérica, Bolivia, el sur del Perú y el norte de Argentina; finalmente, el acervo Andino que se distribuye en los Andes de Ecuador y el norte del Perú, distribución que aún presenta la forma ancestral silvestre del pallar (Chacón y Martínez, 2017; Serrano *et al.*, 2010).

La diversidad del pallar se agrupa en dos de acuerdo a su origen, el mesoamericano y el andino, siendo el primero de semillas pequeñas y domesticado en Mesoamérica, el segundo de semillas grandes y planas, conocidas como "Big Lima" y domesticado en los Andes de Ecuador y Perú (Chacón y Martínez, 2017; García *et al.*, 2021).

El tamaño de la semilla depende del acervo genético y la variedad. El acervo mesoamericano presenta los cultigrupos³ "Sieva" de semillas pequeñas y "Papa" de semillas cortas y gruesas. Mientras que el acervo andino presenta el cultigrupo de semillas grandes conocidas como "Big Lima" o "pallar Big Lima".



Figura 15. Acervos genéticos y cultigrupos del pallar (*P. lunatus*)

³Gutiérrez, Gepts y Debouck (1995) asumen el concepto de "cultigrupo" propuesto por Westphal (1974) para reflejar las diferencias morfológicas entre grupos de cultivares de pallar dentro de los acervos genéticos.



Figura 16. Centros de origen de *P. lunatus*. Adaptado a partir de Chacón y Martínez (2017)



Figura 17. Distribución de los acervos mesoamericano y andino del pallar en América. Adaptado a partir de Gutiérrez, Gepts y Debouck (1995).



Figura 18. Producción del pallar a nivel nacional. Adaptado a partir de Vásquez, 1997 y Minagri, 2016.

Si bien se cultiva pallar en todo el país, más del 90 % es producido en Áncash, Lima e Ica. En el norte se produce para la exportación. Los cultigrupos Papa y Sieva se han introducido principalmente en Ica y el norte del país, su cultivo está relacionado con la exportación (Vásquez, 1997; Minagri, 2016).

Las especies silvestres al diversificarse, también han formado poblaciones que se pueden agrupar por su cercanía filogenética; es así que presentan cinco acervos genéticos en cinco áreas del continente americano: 1) Istmo de Tehuantepec, México; 2) desde Chiapas México, hasta Nicaragua; 3) Costa Rica; 4) entre Colombia y Venezuela; 5) Los Andes, desde Huánuco en Perú hasta el noreste de Argentina.

El frijol y pallar silvestre constituyeron parte de la dieta alimentaria del antiguo poblador peruano. Esto se evidencia en los restos arqueológicos descubiertos a lo largo de los años de las culturas preincaicas, tal como en la cueva de Guitarrero, Chilca, La Paloma, Caral, Cupisnique, Moche, Sicán, Chimú, Paracas, Nazca, Huari, Chancay, Ichma, entre otras (figuras 19).

Los primeros pobladores humanos del Perú fueron cazadores y recolectores de especies silvestres que posteriormente, a través del tiempo, fueron domesticadas como el pallar y el frijol, junto al camote, maní, maíz, yuca, achira, ají, zapallo, entre otras.

Se han reportado hallazgos de semillas de pallar en yacimientos arqueológicos en Ica de hace 5430 años de antigüedad (Chauca *et al.*, 2018), que confirma que su centro de domesticación del pallar se ubica en el Perú.



Figura 20. Trilla de frijol, Mochumi, Lambayeque.



Figura 19. Manto Paracas representando deidades asociadas al pallar y al frijol.



Figura 21. Frijol Bayo. Ccapi, Paruro, Cusco.

2.2 La diversidad

La diversidad del género *Phaseolus* en el Perú está compuesta por siete especies, tres de ellas silvestres: *P. debouckii*, *P. augusti* y *P. pachyrrhizoides*, esta última endémica del Perú (Debouck, 2020).

Las especies domesticadas son el frijol común (*P. vulgaris*), el pallar (*P. lunatus*) y los frijoles de toda la vida (*P. coccineus* y *P. dumosus*), sobre el frijol de toda la vida (*P. coccineus*) se encuentra cultivado en Cajamarca y también como poblaciones de plantas arvenses o ferales.

También en el territorio peruano es posible encontrar poblaciones silvestres de frijol y pallar. El frijol silvestre crece libremente y tiene sistemas activos de dispersión de semillas. Los frijoles silvestres se encuentran solo en América y tienen una distribución casi continua desde México hasta Argentina (Debouck y Tohme, 1988).

Las tres especies silvestres presentes en el Perú, se distribuyen en once departamentos, en el norte: Cajamarca, Amazonas, Lambayeque y Piura; en el centro: Huánuco, Junín Ayacucho y Huancavelica y en el sur: Apurímac, Cusco y Puno.

Para conocer la distribución de la diversidad del frijol y el pallar, se realizaron 1111 prospecciones en 320 distritos de todos los departamentos del Perú, así como el registro de sus nombres locales (anexo 6).



Figura 22. Prospección Talavera, Andahuaylas, Apurímac.

Phaseolus augusti Harms

Llamado kita poroto, monte poroto, atocpa frijol y gentil poroto, genéticamente relacionada con el pallar (Debouck, 2021). Es una planta de hábito voluble indeterminado, estípulas y estípelas lanceoladas, inflorescencia en racimo con pedúnculo largo, brácteas lanceoladas, flores con cáliz pubescente, estandarte morado oscuro y alas de color rosado intenso. Las semillas son de color marrón oscuro con estrías más claras y las vainas son vellosas con una longitud aproximada de 7 cm.

Crece entre los 1700 y los 3200 m s. n. m., en pendientes, bordes de caminos, bosquecillos de quebradas y cuencas de los ríos. Ha sido registrado en prospecciones realizadas en Piura, Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Huánuco, Junín, Apurímac, Huancavelica, Cusco y Puno (Debouck, 2021). Recientemente, fue colectado en los departamentos de Cajamarca, Cusco, Junín y Apurímac (figura 24).

Conocida como tari, frijol de pichón o frijolillo; es una planta anual, con hábito trepador indeterminado. Presenta estípulas y estípelas lanceoladas, racimos florales cortos con una o dos flores rosadas, bractéolas cordadas persistentes, vainas pubescentes amarillo-marrón con marcas marrones y semillas reniformes de color marrón plumizo con manchas negras.

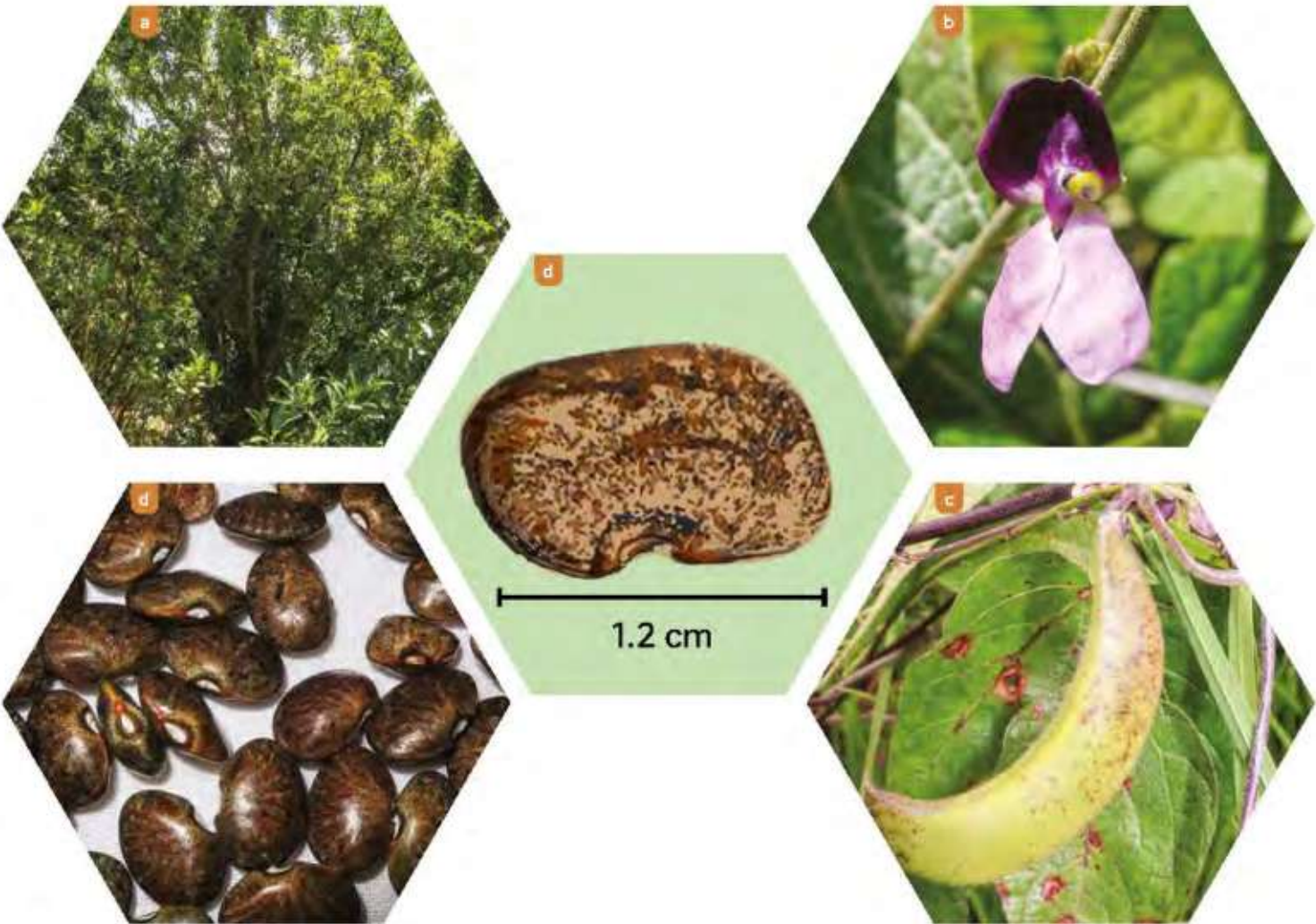


Figura 23. (a) Planta y hojas. (b) flores. (c) vainas y (d) semilla *P. augusti*.



Figura 24. Mapa de distribución de *P. augusti*.



Phaseolus pachyrrhizoides Harms

Endémica del Perú, donde se le conoce como sachaporoto, gentil poroto o frijol de monte. Es una planta de hábito voluble indeterminada, estípulas y estípelas lanceoladas, inflorescencia en racimo con pedúnculo largo, brácteas lanceoladas, flores con cáliz pubescente, estandarte morado oscuro y alas de color rosado intenso. Las semillas son redondeadas y aplanadas, de color marrón rojizo con manchas amarillas. Las vainas son vellosas y miden aproximadamente 7 cm.

Se encuentra en los departamentos de Cusco, Apurímac, Ayacucho, Huancavelica, Huánuco, Junín y Amazonas, recientemente fue colectado en los departamentos de Cusco y Amazonas (figura 25).



Figura 26. (a) Planta y hojas. (b) flores. (c) vainas y (d) semilla de *P. pachyrrhizoides*.

Phaseolus debouckii A. Delgado

Conocida como tari, frijol de pichón o frijolillo; es una planta anual, con hábito trepador indeterminado. Presenta estípulas y estipelas lanceoladas, racimos florales cortos con una o dos flores rosadas, bractéolas cordadas persistentes, vainas pubescentes amarillo-marrón con marcas marrones y semillas reniformes de color marrón plumizo con manchas negras.

Se encuentra entre los 900 y 2700 m s. n. m., en los bosques secos tropicales y matorrales de los departamentos de Piura y Cajamarca, especialmente en la depresión Amotape-Huancabamba, ésta es una especie hermana de *P. vulgaris* (Rendón, *et al.*, 2017). Recientemente se ha colectado en los departamentos de Cajamarca y Piura (figura 28).



Figura 27. Planta, hojas, flores, vainas y semilla de *P. debouckii*.



Figura 28. Mapa de distribución de *P. debouckii*.

Figura 29. Mapa de distribución de *P. dumosus*.***Phaseolus dumosus* Macfad.**

Conocida como frijol de toda la vida, frijol del monte, frijol viudo, poroto, huata poroto. Planta perenne que florece todo el año, de hábito trepador indeterminado. Tallo leñoso surcado e hispido, estípulas oblongo lanceoladas, estípelas oblongas, inflorescencia en racimo y flores blancas o rojas con bractéolas más largas que el cáliz. La vaina es ancha y ligeramente curvada, con una longitud de 8 a 15 cm, conteniendo de dos a siete semillas de colores variados, pudiendo ser blancas, negras, rojas, jaspeadas, amarillas y anaranjadas.

Las plantas encontradas posiblemente son escapes de cultivos o ferales, es decir, están volviendo a comportarse como silvestres. Crece entre los 442 y los 2884 m s. n. m. en los bordes de los caminos, terrenos en pendiente, cañadas y cuencas de cursos de agua, así como en huertos y jardines. Se ha registrado en los departamentos de Amazonas, Cajamarca, Piura, Lambayeque, Huánuco, Ayacucho, Cusco y Puno (figura 29).

Figura 30. (a) Planta y hojas. (b) flores. (c) vainas y (d) semilla de *P. dumosus*.

Phaseolus coccineus L.

Generalmente conocido como frijol de toda la vida, también como frijol de flor roja, frijol mono y frijol cusqueño. Con hábito de crecimiento indeterminado y perenne, produciendo flores y frutos durante todo el año. Sus raíces son gruesas y lignificadas con protuberancias suculentas, tallo cilíndrico, estriado y pubescente. Presenta estipulas lanceoladas, estipelas subuladas o falcadas, inflorescencia en racimo largo, brácteas primarias lanceoladas y bractéolas ovado-oblongas. Sus flores son de color rojo escarlata y sus vainas anchas miden de 5 a 7 cm de largo con dos a ocho semillas de colores variados: blancas, negras, rojas, jaspeadas, amarillas y anaranjadas.

Algunas poblaciones con caracteres atribuibles a esta especie podrían ser híbridos interespecíficos de *P. coccineus* x *P. dumosus*, introducidos al Perú por los programas de mejoramiento de la UNALM (F. Camarena, comunicación personal, 16/08/2022). Para confirmar o descartar la presencia de híbridos se colectó especímenes de plantas en Chota-Cajamarca, los que fueron llevados al herbario MOL de la UNALM para su identificación taxonómica y donde fueron certificados como *P. coccineus*.

Esta especie se ha registrado en el departamento de Cajamarca, cultivada en chacras junto con el maíz, en bordes de caminos, cañadas y entre los matorrales de las cuencas de cuerpos de agua, asociadas a plantas de *P. dumosus* (figura 32).



Figura 31. (a) Planta y hojas. (b) flores. (c) vainas y (d) semilla de *P. coccineus*



Figura 32. Mapa de distribución de *P. coccineus*



Phaseolus vulgaris L.

Conocido como frijol común, la forma domesticada es una planta anual y tiene cuatro hábitos de crecimiento: arbustivo determinado, arbustivo indeterminado, postrado y trepador. El tallo puede ser erecto, semipostrado o postrado; las estípulas y estipelas son de forma triangular. La inflorescencia es en racimos axilares o terminales con pocas flores, siendo frecuente encontrar dos flores por racimo. Las brácteas y bractéolas son de forma ovoide, más largas que el cáliz campanulado. Las flores pueden ser lilas, rosadas, o blancas. La vaina es delgada y larga, pudiendo tener mucha fibra en las suturas en los cultivares para grano seco, o no poseer fibra en las suturas en los cultivares que se consumen como vainita (Valladolid, 2001). El número de semillas por vaina, el color, la forma y tamaño presentan una amplia variabilidad relacionada con el gran número de cultivares nativos, introducidos y mejorados de esta especie.

La forma silvestre del frijol común es de hábito indeterminado y trepador. Predominan flores de color morado, sus vainas son pequeñas, delgadas, dehiscentes y de granos pequeños. Sus semillas son generalmente de color gris, ya sea uniformes o jaspeadas. Se han reportado en los departamentos de Junín, Pasco y Apurímac.

Se cultiva en todo el Perú, desde el nivel del mar hasta los 3950 m s. n. m. (figura 33). Se le puede encontrar como monocultivo o asociado generalmente con maíz, sobre todo cuando es voluble o de crecimiento indeterminado.



Figura 34. (a) Planta y hojas. (b) flores. (c) vainas y (d) semilla del frijol común (*P. vulgaris*).

El frijol reventón o la ñuña

Es un frijol exclusivamente andino, nativo de la región central de los Andes (Tohme et al., 1995) conocida también como frijol reventón en Cajamarca, La Libertad y Lima, numia en Huánuco, nambia en Áncash, numia y hudia en Cusco. Otros nombres registrados son: chuvi, poroto, purutu, porotillo, namia.

Este frijol forma parte de la especie *P. vulgaris* de la raza Perú y su característica distintiva es la propiedad de expandirse al ser tostado. La planta es de hábito indeterminado, las semillas son redondas, ovales, cuboides reniformes o alargadas truncadas, de colores gris, blanco jaspeado, rojo claro y azul oscuro. Los tipos de semilla pueden ser, sólido, huevo, frontina, vaquita, entre otros.

Este grupo cuenta con una amplia variabilidad sobre todo en la forma, tamaño y color de los granos (Cruz et al., 2009), lo que se evidencia en el gran número de nombres comunes: huanganco morado, margarita amarilla, yukishapa runto, vincha negra, gorriñoncito, hucracuipa ismanin, blanquilla, maleta, malcash negro, margarita, blanca nieves, numia chispas, mullipa murum, llalino, paloma, puka malcash, upa cashapa muron, ñuña morado, pechuy paloma, poroto gris, poroto, chec'che, jabona amarilla, maní roja, pava, q'osqo poroto, cenizo, blanca, negra, vaquita, parcoyana, boca de sapo, ancca poroto, capulí, ñuña soya, etc.

Aunque los mayores centros de producción se encuentran en Áncash, Cajamarca y Huánuco, con alrededor de 50 cultivares en dichos departamentos (Santa Cruz y Vásquez, 2021), se cultiva generalmente asociado al maíz (Tohme et al., 1995) en Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Áncash, Huánuco, Lima, Junín, Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Arequipa, Cuzco y Puno (figura 36).



Figura 35. Semillas del frijol común (*P. vulgaris*).





Phaseolus lunatus L.

El pallar está presente en nuestro territorio como silvestre y domesticado. La forma domesticada es del cultigrupo Big Lima, planta herbácea anual con hábito de crecimiento erecto, rastre-ro o trepador; inflorescencia en racimo con flores pequeñas de color blanco o blanco verdoso con alas de color crema, rosado o lila pálido. Vainas de 5 a 15 cm de largo con dos a cinco semillas aplanadas, elípticas o reniformes y de colores enteros, jaspeadas o manchadas, bicolors de diferentes patrones, aunque, en los cultivares comerciales son blancas o cremas de color entero.

El pallar silvestre andino, conocido como pallar de toda la vida o frijol toda vida, se ha reportado en Cajamarca. Es una planta de flores y semillas pequeñas con hábito indeterminado que crece en los bordes de chacras y caminos.

Entre los cultivares nativos tenemos al pallar plomo chispeado, al pallar llamado frijol vida, pallar layo, chicche pallar, pallar chispeado, frijol blanco, pallar de colores, pallar iqueño, pallar serrucho, frijol vaca paleta-shante, kiway kiway, pallar rojo, haba blanca, habitas sogueador, habitas no sogueador, todasho y pallar mochero.

Su cultivo se concentra en el departamento de Ica, donde se siembra el cultivar que posee la denominación de origen "Pallar de Ica" (Indecopi, 2007). También en Ica se encuentran los cultivares modernos "Iqueño precoz", "Generoso de Ica" y "Sol de Ica". En el norte y en Ica se han introducido los pallares del cultigrupo "Sieva" y "Papa" que se cultivan con fines de exportación (Minagri, 2016).

El pallar se cultiva desde los 8 m a los 3384 m s. n. m., en chacras, huertos y jardines de Ayacucho, Amazonas, Ancash, Cajamarca, Cusco, Ica, La Libertad, Lambayeque, Lima, Loreto, Madre de Dios, Moquegua, Pasco, Piura, San Martín, Tacna y Tumbes (figura 37).



Figura 38. (a) Planta y hojas. (b) flores. (c) vainas y (d) semilla del pallar (*P. lunatus*).

2.3 Acervo genético

En genética de poblaciones, el acervo genético⁴ de una especie o población, es el grupo completo de alelos únicos presentes en el genoma de la totalidad de los individuos existentes en dicha población. Para el caso del frijol y del

pallar, los acervos genéticos mesoamericano y andino se agrupan de acuerdo a su cercanía filogenética y capacidad de hibridación (figura 39).



Figura 39. Acervos genéticos de *P. vulgaris* y *P. lunatus*.

⁴Del inglés *gene pool*, también llamado patrimonio genético.

2.4 Flujo génico

Llamado también flujo genético, es cualquier desplazamiento de genes de una población a otra (figura 40). En el pasado, ha contribuido significativamente al desarrollo de las formas cultivadas de las plantas. Actualmente, puede observarse flujo genético entre las poblaciones cultivadas y silvestres de *Phaseolus*, siendo el cruce entre especies hermanas y los retro cruces que permiten el aumento balanceado de la diversidad (Wall, 1970).

En *Phaseolus*, el flujo de genes con ancestros silvestres que ocupan la misma área ocurre generalmente desde las especies cultivadas hacia las especies silvestres. Los niveles de cruzamiento dentro de las poblaciones silvestres son tres a cuatro veces más altos que en las poblaciones domesticadas. Guerra García (2021) sugiere la existencia de un flujo de genes ancestral entre *P. coccineus*, *P. dumosus* y *P. vulgaris*; propone que este flujo genético ancestral es la fuente de variabilidad que permitió a los pobladores precolombinos el acceso a un gran número de variantes disponibles para el proceso de domesticación.

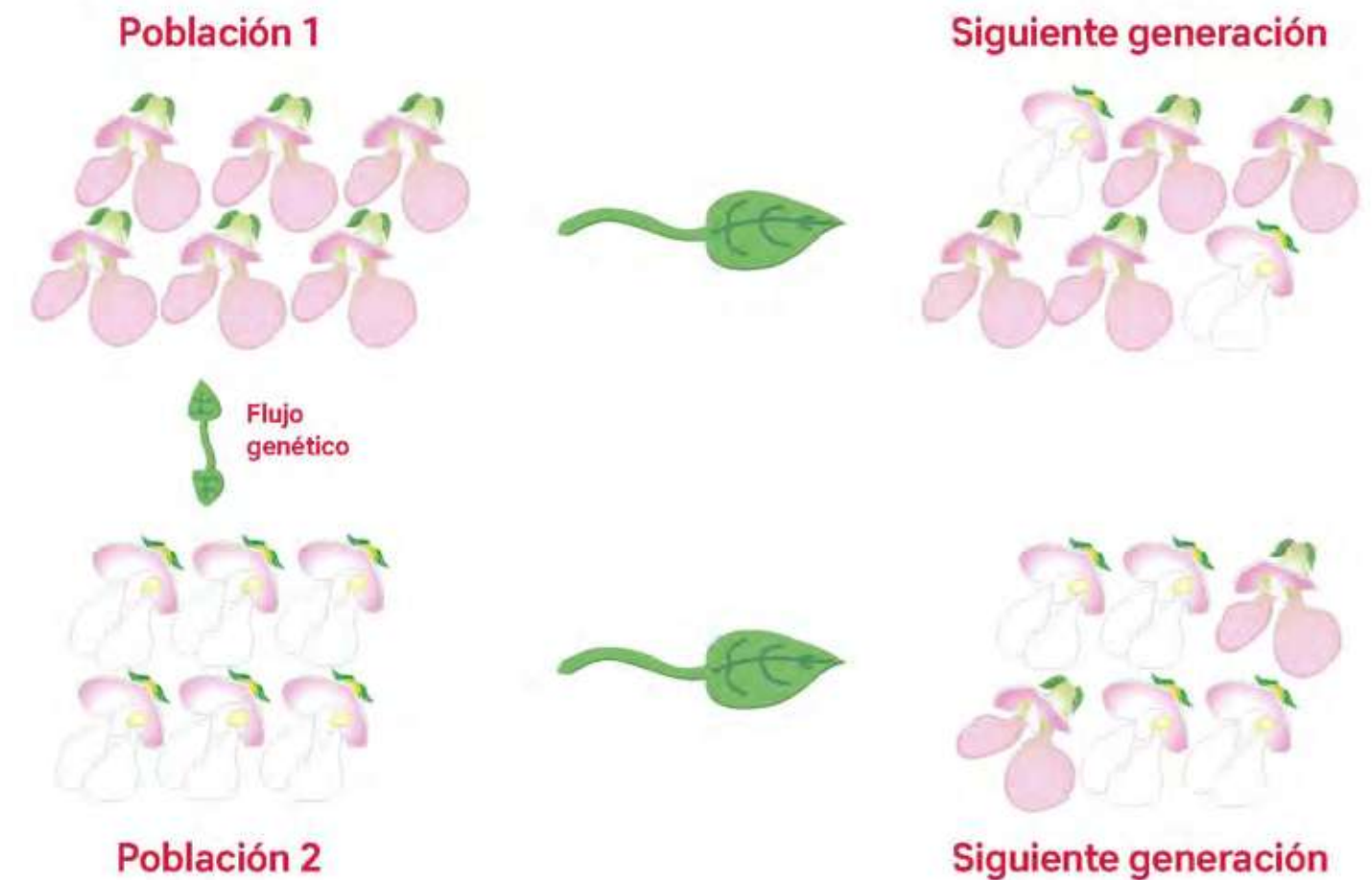


Figura 40. Flujo genético.

De acuerdo a Parker y Gepts (2021) el flujo genético de las poblaciones domesticadas hacia las poblaciones silvestres es una causa de erosión genética de estas últimas. Este flujo se ha verificado en frijol común y pallar, siendo más alto en el frijol común en comparación con el pallar (figura 41).

Chaves *et al.* (2014) encontraron que en el frijol común el factor determinante de flujo genético es la distancia (a cuatro metros no hay cruzamiento). Estos autores recomiendan aislar los cultivos por al menos cinco metros para evitar la polinización cruzada entre líneas de frijol destinadas a la producción de semillas certificadas, aunque con tres metros se logra el 98 % de pureza genética mínima requerida para la producción de semillas. Este dato es sumamente importante, desde el punto de vista de la bioseguridad, en el caso de introducción de transgénicos u OVM en una región con poblaciones domesticadas y silvestres de frijol o pallar.

En el frijol común se ha reportado una alta tasa de cruzamiento que podría deberse al aumento de una considerable variación genética y ambiental (Wells, Isom y Waines, 1988), aunque pueden presentarse problemas de sincronización de la floración (Blair *et al.*, citado por Porch *et al.*, 2013) y de rendimiento agronómico de parte de los progenitores silvestres. Sin embargo, ya se han logrado obtener plantas silvestres de semillas de tamaño y caracteres agronómicos aceptables para los cruzamientos de mejoramiento (Porch, *et al.*, 2013).

Esta posibilidad de cruzamiento es importante, debido a que la forma silvestre del frijol común es una fuente de caracteres económicamente importantes como, por ejemplo, la resistencia a plagas insectiles como *Zabrotes subfasciatus*, o fungosas causadas por *Thanatephorus cucumeris*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Uromyces appendiculatus* y bacterianas ocasionadas por *Xanthomonas axonopodis* pv. *Phaseoli* (Porch, *et al.*, 2013).

En 1987 y 1988 se reportó en Cusco, Apurímac y Junín, la presencia de cinco poblaciones calificadas como complejos silvestre-domesticado de frijol común. En estos complejos se estudió el tamaño y el color de la semilla, la longitud y dehiscencia de las vainas y los tipos de faseolina; observando algunos rasgos domesticados en las semillas de las silvestres y la presencia de algunos tipos de faseolina S mesoamericana en los tipos silvestres (Chacón *et al.*, 2021).

El cruzamiento no solo ocurre entre especies silvestres y domesticadas. En las poblaciones de frijol común introducidas en Europa, se ha confirmado una hibridación extensa entre los acervos genéticos andino y mesoamericanos, observando nuevos caracteres como consecuencia de la introgresión entre estos acervos genéticos. Estos nuevos caracteres pueden ser usados como una fuente de diversidad para el mejoramiento genético (Gioia, *et al.*, 2013).

El flujo genético no solo está relacionado con la capacidad de cruzamiento entre poblaciones, sino también es un aspecto importante es la dispersión de semillas.

En el género *Phaseolus* la dispersión ocurre por la dehiscencia de las vainas. Por otro lado, en las especies silvestres, las vainas se abren a lo largo de las suturas produciéndose una fuerte torsión de las valvas, lo que hace que las semillas se esparzan alrededor de la planta madre.

De acuerdo a Baudoin *et al.* (2004, citado por Chacón *et al.*, 2021), la semilla del pallar silvestre alcanza la máxi-

ma distancia de dispersión hasta 5.5 m. Esto tiene un efecto en el flujo genético, sugiriendo una mayor importancia que la dispersión del polen por parte de los polinizadores (Chacón *et al.*, 2021).

Por otro lado, en las especies domesticadas, las vainas pierden parte de este rasgo de dehiscencia. Por ejemplo, las semillas de frijol y pallar encontradas en la cueva de Guitarrero (8000 años a.C.) ya mostraban esta disminución de la dehiscencia (Kaplan *et al.*, 1973 citado por Fuller y Allaby, 2009). El rol humano en la dispersión de semillas es relevante, pues se tienen registros de la selección de semillas desde los inicios de la domesticación de estas especies.

En la actualidad, los agricultores que encuentran características silvestres en sus cultivos, eliminan estas semillas para ajustarse a las preferencias de los mercados dominicales (Chacón *et al.*, 2021). Igualmente, la importancia del frijol en la gastronomía de diversos países refleja una selección diversificadora mediada por el ser humano, la cual es mucho mayor que en otras especies (Parker y Gepts, 2021).

La dispersión de semillas por parte del hombre puede ser inconsciente, sobre todo cuando la especie no es domesticada. Esto se ha visto en Ecuador, donde las semillas de pallar silvestre no comestible, son usadas para jugar el juego llamado perinola. En el Perú, Bolivia y el norte de Argentina, los niños usan semillas de frijol y pallar como juguetes, convirtiéndose en acarreadores de semillas (Debouck, Castillo y Tohme, 1989).

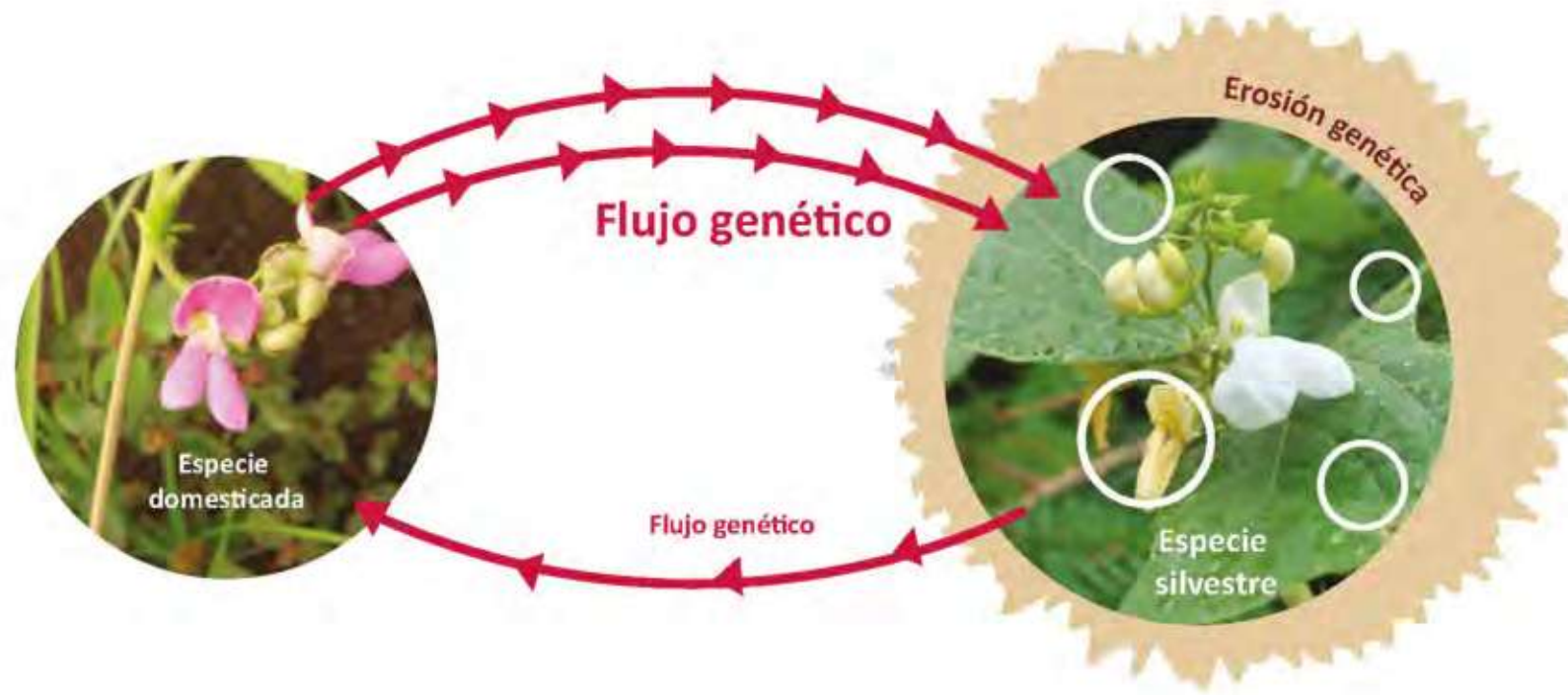


Figura 41. Flujo genético de especies domesticadas a silvestres.



Figura 43. Flor del frijol común, Cajaruro, Utcubamba, Amazonas.

2.5 Biología floral de las especies de Phaseolus

El género *Phaseolus* tiene una flor simétrica perfecta por ambos lados con cinco pétalos: un estandarte, dos alas y la quilla formada por dos pétalos unidos. El aparato reproductor se encuentra protegido por los pétalos de la quilla, la cual forma una cubierta en su extremo, esta característica hace que muchos visitantes florales deban introducir la probóscide por un lado de la ranura de la quilla. Los cinco pétalos están unidos al disco floral, la caída del polen y la receptividad del estigma están sincronizadas y ocurren en el estado de botón floral coloreado.

El fruto está formado por una vaina de dos valvas unidas con dos suturas. Las semillas se unen a la placenta a través de funículos a lo largo de la sutura dorsal. En las especies silvestres las vainas se abren a lo largo de las suturas con una fuerte torsión que lanza las semillas unos metros más allá de la planta madre. Por otro lado, en las plantas domesticadas la dehiscencia ha sido disminuida, permitiendo que se puedan cosechar antes que caigan al suelo.

Para el estudio de la biología floral de las especies de *Phaseolus* presentes en el territorio peruano se montaron experimentos en ocho localidades (distritos), los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Resultados de las evaluaciones del horario de la antesis y visitantes florales.

Especie	Parcela	Horario de la antesis	Visitantes florales
<i>P. vulgaris.</i>	Cajamarca, provincia y distrito de Chota.	De 6 am a 5 pm.	Abejorros, abejas metálicas (Halictidae), mariposas, abeja melífera.
<i>P. vulgaris.</i>	Apurímac, provincia de Andahuaylas, distrito de Talavera.	De 6 am a 5 pm.	Abejorros, mariposas, abeja melífera.
<i>P. vulgaris.</i>	Piura, provincia de Huancabamba, distrito de Huarmaca.	De 8 am a 5 pm.	Abejorros, mariposas, abeja melífera.
<i>P. vulgaris.</i>	Huánuco, provincia de Huánuco, distrito de Chinchao.	De 7 am a 5 pm.	Abejorros, mariposas, abeja melífera.
<i>P. vulgaris.</i>	Amazonas, provincia de Utcubamba, distrito de Cajaruro.	De 7 am a 5 pm.	Abejorros, abejas metálicas (Halictidae), mariposas, abeja melífera.
<i>P. vulgaris.</i>	Junín, provincia de Huancayo, distrito de Pariahuanca.	De 9 am a 5 pm.	Abejorros, mariposas, abeja melífera.
<i>P. vulgaris.</i>	Junín, provincia de Huancayo, distrito de Pariahuanca.	De 9 am a 5 pm.	Abejorros, mariposas, abeja melífera.
<i>P. dumosus.</i>	Junín, provincia de Huancayo, distrito de Pariahuanca.	De 9 am a 5 pm.	Abejorros, mariposas, abeja melífera.
<i>P. coccineus.</i>	Junín, provincia de Huancayo, distrito de Pariahuanca.	De 8 am a 5 pm.	Abejorros, mariposas, abeja melífera.
<i>P. lunatus.</i>	Ica, provincia de Ica, distrito de Subtanjalla.	De 8 am a 5 pm.	Abejorros, abejas metálicas (Halictidae), mariposas, abeja solitaria, abeja melífera.

La flor del *Phaseolus*

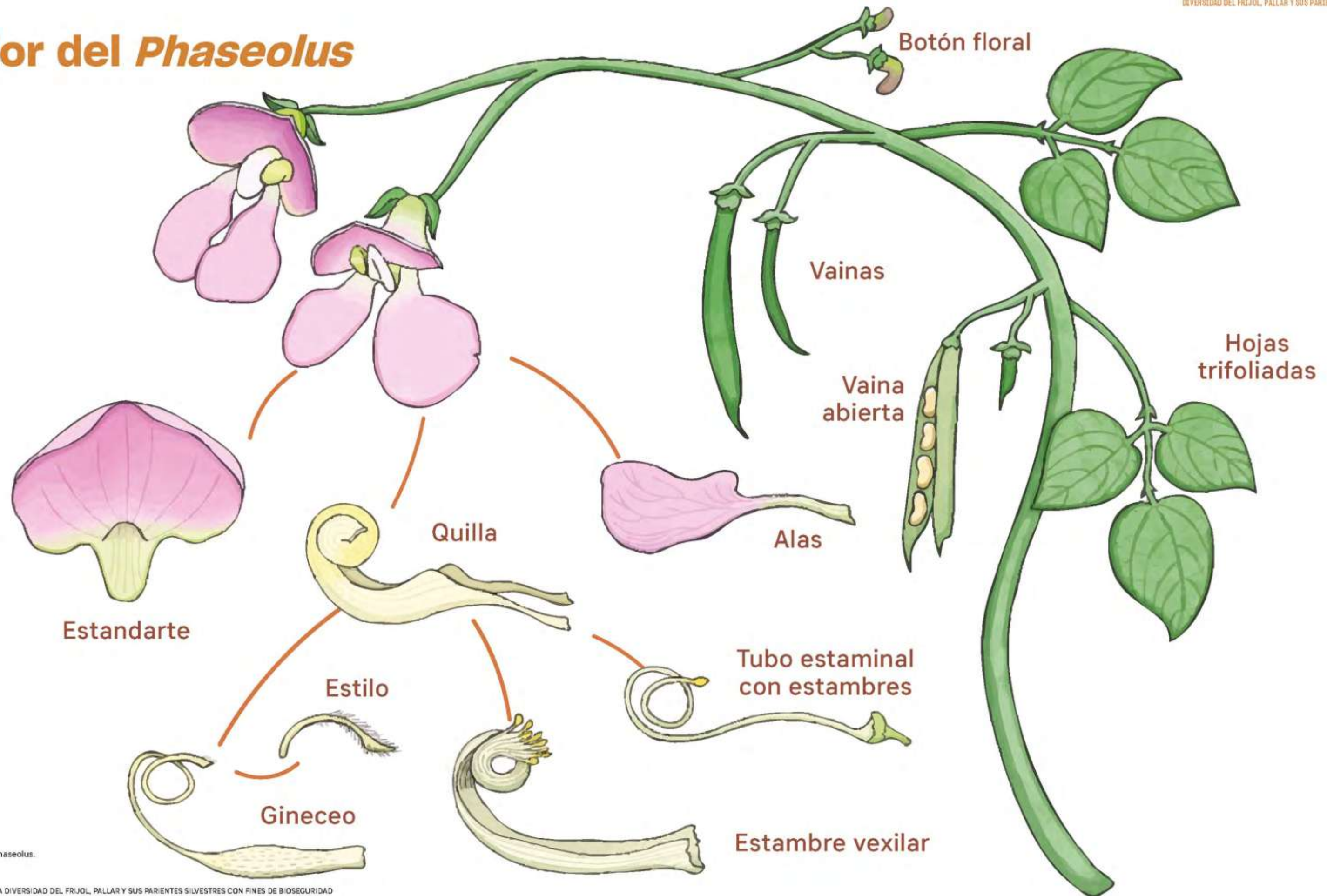


Figura 43. La flor del *Phaseolus*.

Para estas evaluaciones se espació polvo fluorescente en las flores (ver metodología en el anexo 2). Para todos los casos evaluados, el cierre o marchitez de la antesis empezó a partir del segundo día. Tampoco se evidenció dispersión del polvo fluorescente en la parcela, ni siquiera en las flores vecinas a la flor marcada.

a. Biología floral del frijol común (*P. vulgaris*)

La inflorescencia se encuentra dispuesta en racimos terminales o axilares, generalmente se observan dos flores por inflorescencia, pero se pueden presentar más flores.

El inicio de la floración es variable debido a la longitud de la vida vegetativa de los diferentes cultivares (tres a nueve meses), se ha registrado la floración a 56 días en los cultivares de tres meses y de 89 días en los cultivares de seis meses.

La antesis comienza en las primeras horas de la mañana, los botones se abren durante todo el día hasta la caída del sol; al día siguiente, la flor se hace más opaca y clara o más amarillenta; al segundo día después de la antesis comienzan a marchitarse para luego dejar ver el ovario de la flor como una pequeña vaina.

Entre los visitantes florales se encuentran principalmente los abejorros, seguidos de abejas y mariposas. Respecto a la dispersión de polen, ésta es nula, aún entre flores visitadas por un abejorro o abeja que se posó antes en la flor marcada.



Figura 44. (a) Antesis. (b) Polinizador. (c) Fenología de la floración y fructificación del frijol común.

b. Biología floral del pallar (*P. lunatus*)

La inflorescencia es en racimo, la flor tiene el estandarte blanco, rosado o lila, con tonalidades verdosas, mientras que las alas son de color blanco, rosa o lila. El inicio de la antesis ocurre durante las horas de sol; en la mayor parte de las inflorescencias se abre una sola flor, la que se marchita a partir del segundo día después de la antesis, dejando ver el ovario convertido en vaina.

Los visitantes florales más frecuentes son los abejorros, seguidos de abejas y mariposas. La floración y fructificación varían con el cultivar, hay cultivares precoces (tres meses) y cultivares de vida vegetativa prolongada (nueve meses). En los cultivares de seis meses se ha registrado la floración a los ochenta días y la maduración y cosecha a los ciento diez días.



Figura 45. (a) Antesis. (b) Fenología de la floración y fructificación del pallar.

c. Biología floral del frijol de toda la vida (*P. dumosus*)

La inflorescencia es en racimo con más de treinta flores de color blanco, pero también puede ser de color rosado púrpuro. La antesis ocurre en las primeras horas de la mañana, en la mayoría de las inflorescencias se abre una sola flor por día, por lo que se tiene una sucesión con una flor nueva cada día por cada inflorescencia.

La flor permanece abierta por aproximadamente dos días antes de comenzar a marchitarse y dejar ver el ovario convertido en una pequeña vaina; al marchitarse la última flor en el racimo, éste ya tiene vainas en proceso de maduración.

La floración completa ocurre a los ochenta días y la maduración completa de los frutos a los 136 días. En estado silvestre, la floración se da todo el año siempre y cuando la planta tenga una fuente de agua disponible. En el experimento se observaron muchos visitantes florales, especialmente abejorros, abejas, moscas, mariposas y polillas (tabla 5).



Figura 46. (a) Antesis. (b) Fenología de la floración y fructificación del frijol de toda la vida

d. Biología floral del frijol de toda la vida (*P. coccineus*)

La inflorescencia es en racimo con más de treinta flores de color rojo púrpura. La antesis, la apertura y marchitez de la flor y la duración de la floración es similar a *P. dumosus*, también florece todo el año siempre y cuando tenga agua disponible.

La floración completa ocurre a los ochenta días y la maduración completa de los frutos a los 136 días. En estado silvestre, la floración se da todo el año siempre y cuando la planta tenga una fuente de agua disponible.

Esta especie tiene tendencia a la alogamia. Los visitantes florales son especialmente abejorros y abejas, además de moscas, mariposas y polillas (tabla 5).



Figura 47. (a) Polinizador. (b) Fenología de la floración y fructificación del frijol de toda la vida

e. Biología floral del atocpa frijol, gentil poroto, kita poroto o monte poroto, (*P. augusti*)

Presenta inflorescencia en racimo, las flores son de color rosadas con el estandarte más oscuro, son auto incompatibles y la antesis dura dos días. La flor no se cierra, sino que se hace más opaca hasta marchitarse, mientras que las alas adquieren un color amarillo. La floración se presenta en dependencia a los periodos de lluvia (Hoc y García, 1997).



Figura 48. Inflorescencia del atocpa frijol

f. Biología floral del frijol de pichón, frijolillo o tari (*P. debouckii*)

Presenta una inflorescencia corta, con una o dos flores por inflorescencia, la flor es de color rosado pálido; la floración ocurre el mes de junio, los frutos maduros se encuentran desde mayo hasta el mes de agosto (Rendón *et al.*, 2017).



Figura 49. Flor del frijol de pichón

3

**Organismos y
microorganismos
asociados a la
diversidad del frijol,
pallar y sus parientes
silvestres**





En la naturaleza los organismos son aquellos que son perceptibles por los sentidos, como las plantas y los animales, así como los insectos, arañas, crustáceos, entre otros. Los microorganismos son aquellos seres vivos que por su tamaño microscópico requieren de aparatos para percibirlos, como es el caso de los hongos y bacterias, caso especial son los virus, por su naturaleza de requerir de otro ser vivo para reproducirse, persiste la controversia de considerarlos solamente como entes infecciosos.

Los agroecosistemas registran una amplia diversidad biológica de especies vegetales. Para el presente estudio esa diversidad está asociada a los cultivos del frijol y pallar; lo que los convierte en refugios para la fauna insectil (figura 51). Los cultivos y sus parientes silvestres comparten insectos y microorganismos benéficos, al igual que plagas y enfermedades. Además, comparten la biodiversidad sobre el suelo y en la rizosfera, la que no sólo es esencial para la regulación de plagas y enfermedades, sino que también provee la base biológica para la sustentabilidad del agroecosistema (Altieri y Nicholls, 2007). Asimismo la diversidad nos proporciona alimento y los medios para producirlo, encontrándose además organismos y microorganismos presentes en el suelo.

Figura 50. Coccinellidae depositados en hoja. San José, Lambayeque.

3.1 Organismos en la diversidad de los cultivos de frijol y pallar

En el agroecosistema se pueden encontrar grupos funcionales de insectos como fitófagos, depredadores, parasitoides, detritívoros, fungívoros, xilófagos, de dieta variada y polinizadores (Alejo, *et al.*, 2019 y Ghiglione, *et al.*, 2021). Se considera como plaga a los insectos fitófagos que debido a sus altas densidades poblacionales disminuyen la producción del cultivo, reduciendo el valor de la cosecha e incrementando los costos de su producción, siendo una condición económica.

Sin embargo, debemos recordar que la presencia de fitófagos no es totalmente negativa, pues cuando el agroecosistema o ecosistema está en equilibrio, estos insectos son un eslabón importante de la cadena trófica, ya que sostienen la diversidad y abundancia de poblaciones de otros grupos funcionales como predadores y parasitoides, así como de un gran número de vertebrados que los tienen en su cadena alimenticia (Pérez-Contreras, 1999).

Los polinizadores cumplen un rol vital en el agroecosistema al jugar un papel importante para la producción global de alimentos, es un servicio ecosistémico clave que depende de la abundancia y la diversidad de insectos en los cultivos, las explotaciones agrícolas que albergan mayor diversidad de polinizadores reciben un mejor servicio, porque las distintas especies de insectos se complementan y generan un efecto aditivo (Miñarro, *et al.*, 2018).

Durante las prospecciones se registraron organismos (artrópodos) en 120 distritos de 72 provincias en todo el país. Los insectos capturados y registrados fueron clasificados en grupos funcionales: fitófagos, polinizadores, predadores, saprófagos y parasitoides.



Figura 51. Flor del frijol de toda la vida escarlata. Colasay, Jaen, Cajamarca.

Tabla 6. Fitófagos del frijol y pallar en el Perú

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
FITÓFAGOS				
Insecta.	Coleoptera.	Chrysomelidae.	Escarabajo de la hoja.	<i>Andrector</i> sp.
				<i>Cerotoma</i> sp.
				<i>Cerotoma fascialis</i> Erichson.
				<i>Diabrotica espiciosa</i> (Germar).
				<i>Diabrotica viridula</i> Fabricius.
				<i>Diabrotica spilota</i> Baly.
				<i>Diabrotica bordoni</i> Bechyne & Bechyne.
		Melolonthidae.	Gorgojo común del frijol (plaga clave).	<i>Acanthoselides obtectus</i> (Say).
			Gorgojo de los pallares.	<i>Zabrotes subfasciatus</i> (Boheman).
				<i>Plectris</i> sp.
	Scarabaeidae.		Gallinita ciega.	<i>Pelidnota</i> sp.
				<i>Anomala</i> sp.
				<i>Phyllophaga obsoleta</i> Blanchard.
				<i>Cyclocephala</i> sp.
				<i>Ancognata</i> sp.
				<i>Macroductylus</i> sp.
	Diptera.	Agromyzidae.	Mosca minadora, pasador de la hoja.	<i>Liriomyza huilobrensis</i> (Blanchard).
		Anthomyiidae.	Mosca de la semilla.	<i>Liriomyza sativae</i> Blanchard.
		Lonchaeidae.	Mosca negra.	<i>Silba</i> sp.
	Hemiptera.	Aleyrodidae.	Mosca blanca.	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius).
		Aphididae.	Pulgones.	<i>Aphis craccivora</i> Koch.
				<i>Aphis gossypii</i> (Sulzer).
				<i>Toxoptera</i> sp. .
		Cicadellidae.	Cigarritas.	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer).
			Lorito verde.	<i>Empoasca kraemeri</i> Ross y Moore.
				<i>Empoasca</i> sp.
		Pentatomidae.	Chinche verde hedionda, chinche escudo.	<i>Nezara viridula</i> Linnaeus.
		Pyrrhocoridae.	Arrebiatado, culi culi.	<i>Piezodorus guildini</i> (Westwood).
				<i>Dysdercus peruvianus</i> (Guerin-Meneville).

Tabla 6. Fitófagos del frijol y pallar en el Perú

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico		
FITÓFAGOS						
Insecta.	Lepidoptera.	Crambidae.	Pegador de hojas.	<i>Omiodes indicata</i> (Fab.). <i>Agrotis ipsilon</i> (Hufnagel). <i>Feltia</i> sp.		
			Gusano de tierra.	<i>Feltia experta</i> Walker. <i>Euxoa bilitura</i> (Guenee).		
				Noctuidae.	<i>Spodoptera</i> sp. <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith) .	
				Gusano medidor.	<i>Chrysodeixis includens</i> (= <i>Pseudoplusia includens</i>) Walker.	
		Pyralidae.	Heliotis, gusano bellotero del algodón.	<i>Chloridea virescens</i> (= <i>Heliothis virescens</i>) (Fabricius).		
			Gusano picador o barrenador del tallo.	<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller). <i>Ecdytolopha fabivora</i> (= <i>Cydia fabivora</i>) (Meyrick).		
		Tortricidae.	Barrenador o perforador de tallos y hojas.	<i>Crosidosema aporema</i> (= <i>Epinotia aporema</i>) (Walsingham). <i>Chryptophlebia</i> sp. <i>Laspeyresia leguminis</i> Heinrich.		
				Phlaeothripidae.		<i>Haplothrips gowdeyi</i> (Franklin). <i>Caliothrips brasiliensis</i> Morgan.
						Thysanoptera.
		Tarsonemidae.	Ácaro blanco.	<i>Polyphagotarsonemus latus</i> (Banks).		
		Tetranychidae.	Arañita roja.	<i>Tetranychus urticae</i> Koch.		
	FITOPATÓGENOS					
	Secernentea.	Tylenchida.	Heteroderidae.	Nematodos del nudo de la raíz.	<i>Meloidogyne incognita</i> . <i>Meloidogyne javanica</i> .	

Elaborado a partir de Valladolid (2001).

Los cultivos en general, así como del frijol y pallar son depredados por organismos fitófagos, los que son considerados enemigos naturales porque chupan la savia, cortan y comen las hojas, flores y frutos, barrenan tallos, brotes y vainas. En la tabla 6 se encuentran los organismos que constituyen las plagas más importantes del frijol y el pallar en nuestro territorio.

Los polinizadores, predadores y parasitoides y saprófagos son organismos benéficos porque los primeros ayudan a dispersar el polen, mientras que los predadores y parasitoides disminuyen las poblaciones de los fitófagos y los saprófagos descomponen la materia orgánica del suelo. En la tabla 7 se encuentran los organismos benéficos asociados al cultivo del frijol y el pallar.

Tabla 7. Artrópodos benéficos en el frijol y pallar del Perú.

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
PARASITOIDE				
Insecta.	Diptera.	Tachinidae.	Mosca.	<i>Paratheresia claripalpis</i> Wulp.
				<i>Encarsia</i> sp.
		Aphelinidae.		<i>Aphytis roseni</i> DeBach & Gordh .
				<i>Chelonus</i> sp.
		Braconidae.		<i>Opius</i> sp.
			Avispita.	<i>Chrysocharis phytomyza</i> (Brethes).
				<i>Closterocerus</i> sp.
				<i>Diglyphus begini</i> (Ashmead).
				<i>Diglyphus websteri</i> (Crawford) .
				<i>Zagrammosoma</i> sp.
	Hymenoptera.			
		Figitidae.	Micro avispita.	<i>Ganaspidium</i> sp.
		Mymaridae.		<i>Anagrus</i> sp.
			Avispita.	<i>Halticoptera arduine</i> (Walter).
		Pteromadillae.		
		Scellionidae.	Avispita negra.	<i>Telenomus remus</i> Nixon.
				<i>Trichogramma brasiliensis</i> (Ashmead).
				<i>Trichogramma fasciatum</i> (Perkins) .
				<i>Trichogramma pintoí</i> Pinto & Platner.
				<i>Trichogramma pretiosum</i> Riley.
				<i>Trichogrammatoidea bactrae</i> Nagaraja .

Tabla 7. Artrópodos benéficos en el frijol y pallar del Perú.

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
PREDADOR				
Insecta.	Coleoptera.	Coccinellidae.	Mariquita.	<i>Harmonia axyridis</i> Pallas. <i>Hippodamia convergens</i> (Guérin-Méneville) .
		Anthocoridae.		<i>Orius</i> sp.
		Beritidae.		<i>Metacanthus</i> sp.
	Hemiptera.	Geocoridae.	Chinche.	<i>Geocoris punctipes</i> Blanchard.
		Nabidae.		<i>Nabis punctipennis</i> Blanchard.
		Pentatomidae.		<i>Podisus connexivus</i> Bergroth.
	Neuroptera.	Chrysopidae.	Crisopa.	<i>Chrysoperla externa</i> Hagen.
Arachnida.	Mesostigmata.	Phytoseiidae.	Ácaro.	<i>Galendromus</i> (=Typhlodromus, =Metaseiulus) occidenta- lis (Nesbitt).
POLINIZADORES				
Insecta.	Coleoptera.	Meloidae.	Escarabajo.	<i>Lytta</i> sp.
		Bombyliidae.		<i>Bombylius</i> sp.
	Diptera.	Tachinidae.	Mosca.	<i>Mochlosoma</i> sp.
				<i>Apis mellifera</i> L.
	Hymenoptera.			<i>Bombus opifex</i> Smith.
		Apidae.	Abeja.	<i>Bombus atratus</i> Franklin.
				<i>Megachile</i> sp.
	Lepidoptera.	Nymphalidae	Mariposa.	<i>Dione moneta</i> ssp. poeyi Pollak.
		Pieridae.		<i>Phoebis sennae</i> (Linnaeus).

Elaborado a partir de Castillo (2013).

3.2 Microorganismos asociados a los cultivos de frijol y pallar

Desde el punto de vista agronómico son de naturaleza benéfica cuando los microorganismos de la rizosfera sostienen una relación simbiótica con las plantas que los hospedan, también cuando son descomponedores del suelo al formar parte del ciclo de regeneración de la fertilidad natural del suelo.

En el suelo es importante mencionar a los microorganismos presentes en la rizosfera, entorno altamente complejo en donde la planta (a través de sus exudados) interactúa con el microbioma circundante. Aquí podemos encontrar bacterias simbióticas capaces de fijar nitrógeno atmosférico, manganeso y otros minerales o de promover el crecimiento vegetal y suprimir fitopatógenos; también encontramos hongos que cumplen funciones como descomponedores, enriqueciendo el suelo, o como simbiontes en la rizosfera, donde cumplen un importante papel en la disponibilidad de nutrientes para la planta, como biocontroladores, bioestimulantes y como coadyuvantes de la simbiosis entre bacterias fijadoras de nitrógeno y la planta, finalmente estos organismos son parte de la cadena trófica de organismos benéficos como microartrópodos y lombrices. En la tabla 8, se encuentran los microorganismos del suelo asociados a los cultivos de frijol y pallar.



Figura 52. Controlador de pulgones. Chulucanas, Morropón, Piura.



Figura 53. Picador. Limabamba, Rodríguez de Mendoza, Amazonas.

Tabla 8. Microorganismos del suelo asociados al cultivo del frijol y pallar.

Clase	Orden	Familia	Nombre científico
BACTERIA			
Bacilli.	Bacillales.	Bacillaceae.	<i>Bacillus</i> Cohn, 1872.
		Paenibacillaceae.	<i>Paenibacillus polymyxa</i> (= <i>Bacillus polymyxa</i>) (Prazmowski 1880) Ash et al. 1994.
Clostridia.	Eubacteriales.	Lachnospiraceae.	<i>Clostridium pasteurianum</i> Winogradsky, 1895. <i>Lachnoclostridium</i> (= <i>Clostridium</i>) Prazmowski 1880.
Alphaproteobacteria.	Hyphomicrobiales.	Nitrobacteraceae.	<i>Bradyrhizobium yuanmingense</i> Yao et al. 2002.
			<i>Bradyrhizobium lablabi</i> Chang et al. 2011.
			<i>Bradyrhizobium retamae</i> Guerrouj et al. 2013.
			<i>Bradyrhizobium elkanii</i> Kuykendall et al. 1993.
			<i>Bradyrhizobium pachyrhizi</i> Ramírez-Bahena et al. 2009.
			<i>Bradyrhizobium paxillaeri</i> Durán et al. 2014.
			<i>Bradyrhizobium icense</i> Durán et al. 2014.
			<i>Bradyrhizobium liaoningense</i> .
		Phyllobacteriaceae.	<i>Mesorhizobium</i> Jarvis et al. 1997 spp.
			<i>Rhizobium alamil</i> Berge et al. 2009.
	Rhizobiales.	Rhizobiaceae.	<i>Rhizobium etli</i> Segovia et al. 1993.
			<i>Rhizobium gallicum</i> Amarger et al. 1997.
			<i>Rhizobium giardini</i> Amarger et al. 1997.
			<i>Rhizobium lusinatum</i> Valverde et al. 2006.
			<i>Rhizobium mesosinicum</i> Lin et al. 2009.
			<i>Rhizobium phaseoli</i> Dangeard 1926 .
			<i>Rhizobium rhizogenes</i> (Riker et al. 1930).
			<i>Rhizobium sophoriradicis</i> Y. S Jiao, 2015.
			<i>Rhizobium tropici</i> Martínez-Romero et al. 1991.
			<i>Allorhizobium</i> de Lajudie et al. 1998.
	Rhodospirillales.	Acetobacteriaceae.	<i>Ensifer</i> (= <i>Sinorhizobium</i>) <i>melloti</i> (Dangeard 1926) Young 2003.
			<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i> (= <i>Acetobacter diazotrophicus</i>) (Gillis et al. 1989) Yamada et al. 1998.
		Azospirillaceae.	<i>Azospirillum</i> Tarrand et al. 1979.

Tabla 8. Microorganismos del suelo asociados al cultivo del frijol y pallar.

Clase	Orden	Familia	Nombre científico
BACTERIA			
Betaproteobacteria.	Burkholderiales.	Alcaligenaceae.	<i>Alcaligenes</i> Castellani & Chalmers 1919.
Deltaproteobacteria.	Desulfuromonadales.	Geobacteraceae.	Geobacter.
Gammaproteobacteria.	Pseudomonadales	Pseudomonadaceae.	<i>Azorhizophilus paspali</i> (= <i>Azotobacter paspali</i>) (Döbereiner 1966) Thompson and Skerman 1981.
			<i>Azotobacter chroococcum</i> Beijerinck 1901.
			<i>Azotobacter</i> spp.
EUKARYOTA Fungi			
Dothideomycetes.	Botryosphaeriales.	Botryosphaeriaceae.	<i>Macrophomina phaseolina</i> (Tassi) Goid. (1947).
	Capnodiales.	Davidiellaceae.	<i>Cladosporium</i> Link (1816) sp.
Eurotiomycetes.	Eurotiales.	Aspergillaceae.	<i>Aspergillus terreus</i> Thom (1918).
Sordariomycetes.	Hypocreales.	Hypocreaceae.,	<i>Trichoderma asperellum</i> Samuels, Lieckf. & Nirenberg 1999.
			<i>Trichoderma atroviride</i> P. Karst Bidr. Känn. Finl. Nat. Folk 51: 363. (1892).
			<i>Trichoderma harzaianum</i> Rifai (1969).
			<i>Gliocladium virens</i> (= <i>Trichoderma virens</i>) H. Mill.
			<i>Trichoderma viride</i> Pers.
Glomeromycetes.	Glomerales.	Glomeraceae.	<i>Glomus</i> Tul. & C.Tul. (1845).

Elaborado a partir de Matsubara y Zúñiga (2015); Ortiz, Duchicela y Debut (2018) y Jiao, et al. (2015).

Durante las prospecciones se tomaron muestras pareadas de suelo (con y sin cultivo), los análisis nos dan un recuento de las Unidades Formadoras de Colonias (UFC) en bacterias en general, pseudomonas, bacilos, actinomicetos, así como bacterias fijadoras de nitrógeno y hongos (ver tabla A6 en anexos).

Los resultados muestran variaciones en la UFC debido a la naturaleza del campo, es decir, a la presencia o ausencia de cultivo, como se puede observar en los resultados de la prueba de t student aplicado a los datos pareados (tabla 9).

La concentración de bacterias en general medidas en UFC fueron mayores en campos cultivados en comparación de los campos sin cultivo, tanto en frijol y pallar. Estos resultados confirman lo expresado por Pérez-Jaramillo et al. (2019) sobre que los cultivos de frijol y pallar enriquecen la diversidad de las bacterias de la rizosfera afectándola positivamente.

En el cultivo de frijol la concentración de actinomicetos, bacillus y pseudomonas también fueron mayores en campos cultivados respecto de las muestras de suelo recogidas en campos aledaños sin cultivo.

Caso contrario ocurre en los campos cultivados con pallar, la concentración de actinomicetos, bacillus y pseudomonas no mostraron diferencias con los campos aledaños sin cultivo.

La concentración de bacterias fijadoras de nitrógeno y los hongos medidos en UFC, no mostraron diferencias entre los campos cultivados con frijol y pallar frente a los campos aledaños sin cultivo.

Por otro lado, los microorganismos se constituyen en problema cuando producen enfermedades en las partes aéreas y radicales de las plantas.

Los hongos son un grupo numeroso de especies que causan enfermedades en todos los cultivos y todas las partes de la planta, causando pérdidas económicas (Araus, 2011).

Las bacterias originan pérdidas en los cultivos, tal es el caso de las especies de los géneros *Xanthomonas* y *Pseudomonas* que atacan el cultivo de frijol como el añublo de halo (*Pseudomonas phaseolicola*), que es un severo problema en regiones con temperaturas frías o templadas (menos de 28 °C).

El virus del mosaico común del frijol (BCMV, siglas en inglés) es la enfermedad clave que causa importantes pérdidas económicas en el Perú, no solo en el cultivo de frijol, también en hortalizas.

Como se puede observar en la tabla 10, el frijol y pallar son atacados por un gran número de enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus.

Tabla 9. Análisis de concentración de microorganismos funcionales en promedio de muestras pareadas de suelo (t student)

Cultivo	GL	Bacterias en general	Actinomicetos	Bacillus	Pseudomonas	Bacterias fijadoras de nitrógeno	Hongos
Frijol	57	3.70866 **	3.74133 **	2.84328 **	2.21289 **	1.17402	-0.16872
Pallar	10	2.26156 **	1.78449	0.26754	1.90824 *	1.51631	0.83372

Análisis estadístico: Luis Quintanilla (2024).



Figura 54. Cultivo de frijol común. Toma de muestra de suelo. Umari, Pachitea, Huánuco.

Tabla 10. Enfermedades que afectan al frijol y pallar.

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
BACTERIA				
Gammaproteobacteria.	Pseudomonadales.	Pseudomonadaceae.	Bacteriosis.	<i>Pseudomonas siryngae</i> pv. <i>phaseoli</i> -cola (Burk).
	Xanthomonadales.	Xanthomonadaceae.	Bacteriosis común o tizón común.	<i>Xanthomonas campestris</i> (Pammel 1895) Dowson 1939 pv. <i>Phaseoli</i> .
EUKARYOTA Fungi				
Dothideomycetes.	Capnodiales.	Mycosphaerellaceae.	Mancha foliar.	<i>Mycosphaerella cruenta</i> (= <i>Cercospora cruenta</i>) Latham, (1934).
	Pleosporales.	Didymellaceae.	Ascochyta.	<i>Phoma exigua</i> var. <i>diversispora</i> (Bubak) Boerema.
		Pleosporaceae.	Manchas foliares .	<i>Alternaria</i> Nees sp.
Eurotiomycetes.	Eurotiales.	Aspergillaceae.	Moho.	<i>Penicillium</i> Link (1809).
			Moho negro.	<i>Aspergillus niger</i> Domsch y Traute-Heidi (1980).
Leotiomycetes.	Erysiphales.	Erysiphaceae.	Oidium.	<i>Erysiphe polygoni</i> DC ex Merat.
	Helotiales.	Sclerotiniaceae.	Moho blanco, esclerotiniosis, pudrición blanda de la vaina.	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib.) de Bary.
			Moho gris, Podredumbre gris.	<i>Botrytis cinerea</i> Pers. Fr. (1794).

Tabla 10. Enfermedades que afectan al frijol y pallar.

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
	Glomerellales.	Glomerellaceae.	Antracnosis, ranchara negra, seca seca.	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> (Sacc. & Magnus) Briosi & Cavara, (1889).
	Hypocreales.	Nectriaceae.	Marchitamiento por Fusarium.	<i>Fusarium solani</i> (Mart.) Sacc.v.
				<i>Fusarium verticillioides</i> (= <i>Fusarium moniliforme</i>) (Sacc.) Nirenberg (1976).
Agaricomycetes.	Agonomycetales.	Agonomycetaceae.	Chupadera fungosa.	<i>Rhizoctonia solani</i> Kühn .
	Amylocorticiales.	Atheliaceae.	Pudrición seca del frijol o podredumbre basal.	<i>Agroathelia rolfsii</i> (Sacc.) Redhead & S-T. Mullineux.
Pucciniomycetes.	Pucciniales.	Pucciniaceae.	Roya .	<i>Uromyces appendiculatus</i> (Pers) unger.
				<i>Uromyces phaseoli</i> (Reben) Wint.
Mucoromycota.	Mucorales.	Mucoraceae.		<i>Rhizopus stolonifer</i> (= <i>Rhizopus nigricans</i>) Vuillemin (1902).
VIRUS				
		Potyviridae.	Virus del mosaico común del frijol.	BCMV.
			Virus del mosaico dorado del frijol .	BGYMV.
		Geminiviridae.	Complejo de virus del amanchamiento.	
			Virus deformante del pallar .	LBDV.

Elaborado a partir de Arenas, Carpio y Guillermo (2005); Camarena, Chura y Blas (2014); López, Asensio y Gilbertson (2006) y Valladolid (2001).

4

La Diversidad de *Phaseolus* en los ecosistemas y agroecosistemas

4.1 Ecosistemas donde crecen las especies de *Phaseolus*

Se denomina ecosistema a las interacciones establecidas entre los factores bióticos conformados por los seres vivos (plantas, animales, organismos y microorganismos) y los abióticos que constituyen el medio físico (suelo, agua, clima), en donde han consolidado una situación de equilibrio dinámico en un determinado espacio delimitado, interactuando como una unidad funcional.

Para el presente estudio se adopta la clasificación de regiones naturales propuesta por Pulgar Vidal (2014), donde el mayor número de factores del medio ambiente son comunes o similares, y el hombre juega un papel principal como el activo agente modificador de la naturaleza. Para la definición de las ocho regiones naturales del Perú (Chala, Yunga, Quechua, Suni, Puna, Jalca, Rupa rupa y Omagua), se basó en criterios

como el folklore, la toponimia, los idiomas aborígenes, el clima, el relieve, la flora, la fauna, los productos límites, el paisaje y la obra del hombre, definiéndolas con los topónimos regionales.

Considerando la clasificación en regiones naturales, la diversidad del *Phaseolus* se distribuye en pisos altitudinales que van desde el nivel del mar hasta los 3946 m s. n. m., la mayor diversidad se encuentra en la región natural Yunga Fluvial con siete especies, seguida por la región natural Quechua con seis especies, la región natural Yunga marítima con cuatro especies, la región natural Chala con tres especies, la región natural Rupa rupa y Omagua con dos especies y finalmente, la región natural Suni donde se encontró una sola especie, lo que es sorprendente si consideramos que los límites reportados para la producción es hasta los 3000 m s. n. m. (tabla 11 y figura 58).

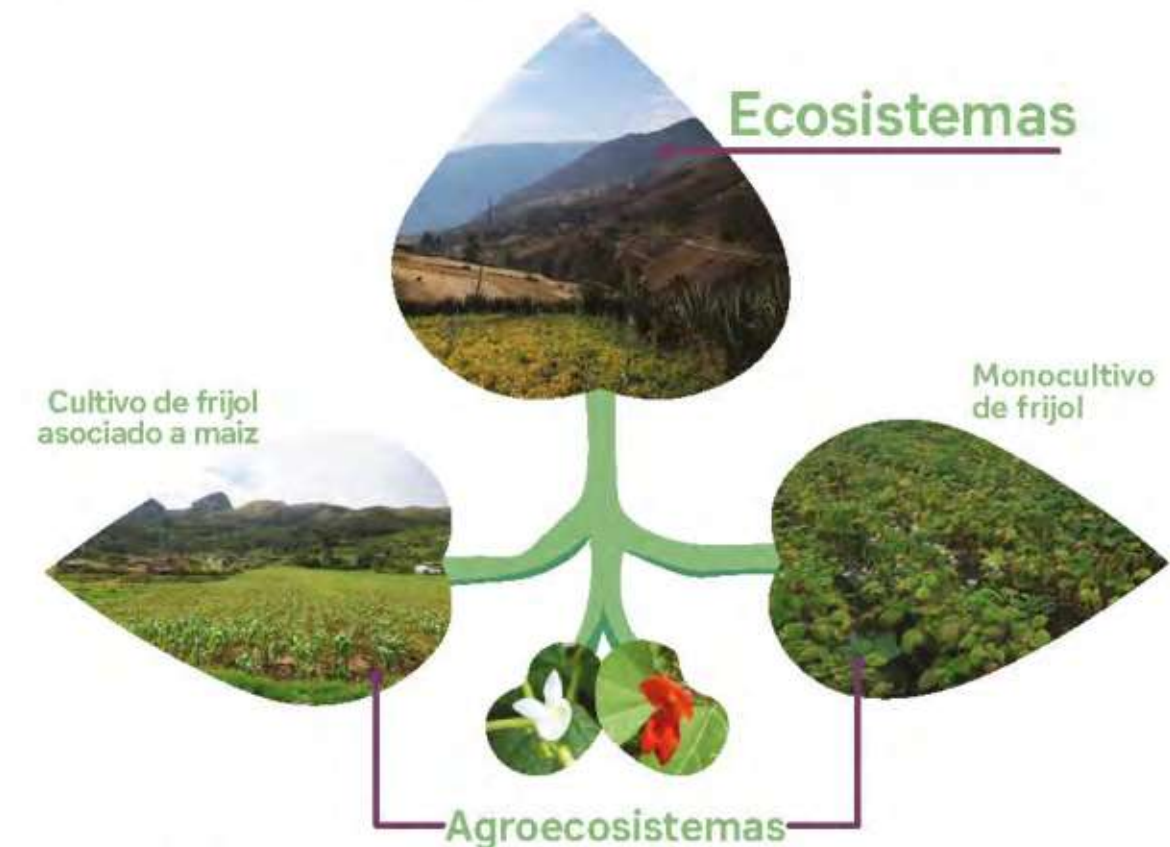


Figura 58. Representación esquematizada del ecosistema y agroecosistema asociado al frijol.

Figura 57. Ecosistema, San Francisco de Sangayalco, Huaytará, Huancavelica.

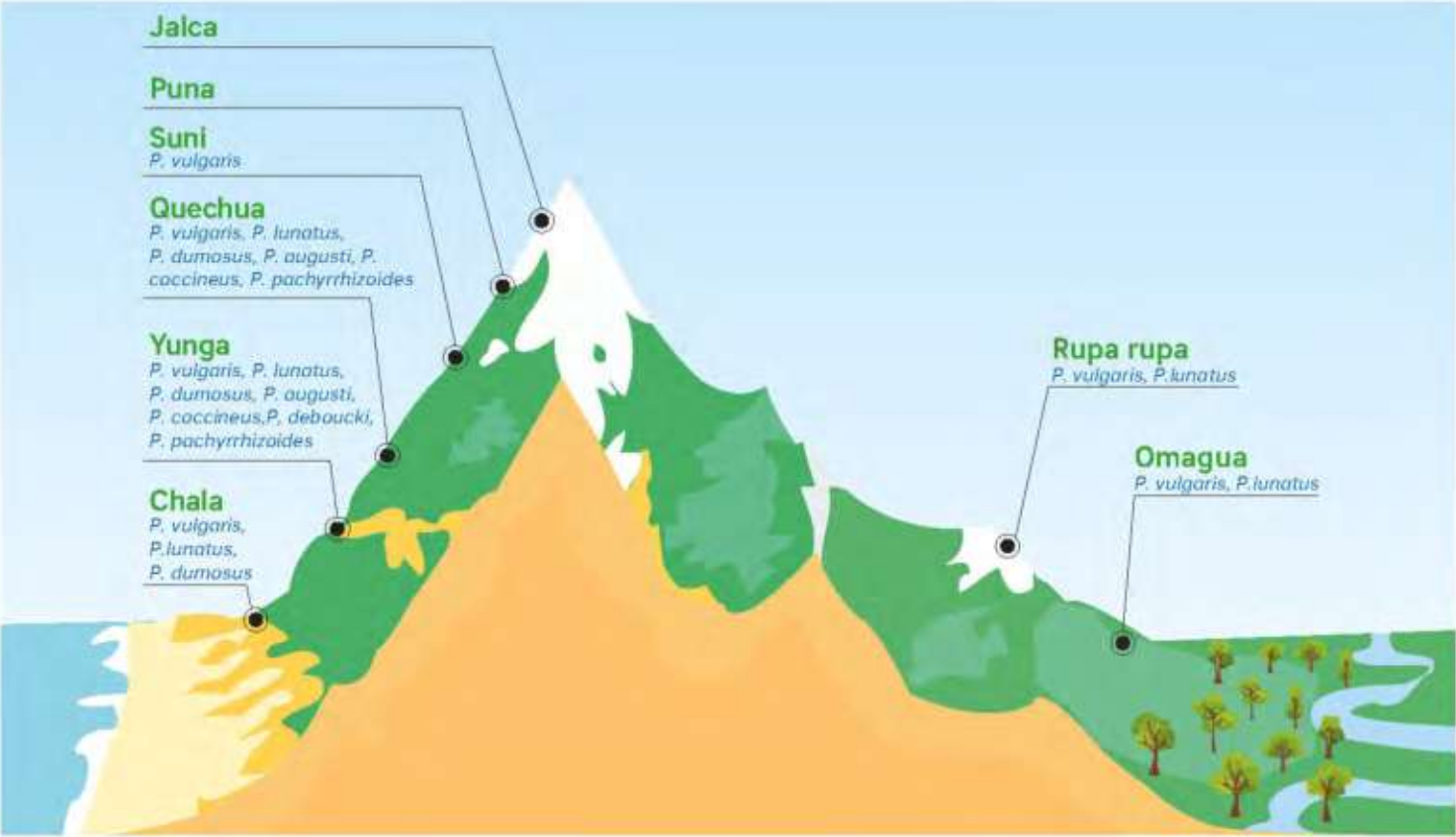


Figura 59. Localización de las Regiones naturales Vertiente Oriental y Occidental de los Andes del Perú (Pulgar Vidal, 2014).

Tabla 11. Número de prospecciones de las especies de *Phaseolus* por regiones naturales.

Región natural	<i>Phaseolus vulgaris</i>	<i>Phaseolus lunatus</i>	<i>Phaseolus dumosus</i>	<i>Phaseolus augusti</i>	<i>Phaseolus coccineus</i>	<i>Phaseolus debouckii</i>	<i>Phaseolus pachyrrhizoides</i>	Total	Cantidad de especies
Chala	135	68	1	0	0	0	0	204	3
Yunga fluvial	148	12	28	4	6	3	2	203	7
Yunga marítima	110	29	8	0	0	3	0	150	4
Quechua	265	11	30	26	10	0	19	361	6
Suni	16	0	0	0	0	0	0	16	1
Rupa rupa	28	5	0	0	0	0	0	33	2
Omagua	91	19	0	0	0	0	0	110	2
Total	793	144	67	30	16	6	21	1077	

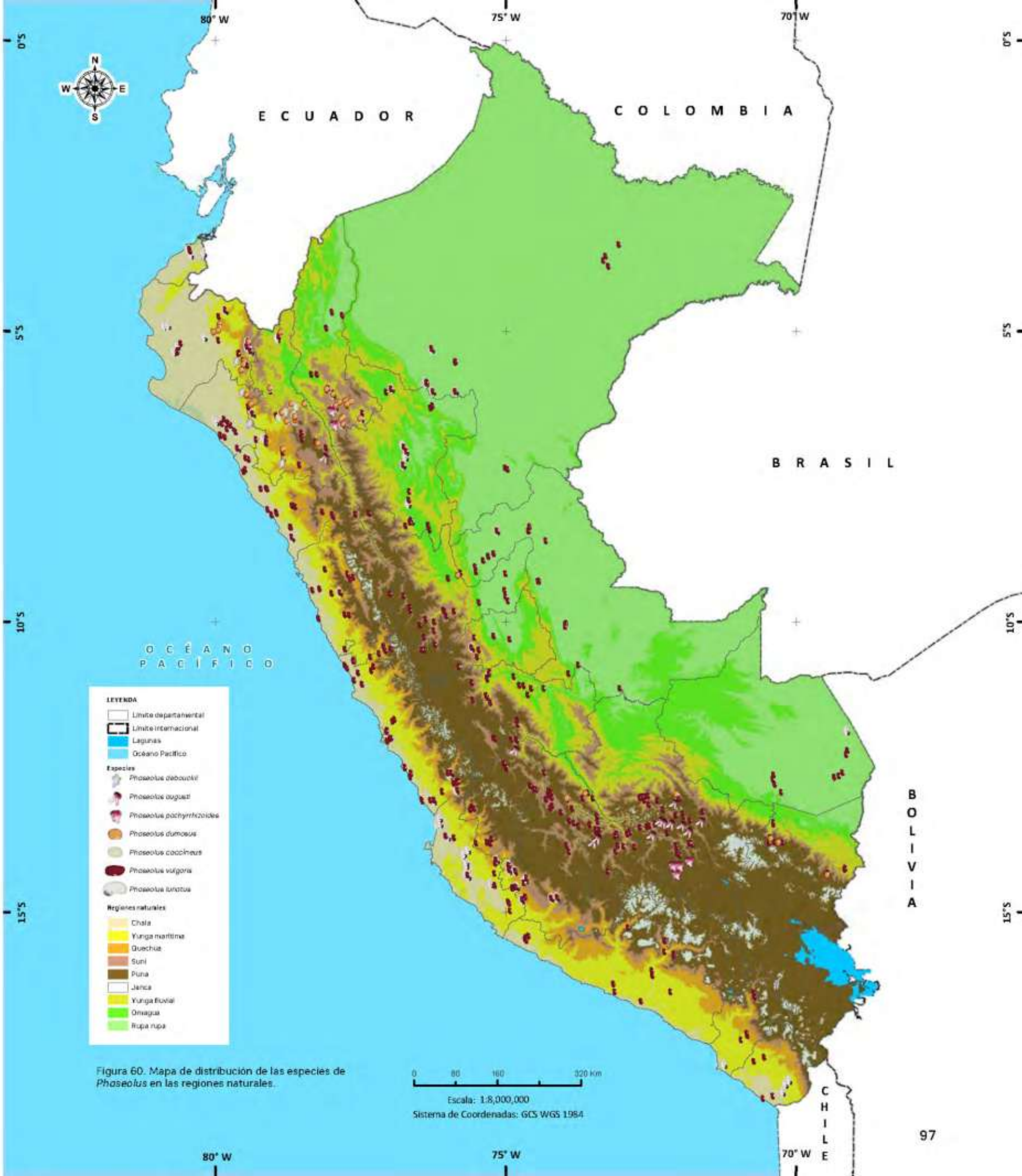


Figura 60. Mapa de distribución de las especies de *Phaseolus* en las regiones naturales.

4.2 Agroecosistemas donde se cultiva frijol y pallar

Los agroecosistemas son espacios físicos que han sido intervenidos por el hombre, en donde se desarrollan diferentes sistemas agrícolas, tales como: cultivos transitorios, silvopastoriles y agroforestales (arbustos y árboles), realizando diferentes prácticas agrícolas en asociaciones de cultivo, monocultivo, mosaicos agrícolas, rotaciones de cultivo, poda y raleo de árboles en barreras vivas.

Para su descripción y caracterización, Tapia (1996) propone una clasificación por zonas agroecológicas que se basa en la nomenclatura utilizada por Pulgar Vidal y la complementa con el conocimiento campesino local, la información sobre la estrecha relación entre el clima (temperatura, humedad, altura), la vegetación natural, los cultivos y las prácticas de cultivo, a partir de los cuales describe seis subregiones y 18 zonas agroecológicas:



Figura 61: Agroecosistema Hachos, Castrovirreyna, Huancavelica.



Figura 62: Ecosistema Limatambo, Anta, Cusco.

Tabla 12. Subregiones y zonas agroecológicas

Subregión		Zona agroecológica	Uso agropecuario
I	Septentrional.	1 Quechua semihúmeda.	Frutales, maíz, lechería.
		2 Ladera baja (suni).	Maíz, vacunos.
		3 Ladera alta (suni).	Papa, cereales, ovinos.
		4 Jalca.	Pastizales, ovinos.
II	Central.	5 Quechua semiárida.	Frutales, papa, maíz, lechería.
		6 Suni altina ladera.	Papa, cereales, ovinos, tubérculos andinos. Esta zona agroecológica se repite en las subregiones: Central y Centro sur.
		7 Puna semihúmeda.	Pastizales, vacunos, ovinos, camélidos. Esta zona agroecológica se repite en las subregiones: Central, Centro sur, Altiplano y Oriental húmeda.
III	Centro sur.	8 Quechua sub árida.	Frutales, maíz, vacunos.
		9 Quechua alta.	Maíz, papa, cereales. Esta zona agroecológica se repite en las subregiones: Centro sur y Occidental seca.
		10 Puna semiárida.	Pastizales, camélidos, ovinos. Esta zona agroecológica se repite en las subregiones: Centro sur, Altiplano y Oriental seca.
IV	Altiplano.	11 Circunlacustre.	Papa, cereales, quinua, vacunos, tubérculos andinos.
		12 Suni altiplano.	Pastizales, ovinos, vacunos.
		13 Janca.	Pastizales, camélidos.
		10 Puna semiárida.	Pastizales, camélidos, ovinos.
V	Vertiente occidental seca.	14 Yunga marítima árida.	Frutales, raíces, lechería.
		15 Quechua árida.	Maíz, cereales, lechería.
		9 Quechua alta.	Maíz, papa, cereales.
		10 Puna semiárida.	Pastizales, camélidos, ovinos.
VI	Vertiente occidental húmeda.	16 Yunga fluvial.	Frutales, caña de azúcar, raíces.
		17 Quechua subhúmeda.	Maíz, vacunos.
		18 Suni (nublada).	Papa, tubérculos andinos.
		7 Puna semihúmeda.	Pastizales, vacunos, ovinos, camélidos.

Fuente: Tapia (1996).

La zonificación agroecológica permite explicar mejor porque existen las variaciones en el uso de la tierra, incluso dentro de una misma comunidad, aclara las diferencias en producción y productividad de los diversos cultivos andinos (Tapia y Fries, 2007), siendo la unidad de producción la chacra, lugar donde se encuentra la mayor diversidad de especies, que está en función de la altitud, tipo de suelo, clima, recurso hídrico, saberes y/o conocimiento de los agricultores.

Tomando como base la zonificación agroecológica se identificaron cinco subregiones donde se encuentra la mayor diversidad de frijol y pallar: norte o septentrional, central, centro sur, vertiente occidental seca, vertiente oriental húmeda. La mayor representatividad de especies se encuentra en las zonas agroecológicas quechua semi húmeda, quechua sub árida y quechua árida (tabla 13). En cuanto a la clasificación agroecológica de la franja costera y la amazonia peruana, aún no ha sido desarrollada.

Tabla 13. Zonas agroecológicas donde se cultiva frijol - pallar y crecen sus parientes silvestres.

n.º	Sub región	Zona agroecológica	Especies	Número de especies	Altitud (m s. n. m.)	Orientación
I	Norte.	Quechua semihúmeda.	<i>P. augusti</i> , <i>P. dumosus</i> , <i>P. vulgaris</i> , <i>P. coccineus</i> , <i>P. debouckii</i> y <i>P. lunatus</i> .	6	1915 - 3169	Interandina.
		Ladera baja	<i>P. vulgaris</i> y <i>P. dumosus</i> .	2		
II	Septentrional.	Quechua semiárida.	<i>P. lunatus</i> y <i>P. vulgaris</i> .	2	1902 - 3718	Interandina.
		Suni altina ladera.	<i>P. vulgaris</i> y <i>P. dumosus</i> .	2		
III	Centro sur.	Quechua subárida.	<i>P. augusti</i> , <i>P. dumosus</i> , <i>P. vulgaris</i> , y <i>P. lunatus</i> .	4	2008 - 3697	Interandina.
		Quechua alta.	<i>P. augusti</i> y <i>P. vulgaris</i> .	2		
V	Vertiente occidental seca.	Yunga marítima.	<i>P. lunatus</i> y <i>P. vulgaris</i> .	2	1995 - 3625	Hacia el océano Pacífico.
		Quechua árida.	<i>P. augusti</i> , <i>P. lunatus</i> , <i>P. vulgaris</i> y <i>P. pachyrrizoides</i> .	4		
VI	Vertiente oriental húmeda.	Yunga fluvial.	<i>P. lunatus</i> y <i>P. vulgaris</i> .	2	1618 - 3946	Hacia la amazonia.
		Quechua subhúmeda.	<i>P. augusti</i> , <i>P. dumosus</i> y <i>P. vulgaris</i> .	3		
		Suni nublada.	<i>P. vulgaris</i> .	1		

El frijol común (*P. vulgaris*) se le ha encontrado cultivado en once zonas agroecológicas (tabla 13, figura 63). Mientras que el pallar (*P. lunatus*) se cultiva en las zonas agroecológicas Quechua semihúmeda, Quechua semiárida, Quechua subárida y Quechua árida (tabla 13, figura 64). Tener en cuenta que el pallar se adapta mejor en la región natural Chala (Costa) donde se encuentran las mayores áreas de producción, especialmente en el departamento de Ica.

El frijol llamado de toda la vida (*P. coccineus*) se ha encontrado cultivado y también en forma silvestre (arvense) en la zona agroecológica Quechua semihúmeda, lo que evidencia su adaptación restringida solamente al norte peruano (tabla 14).

El otro frijol llamado de toda la vida (*P. dumosus*) se le ha encontrado cultivado y también en forma silvestre (arvense) en las zonas agroecológicas Quechua semihúmeda,

Ladera baja, Suni altina ladera, Quechua sub árida y Quechua subhúmeda (tabla 14), mostrando mayor adaptación en relación a *P. coccineus*, pero menor adaptación al frijol común.

Las especies de frijoles silvestres *P. augusti*, *P. debouckii* y *P. pachyrrizoides* crecen en cercos y bosques aledaños a las chacras. *P. debouckii* se le ha encontrado creciendo solamente en la zona agroecológica Quechua semihúmeda del norte peruano. *P. pachyrrizoides* se le ha encontrado creciendo solamente en la zona agroecológica Quechua árida de la vertiente occidental seca. Mientras que *P. augusti* tiene mayor adaptación, al encontrarse en las zonas agroecológicas Quechua semi húmeda, Quechua árida y Quechua subhúmeda, en el norte peruano, al centro sur y en la vertiente oriental húmeda, respectivamente, poniendo en evidencia su mayor adaptación.

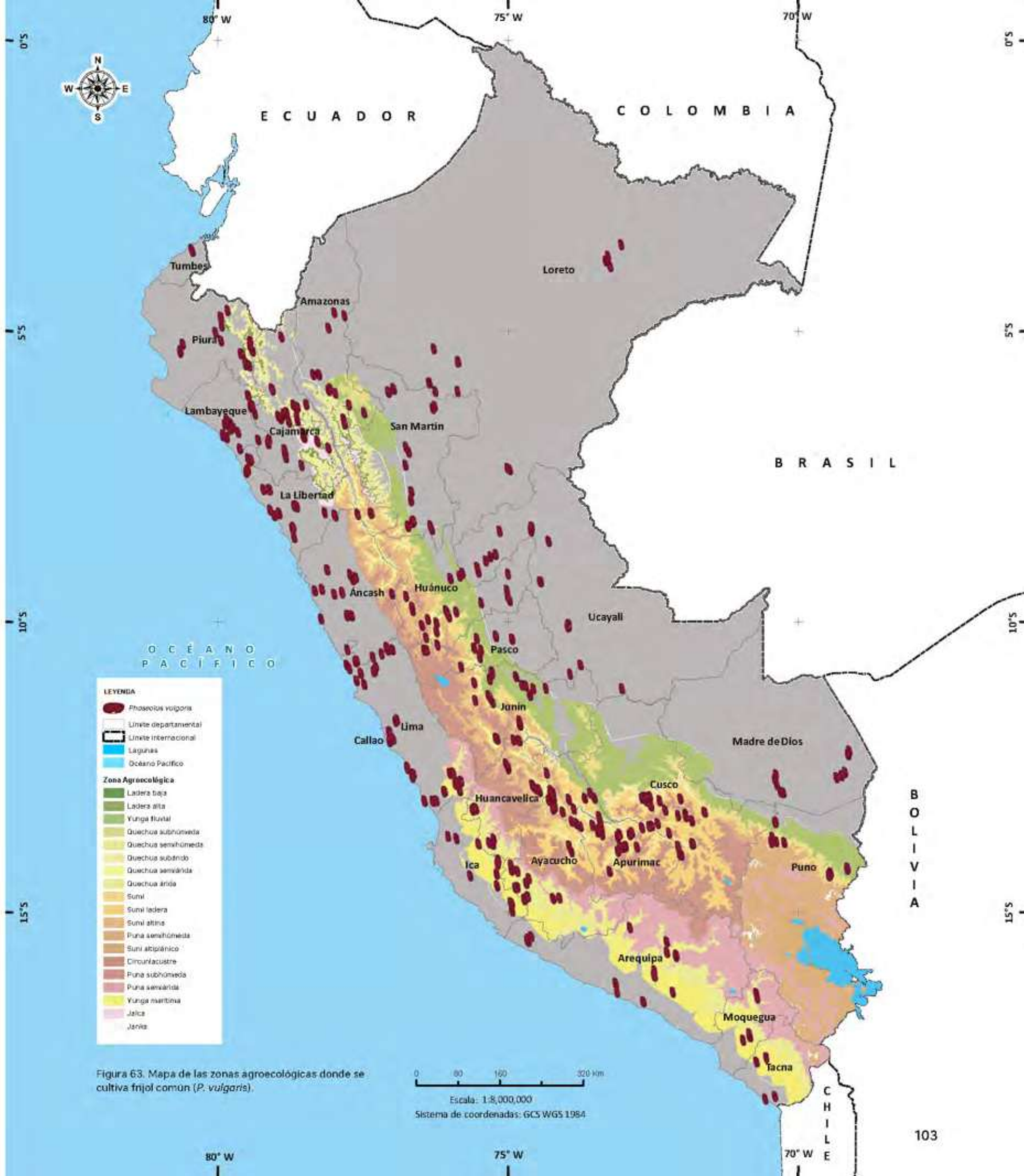


Figura 63. Mapa de las zonas agroecológicas donde se cultiva frijol común (*P. vulgaris*).



A photograph of a farmer wearing a hat and boots, guiding a wooden plow pulled by two brown oxen in a field. The field is being tilled, turning over dark soil. In the background, there is a green hillside with some trees and a stone wall. A large green circular graphic is overlaid on the left side of the image, containing the number 5 and the title text.

5

**Cultivo y conservación
de la diversidad del
frijol y pallar, aspectos
socioeconómicos**

La diversidad de frijol y pallar se cultiva en parcelas, chacras, huertos familiares, jardines, entre otros, generalmente es realizado por las familias de agricultores que aún conservan una herencia cultural antigua, parte de los conocimientos ancestrales y tradicionales adquiridos de generación en generación, se basan en el uso y manejo de la agrobiodiversidad.

Durante la elaboración de la presente línea de base, se constató que actualmente se practica el cultivo migratorio y el uso de terrazas aluviales para la producción de cultivos transitorios como el frijol, de esta manera, aprovechan el conocimiento tradicional del ciclo de agua en la época de abundancia hídrica, con la práctica de la inundación de los campos de cultivo conocido como riego por machaco, realizando la siembra de diferentes cultivos adaptados a su medio como el frijol, pallar, sandía y zapallo.

En el altiplano peruano (región natural Suni) usan los camellones y en la región natural Quechua la baja fertilización de los suelos se supera con el uso intercalado de leguminosas que son especies que aportan nitrógeno al suelo (Chávez y Llerena, 2015).

En cuanto a las prácticas culturales, destaca la asociación y rotación de cultivos en los sistemas productivos, siendo importante transferir conocimientos con base en la ciencia actual como vía de información para identificar nuevos usos de los recursos agrícolas, e implementar estrategias que correspondan a una racionalidad ecológica, socioeconómica y cultural.

Figura 66. Agroecosistema, Impérial, Cañete, Lima.

5.1 Clasificación de la agricultura con fines de bioseguridad

El MINAM (2020) propuso la clasificación de los sistemas de producción agrícola con la finalidad de gestionar la bioseguridad en tres segmentos: la agricultura tradicional, la agricultura orgánica y la agricultura convencional.

La agricultura tradicional se caracteriza por utilizar la mano de obra familiar y las prácticas agrícolas tradicionales e insumos propios. Producen para el autoconsumo y en buenas temporadas pueden vender sus excedentes en el mercado.

Esta agricultura tiende a parecerse a la agricultura orgánica (figura 67), por el uso mínimo de plaguicidas y fertilizantes químicos (Tras100d, 2016). Además, este tipo de agricultura conserva la variabilidad de cultivares nativos y los hábitats de la diversidad de especies silvestres, muchas de estas especies pertenecientes al mismo género botánico, por lo que son considerados parientes silvestres de los cultivos.

La agricultura convencional se caracteriza por realizar siembras en monocultivo, con utilización de maquinaria agrícola, insumos externos como semillas y productos químicos de uso agrícola (fertilizantes y pesticidas), en algunos casos se financian con préstamos del sector financiero formal y la producción es con fines comerciales (Tras100d, 2016).

La agricultura orgánica es un sistema de producción agropecuaria cuyo objetivo principal es alcanzar una productividad sostenida en base a la conservación y recuperación de los recursos naturales, limitando el uso de productos químicos de uso agrícola, ya sea a pequeña o a gran escala (Céspedes y Carbajal, editores, 1999). Esta agricultura está regulada por la Ley n.º 29196, por definición excluye el uso de transgénicos.

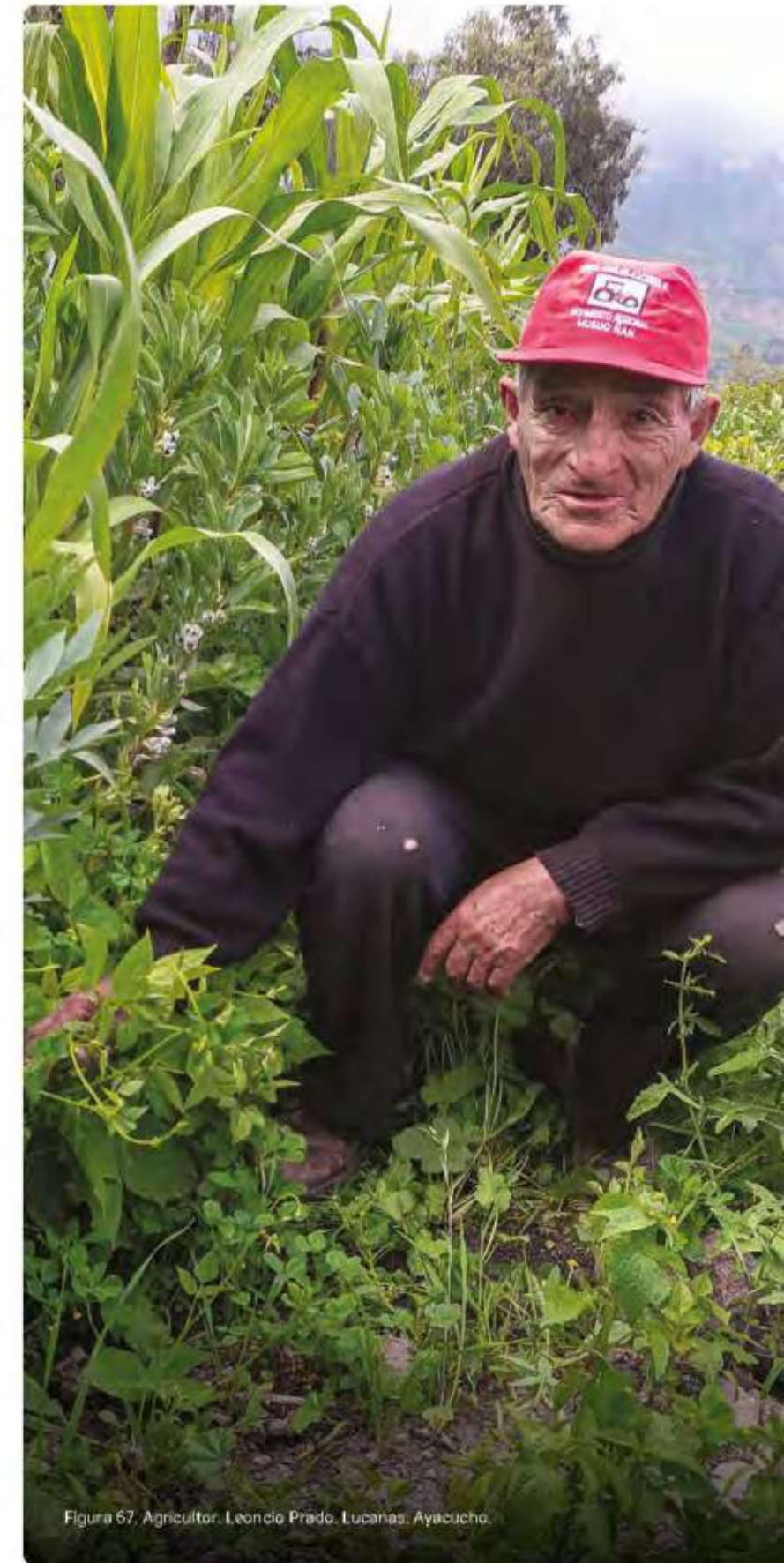


Figura 67. Agricultor, Leoncio Prado, Lucanas, Ayacucho.

5.2 Descripción del agricultor que cultiva la diversidad del frijol y pallar

Es pertinente diferenciar al agricultor que cultiva el frijol o el pallar (convencional) con el agricultor que cultiva la diversidad del frijol y del pallar (tradicional). Para tal efecto se realizaron 668 encuestas a igual número de agricultores que se visitaron durante las prospecciones. Los resultados nos permiten describir las características sobresalientes de los productores que cultivan la diversidad del frijol y el pallar.

El agricultor convencional de frijol y pallar maneja las siembras como monocultivo o cultivo asociado. Las actividades comprendidas en su plan de manejo consideran el calendario de siembra que responde a la disponibilidad

de agua, la elección de cultivares modernos o de alto rendimiento, la preparación del terreno generalmente mecanizada, la fertilización, el control de plagas y malezas con productos químicos de uso agrícola. Su expectativa es vender su cosecha en el mercado.

Por otro lado, el agricultor tradicional generalmente siembra el frijol asociado con maíz y pallar, también a otros cultivos como maíz, papa, haba, yuca, frutales, entre otros, así como también asociados en sistemas agroforestales, en una parte de la totalidad de tierras agrícolas que maneja (figura 68).

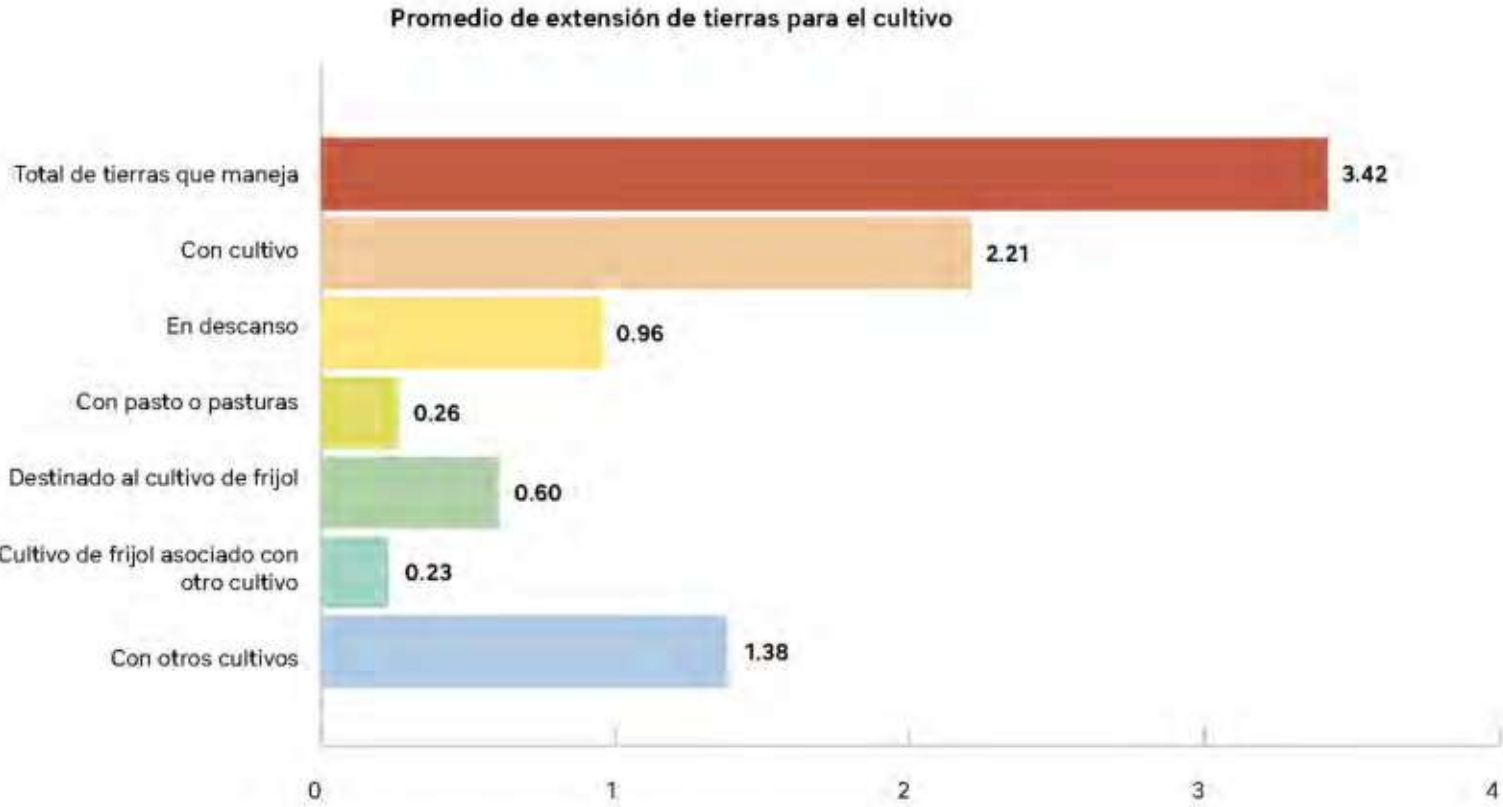


Figura 68. Promedio de extensión de tierras (ha) que maneja el agricultor que cultiva la diversidad de frijol y pallar.

Otra característica de la familia rural que cultiva la diversidad y variabilidad de frijol y pallar es que sus ingresos son de diferentes actividades a lo largo del año (figura 69), moviliza la fuerza de trabajo familiar en las diferentes etapas del cultivo (abuelos, padres, hijos, nietos y bisnietos).

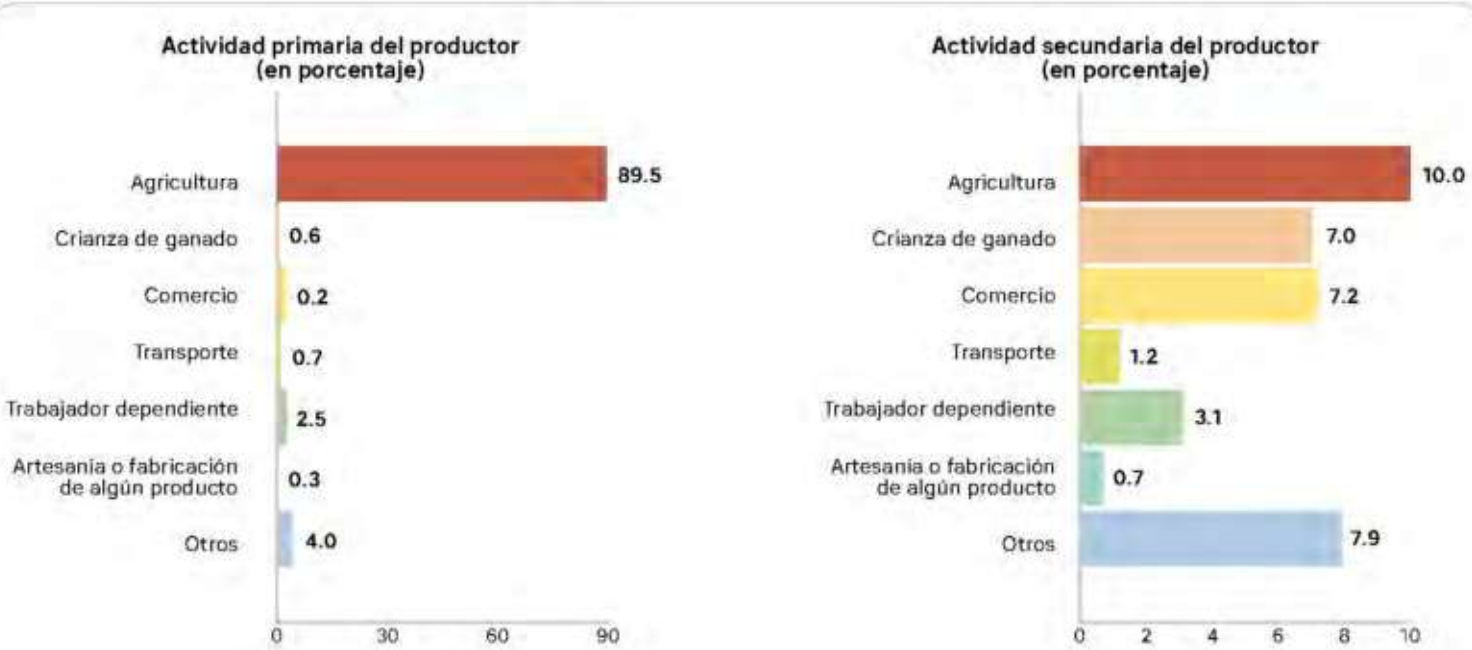


Figura 69. Actividad principal y secundaria del productor (%).

Las actividades comprendidas en su plan de manejo consideran el calendario de siembra que responde al ciclo de las lluvias, utiliza insumos propios como la semilla de distintos cultivares (figura 70) que siembra en mezcla y con abonos orgánicos. Cuando dispone de medios para comprar productos químicos de uso agrícola como fertilizantes y pesticidas también los utiliza.



Figura 70. Fuentes de obtención de semilla de frijol y/o pallar (%).

La preparación del terreno es manual o con yunta. 51.3 % manifestaron practicar el riego por gravedad, cuando disponen de fuentes de agua para riego (figura 71). Todas estas prácticas permiten llegar a la cosecha afrontando las condiciones cambiantes durante el desarrollo del cultivo.

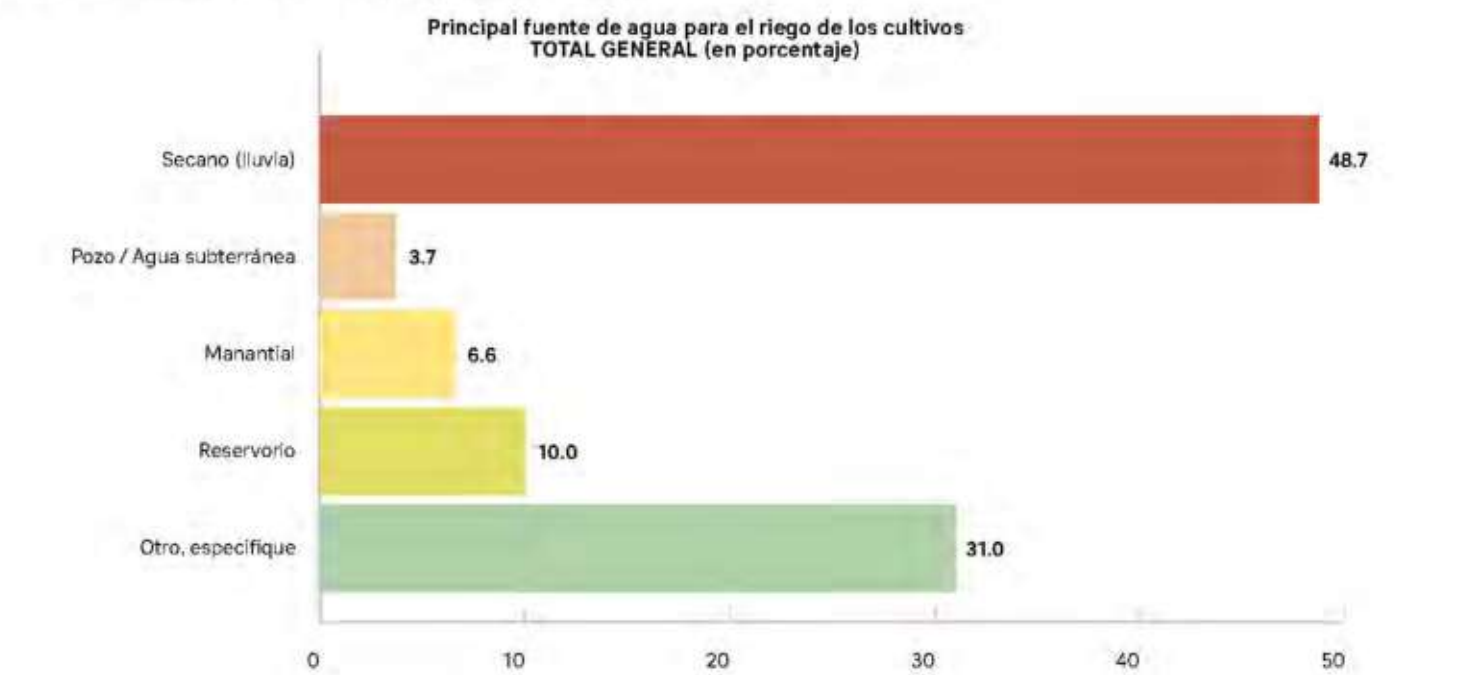


Figura 71. Gráfico de las fuentes de agua para riego (%).

Más de la mitad de su cosecha es para la venta (50.8 %), para su autoconsumo destina el 45.1 % de su cosecha y en menor proporción para la conservación de su semilla (3 %) y para el intercambio (0.3 %) con otros productos (figura 72).



Figura 72. Destino de la producción total de frijol y pallar (%).

Comparando estos resultados del destino de sus cosechas por regiones naturales, constatamos que en la región natural Chala el 77.3 % de los encuestados lo destinan para la venta y en la región natural Quechua contrariamente el destino de su producción es para el autoconsumo (tabla 14).

Tabla 14: Destino de la producción de frijol según región natural.

Región natural	Total	Consumo (%)	Venta (%)	Intercambio (%)	Conservación de semilla (%)	Otros (%)
Chala	206	18.7	77.3	0.1	3.4	0.5
Yunga marítima	63	40.0	53.4	0.4	6.2	-
Quechua	218	61.3	35.5	0.5	2.2	0.5
Suni	28	73.7	22.1	0.2	0.4	3.6
Puna	6	59.0	6.7	-	1.0	33.3
Janca	-	-	-	-	-	-
Omagua	37	43.6	50.2	0.8	4.5	0.9
Rupa rupa	61	64.0	34.3	0.3	1.4	-
Yunga fluvial	49	50.2	46.7	-	3.0	-
Total	668	45.1	50.8	0.3	3.0	0.8

Es evidente que todas estas actividades son formuladas con base al conocimiento del ambiente natural, tales como: clima, suelo, factores bióticos, el estado del propio agroecosistema, la influencia de otros agroecosistemas dentro del ámbito de producción, recursos agrícolas con los que dispone el agricultor y su familia (tierra, mano de obra, y capital), opciones de manejo disponibles y el ambiente socioeconómico (Altieri y Nicholls, 2007).

Los conocimientos y prácticas culturales sobre el cultivo y uso de la diversidad del frijol y el pallar constituyen la base cultural, social y económica que subyace en el sistema de manejo que realizan los productores con base en sus experiencias y conocimientos empíricos (Torres y León, 2017).

Estas prácticas se relacionan con las semillas, desde el manejo o como se obtienen las semillas para la próxima

siembra (figura 70), a partir de la selección de las plantas más vigorosas, que tengan mayor producción con semillas grandes y de mejor apariencia (Izquierdo y Granados, editores, 2007), la limpieza de la semilla después de la cosecha para eliminar impurezas y plagas, secado para disminuir el contenido de humedad y evitar plagas fungosas, adecuado almacenamiento en infraestructura rústica y envases herméticos que crean condiciones anaeróbicas como una alternativa preventiva o provoca la muerte por asfixia de los insectos (Vallejos y Céspedes, 2020).

Merece destacar la siembra y cultivo de semillas en mezcla (figura 73) de diferente periodo vegetativo con la finalidad de reducir los riesgos de pérdidas ante situaciones de falta de agua, incidencia de diversos problemas sanitarios y para obtener cosechas escalonadas. Aprovechando las diferencias de resistencia y tolerancia de cada cultivar (Arbulú et al., 1986).



Figura 73. Semilla en mezcla Frijol, Ayabaca, Piura.

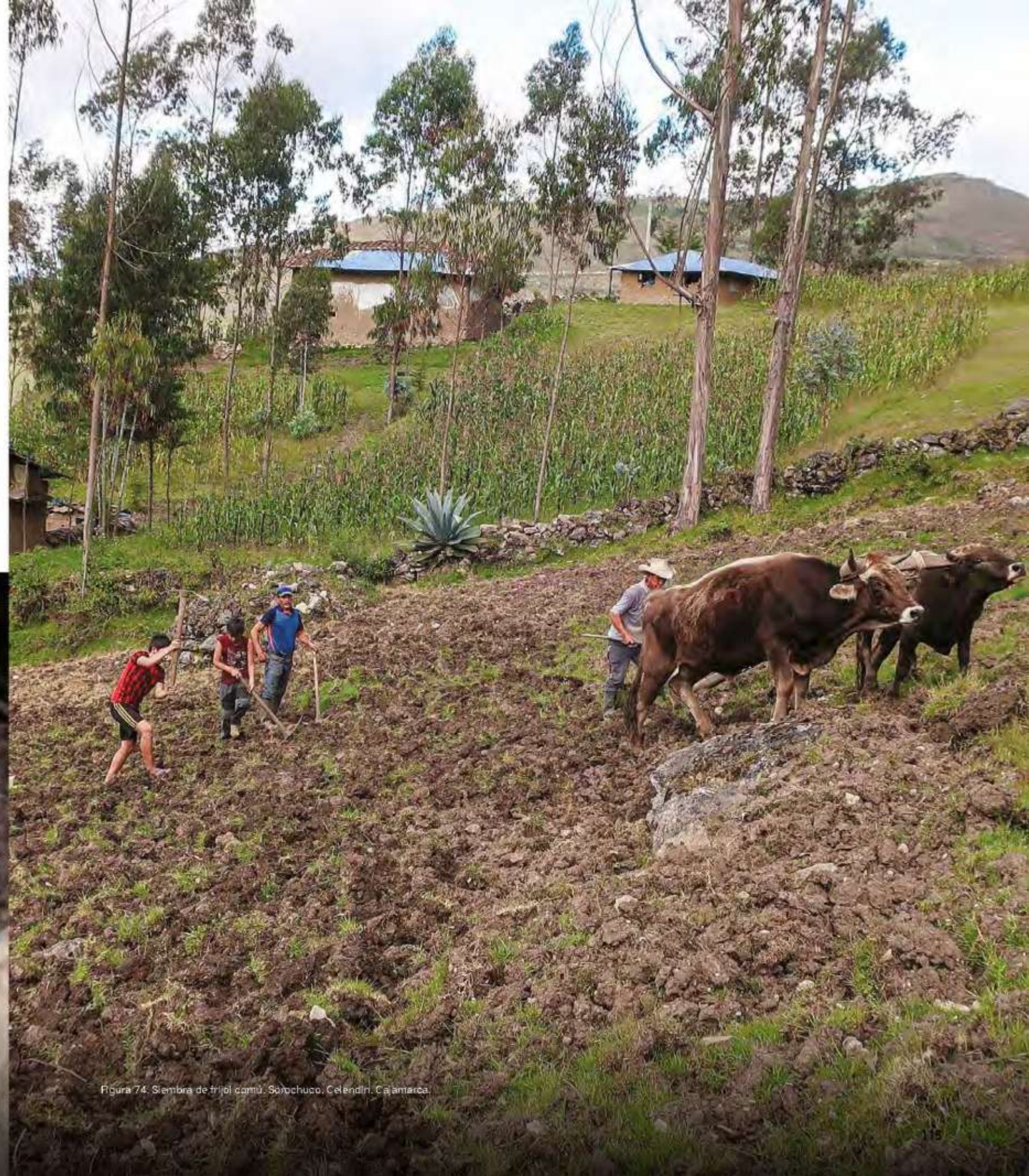


Figura 74. Siembra de frijol común, Sorochuco, Celendin, Cajamarca.

Entre las otras prácticas agrícolas tradicionales se considera la utilización de andenes, el sistema de conducción de agua para afrontar situaciones de sequía (figura 75), la resiembra de cultivos cuando se ven afectados por heladas o fuertes lluvias, la siembra de cultivos en diferentes lugares y en pequeñas áreas para asegurar la cosecha ante eventos meteorológicos adversos, la protección de los cultivos con cortinas rompevientos, la práctica de recurrir a otras comunidades para recuperar la semilla cuando se le pierde, entre otros (Ruiz *et al.*, 2012).

Sin duda, la agricultura está siendo impactada por el cambio climático, las nuevas condiciones ambientales como el incremento o disminución de la intensidad de lluvias, la elevación de la temperatura global y los ciclos estacionales alteran la dinámica de los cultivos (Lozano *et al.*, 2021).

Los impactos negativos del cambio climático en los cultivos del frijol común y el pallar también se ponen en evidencia, 90.1 % de los agricultores encuestados manifiestan el incremento de la incidencia y severidad de las plagas y que hubo alguna degeneración o pérdida de características en el frijol que siembra, 13.6 % de los encuestados consideran que es consecuencia del cambio climático.

Frente al cambio climático los agricultores han desarrollado respuestas llamadas “espontáneas” con el fin de que la producción no se vea afectada por la variabilidad climática. Todos los agricultores encuestados manifestaron que a partir de los diferentes cultivares que disponen (variabilidad) de los cultivos de frijol y pallar están identificando aquellos que se adaptan mejor a las nuevas condiciones del clima.

Figura 75. Agroecosistema. Santiago de Chocorvos. Huaytará. Huancavelica.



5.3 Características socioeconómicas del agricultor que cultiva la diversidad del frijol y pallar

Como se dijo líneas arriba, los encuestados manifestaron obtener ingresos de diferentes actividades principales y secundarias a lo largo del año (figura 69), moviliza la fuerza de trabajo familiar en las diferentes etapas del cultivo (abuelos, padres, hijos, nietos y bisnietos).

Se encontró que sus diferentes actividades de carácter económico giran en torno a la agricultura, a partir de la combinación de estas actividades logran variados ingresos, 12.6 % de los encuestados manifestaron obtener más de 900 soles. Tomando como referencia la definición de pobreza y pobreza extrema del INEI (2022), 25.6 % de los encuestados que dijeron lograr menos de 300 soles al mes se encontrarían en la línea de pobreza extrema (figura 76).

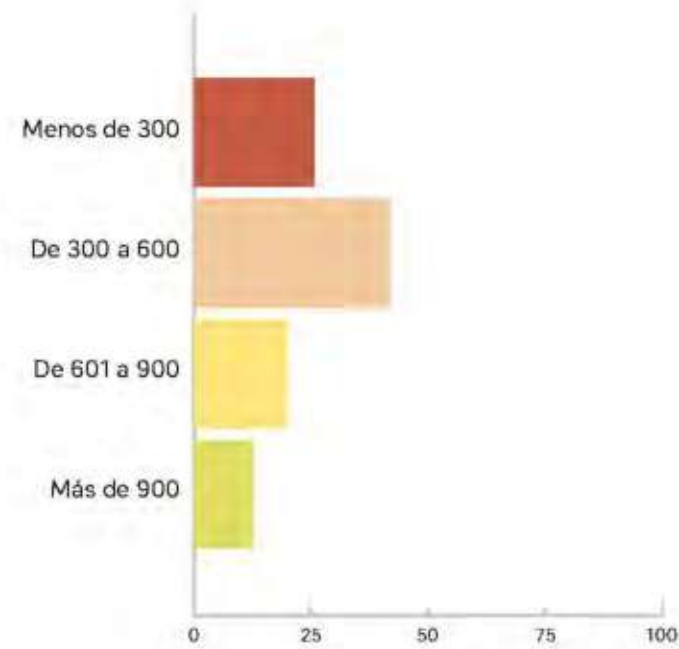


Figura 76. Rango de ingreso mensual (soles) del productor que cultiva la diversidad de frijol y pallar (%).

En el ámbito rural, la pobreza monetaria contrasta de manera significativa con la riqueza en términos de agrobiodiversidad (variabilidad y diversidad de cultivos). Esta realidad constituye una valiosa oportunidad para los sistemas de producción tradicional bajo el principio de la agricultura sostenible, la persistencia de la agricultura tradicional a través de los siglos ha probado su sostenibilidad, sobre todo en países megadiversos como el Perú.

Sin embargo, las deficiencias estructurales como el escaso apoyo financiero (figura 77), aunado a la baja capacitación de los agricultores, deficiencias en infraestructura, son factores que inciden en el desinterés de la población, especialmente en los jóvenes que deciden abandonar el medio rural. De seguir esta tendencia el recambio generacional para la producción agrícola será una preocupación en las próximas décadas.

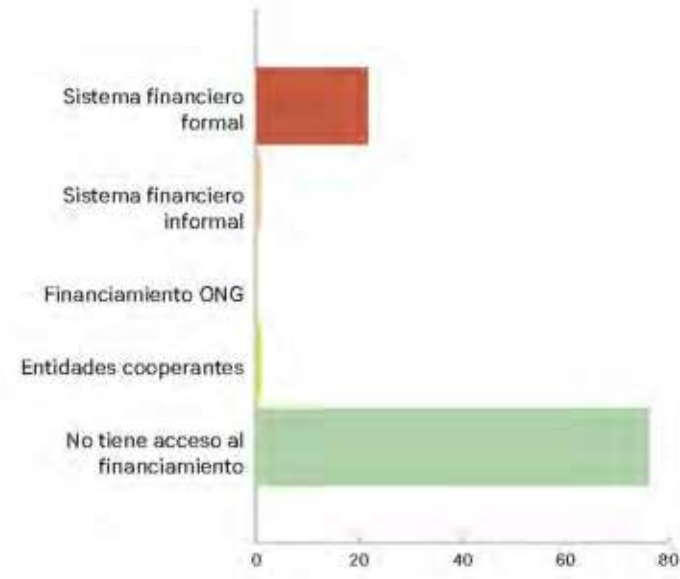


Figura 77. Acceso al crédito (%).

En consecuencia, inquieta la baja participación de jóvenes dedicados a la agricultura en general, las encuestas confirmaron que el manejo y conservación (cultivo) de la diversidad de frijoles y pallares es realizada por adultos mayores (figura 78).

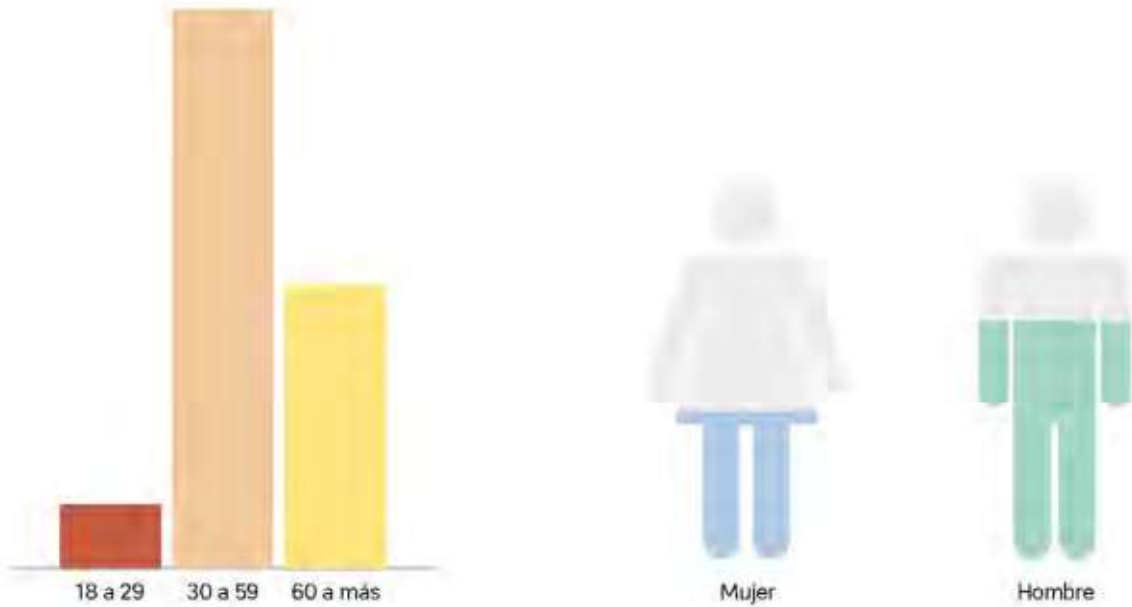


Figura 78. Edad promedio y participación de género del productor que cultiva la diversidad de frijol y pallar (%).

De la población rural, pocos alcanzan la educación superior y en estos ámbitos aún persiste la lengua materna (figura 79). Teniendo en cuenta que otra lengua constituye otro tipo de conocimiento, factor a tomar en cuenta en los programas de desarrollo futuro y en la transferencia de la tecnología de los OVM.

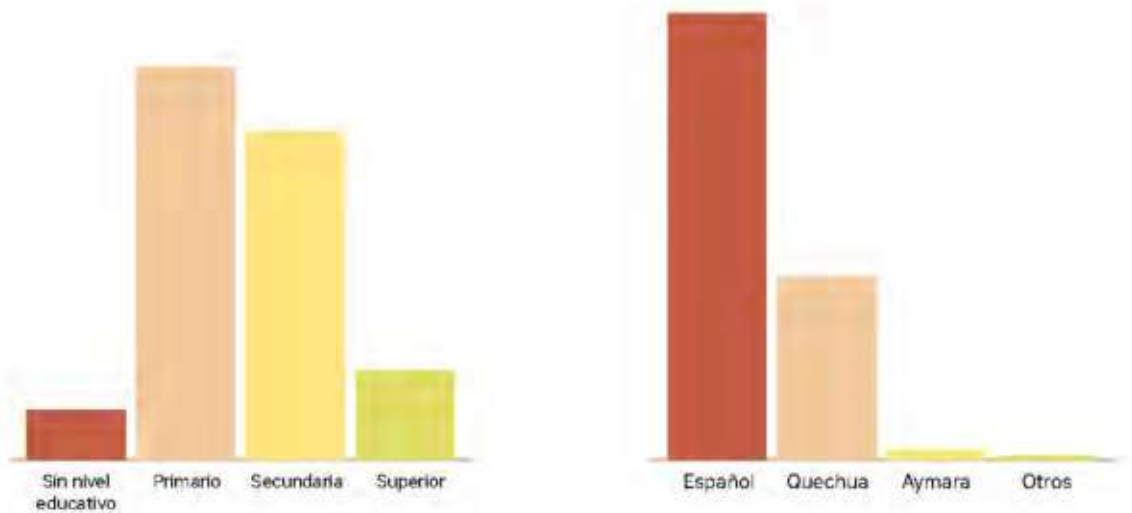


Figura 79. Nivel educativo y lengua materna (%).



Figura 80. Agricultoras en invernadero. San Cristóbal, Lucanas, Ayacucho.



Figura 81. Agricultor arando la tierra. Nuevo Imperial, Cañete, Lima.

A photograph showing two women and a young child sitting on a green and black patterned cloth on a grassy field. The woman on the left wears a purple sweater and a green shawl. The woman on the right wears a blue sweater and a large white hat. The child is wearing a light blue shirt and a red skirt. They are all focused on sorting through a large pile of white beans on the cloth. A small blue bowl is also visible. In the background, there is a red piggy bank and some other objects on the grass.

6

**Lineamientos para la
conservación de la
diversidad del frijol,
pallar y sus parientes
silvestres**

6.1 Conservación de la diversidad

La producción del frijol común y del pallar para la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible son influenciados por procesos globales como la degradación y pérdida del hábitat, contaminación y el cambio climático (Pérez-García, 2020), que hace suponer pérdida de diversidad. Según la FAO (2010) en el siglo XX se habría perdido el 75 % de la diversidad de los cultivos.

Sin embargo, la elaboración de la presente línea de base revela que la diversidad del frijol común, los frijoles llamados toda la vida, el pallar y sus parientes silvestres se encuentra en sus formas cultivadas y silvestres, según corresponda, siendo prioridad conocer más y mejor esa diversidad, por ejemplo, el frijol toda la vida *P. coccineum* se habría introducido recientemente, lo que aumenta la riqueza de especies, lo que no se sabe es la abundancia de cada especie silvestre de *Phaseolus* presente en el territorio, puesto que los hábitats donde crecen se encuentran presionados por la expansión de las carreteras y ciudades.

Ante este panorama se proponen estrategias para gestionar la conservación de la riqueza genética del frijol, el pallar y sus parientes silvestres en nuestro país, que también pueden ser aplicados para el aprovechamiento sostenible de la diversidad de otros cultivos.

La conservación *in situ* de la diversidad del frijol común, los frijoles llamados de toda la vida y el pallar ocurre en los sistemas tradicionales de cultivos como las chacras, huertos familiares y jardines, en cuanto a sus parientes silvestres

se les ha encontrado en los ecosistemas, fuera y dentro de las ANP como por ejemplo en el Santuario histórico Machu Picchu, en el cual se evidenció la presencia del género *Phaseolus* (figura 81).

Figura 82. Campo de cultivo. Huancargui, Castilla, Arequipa.

Figura 83. Santuario histórico de Machu Picchu, Urubamba, Cusco.

El fortalecimiento de la conservación *in situ* involucra la recreación del intercambio tradicional de semillas en eventos agropecuarios como ferias, concursos de semillas, entre otros (INIA, 2007), la asignación de diferentes incentivos a los agricultores por el servicio de conservación, recuperación y uso sostenible de estos recursos genéticos que son patrimonio de la nación y la búsqueda o creación de mercados alternativos que incorpore en el precio el valor de la conservación.

La conservación *ex situ* consiste en el mantenimiento de la diversidad fuera de sus hábitats naturales (Engle, 1992 como se citó en Jaramillo y Baena, 2000). Esta mo-

dalidad o estrategia de conservación se realiza mediante diferentes centros de conservación *ex situ*, entre ellos los bancos de germoplasma que son espacios diseñados para evitar que se pierda la diversidad genética de especies de plantas cultivadas y silvestres (Alvear, 2021) y herbarios donde se conservan colecciones de muestras botánicas, desecadas y prensadas, que representan el patrimonio vegetal de una localidad, región o país (Moreno, 2007). En los museos de historia natural también se conservan y exhiben las colecciones de la fauna o diversidad de animales con el fin de generar conocimiento científico e impartirlo a todo nivel.

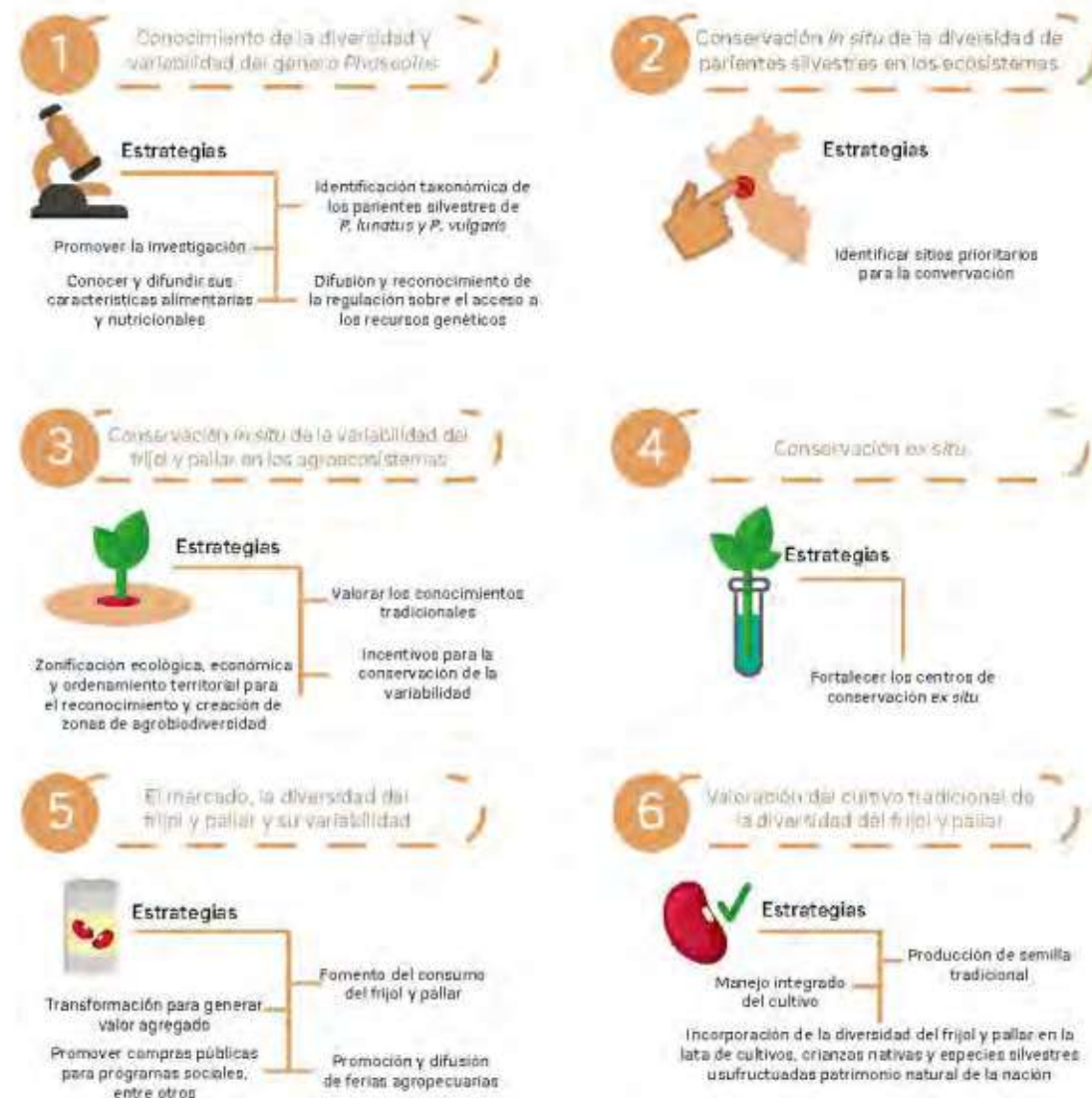


Figura 84. Variabilidad de semillas de pallar (*P. lunatus*), distrito Sandoz, provincia Huancabamba, departamento Piura

Como parte de las estrategias propuestas y que pueden ser monitoreadas está el fortalecimiento de los centros de conservación *ex situ*, por ejemplo, entre los resultados de la elaboración de la línea de base de la diversidad del frijol, el pallar y sus parientes silvestres en el Perú con fines de bioseguridad, el MINAM ha entregado al INIA 165 muestras de germoplasma de especies cultivadas y silvestres del género *Phaseolus*, con su respectiva información de datos de pasaporte, para su conservación y posterior caracterización. Asimismo, el MINAM ha depositado en el herbario HCEN de la Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente de la Universidad Nacional del Centro del Perú, 107 muestras herborizadas de las especies cultivadas y silvestres del género *Phaseolus* para su conservación y estudio (figura 83).

Por otro lado, los conocimientos tradicionales son aquellos saberes que poseen los pueblos sobre las relaciones y prácticas con su entorno, los cuales se han transmitido de forma oral por sus antepasados de generación en generación y gracias a ello las tradiciones aún persisten en la actualidad (Torres y León, 2017). Estos saberes son intangibles e integrales, por lo que constituyen el patrimonio intelectual colectivo de los pueblos y forman parte de sus derechos fundamentales (De la Cruz *et al.*, 2005, como se citó en Ibañez *et al.*, 2020).

La conservación de la diversidad es concomitante con la conservación de los conocimientos tradicionales asociados a esta diversidad, por lo que es importante conservar dichos conocimientos tradicionales, que es un factor para preservar, mantener e incluso incrementar la diversidad biológica a través del tiempo.

Sin duda, los conocimientos tradicionales son la fuente vital de información para identificar los usos de los recursos genéticos de los cuales la humanidad puede beneficiarse en su conjunto (Secretaría del Convenio de la Diversidad Biológica [SCDB], 2011).



Figura 85. Muestras herborizadas entregadas al HCEN.

6.2 Mejoramiento genético

Es una práctica que se ha llevado a cabo desde que se originó la agricultura con el fin de obtener cosechas que permitan satisfacer las necesidades de las poblaciones (Cravero *et al.*, 2011 como se citó en Méndez y Garro, 2018). La selección de semillas y cruzamientos han sido las técnicas usadas, hasta que, en las últimas décadas, surgió el desarrollo de la biotecnología moderna y la ingeniería genética, a través de las cuales se vienen obteniendo plantas con características deseadas (Méndez y Garro, 2018). La importancia del mejoramiento genético radica en eliminar aquellas características no deseadas. Para ello utiliza hibridaciones y métodos de selección para obtener variedades que permitan disminuir pérdidas en la cosecha, incrementando la resistencia a plagas y enfermedades, crear cultivos tolerantes que eviten la propagación de patógenos resistentes al uso de productos químicos (Nakayama *et al.*, 2018), así como también mejorar niveles nutricionales en los cultivos generados.

Muchos cultivos y parientes silvestres del frijol común crecen en regiones con condiciones ecológicas extremas, por ejemplo en zonas áridas de Perú, Bolivia y Argentina; la diversidad que estas condiciones han generado

convierten a los parientes silvestres en un importante recurso disponible para el mejoramiento genético para hacer frente al cambio climático, como lo han demostrado Cortés y Blair (2018), al relacionar marcadores genéticos con índices bioclimáticos de sequía en parientes silvestres de frijol común.

Además de los esfuerzos internacionales que se están realizando para identificar los genes del frijol que respondan mejor al estrés abiótico originado por el cambio climático, en el Perú desde 1940 hasta el año 1998, se evidenció un arduo trabajo de mejoramiento genético del frijol, las características buscadas fueron el rendimiento, tamaño, precocidad, estacionalidad, resistencia a plagas y enfermedades, estrés por factores abióticos, entre otros (Voysest, 2000). Este trabajo continúa con las liberaciones periódicas de cultivos mejorados realizados por la UNALM y el INIA, este último ha liberado el frijol INIA 439 COSTACEN (*P. vulgaris*), el cual posee tolerancia al estrés hídrico provocado por el cambio climático y resistencia al virus del mosaico común. Este nuevo cultivo contribuye con la seguridad alimentaria, la sostenibilidad de los productores agrarios y la economía del país (INIA, 2020).

6.3 Gestión de la Bioseguridad

Con el advenimiento de la biotecnología moderna, los OVM comúnmente conocidos como transgénicos, son organismos vivos a los cuales se les ha incorporado una característica nueva, que es propia de otro organismo, por ejemplo: resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a herbicidas y a condiciones adversas (sequías, heladas y salinidad), producción de sustancias farmacéuticas, nutricionales, entre otros. Esto se realiza en laboratorios mediante la ingeniería genética (MINAM, 2017).

Con la finalidad de evitar o disminuir los impactos negativos de los OVM hacia el medio ambiente y la salud, los estados adoptan medidas de bioseguridad con procedimientos técnicos y legales que permiten reducir o eliminar los riesgos asociados con el uso de OVM sobre el ambiente, la diversidad biológica y la salud humana (MINAM, 2017).

Según el Protocolo de Cartagena (2000) la bioseguridad de la biotecnología moderna se concentra en los movimientos transfronterizos de cualquier OVM y que pueda impactar negativamente sobre la biodiversidad.

En su Anexo III detalla la metodología de evaluación de riesgos, cuyo objetivo es determinar y evaluar los posibles efectos adversos de los OVM en la conservación y utilización sostenible de la diversidad biológica en el probable medio receptor.

De acuerdo a ISAAA (2020), Embrapa (Brasil) ha desarrollado un evento transgénico para el frijol común resistente al virus mosaico dorado del frijol (BGMB). Este evento cuenta con autorización de liberación comercial desde el año 2011 y después de una década ha llegado al mercado para su comercialización (Norero, 2021).

Entre otras experiencias realizadas con OVM podemos mencionar la registrada en México. Espinosa *et al.* (2019) realizaron la transformación genética del frijol común cultivar Flor de Mayo Anita, con el gen defensina (pdf1.2) de *Arabidopsis thaliana*, confiriéndole la protección contra hongos fitopatógenos. Este evento aún no cuenta con autorización para ser liberado al mercado.

Ante una probable liberación de OVM al ambiente, se requiere de una preparación previa para la protección de recursos genéticos en general y las especies del género *Phaseolus* en particular, que incluye realizar investigaciones sobre cómo podría verse afectada la diversidad por el ingreso de esta tecnología (Carhua y Huancas, 2021).

Los probables eventos OVM que podrían ser liberados en nuestro territorio corresponden generalmente al frijol común (*P. vulgaris*), por lo que se requiere contar con estudios de caracterización de accesiones de esta especie, aunque es autógama la probabilidad de cruzabilidad dentro del acervo genético primario es alta, con el consecuente riesgo de flujo genético del OVM, es recomendable realizar pruebas de cruzabilidad para determinar la capacidad de introgresión del gen en las poblaciones nativas.

Entre las medidas de bioseguridad para minimizar los riesgos de los OVM, Espinosa *et al.* (2019) recomiendan establecer barreras vivas con cultivos de frijol común convencional y el desfase fenológico entre el frijol común convencional con el frijol común que contiene el evento OVM, para evitar el flujo de polen, además caracterizar los microorganismos del suelo antes, durante y después de la liberación del OVM al medio ambiente, así como identificar plantas voluntarias después de la cosecha.

La agricultura ha contribuido a crear y conservar una variedad de hábitats culturales (agroecosistemas), que son parte de los paisajes existentes y que acogen riqueza faunística, además, sustenta la riqueza cultural.

La agricultura no solo involucra la producción de alimentos, a lo largo del proceso de producción de alimentos se dan procesos como el uso indiscriminado de plaguicidas y fertilizantes, prácticas incorrectas de drenaje o de riego, un alto grado de mecanización, o una utilización inadecuada de la tierra que pueden afectar el entorno natural, la salud, o pueden provocar la degradación ambiental (FAO y OMS, 2004).

El crecimiento poblacional trae como consecuencia el aumento en la demanda de alimentos, el desafío para la agricultura es producir más alimentos para evitar el incremento de los precios para el consumidor, lo que conlleva a la utilización de todo tipo de tecnologías, entre ellas la biotecnología moderna.

Sin embargo, los esfuerzos científicos y tecnológicos pueden verse frenados por el desconocimiento de los agricultores en el uso de las tecnologías, entre ellas la biotecnología moderna, sobre todo si consideramos las tradiciones de conservación, como es la obtención e intercambio de semillas que convierten a los agricultores en agentes de flujo genético. Como resultado de las encuestas realizadas, el desconocimiento sobre los OVM entre los agricultores peruanos es aún grande, más del 90 % de los encuestados manifestaron no conocer qué es un OVM.

Con la promulgación de la Ley n.º 31111, se amplía la vigencia de la Ley n.º 29811, por ende, amplía la vigencia de la moratoria al ingreso y liberación al ambiente de OVM al territorio nacional por un período adicional de 15 años (hasta el 31 de diciembre del año 2035).

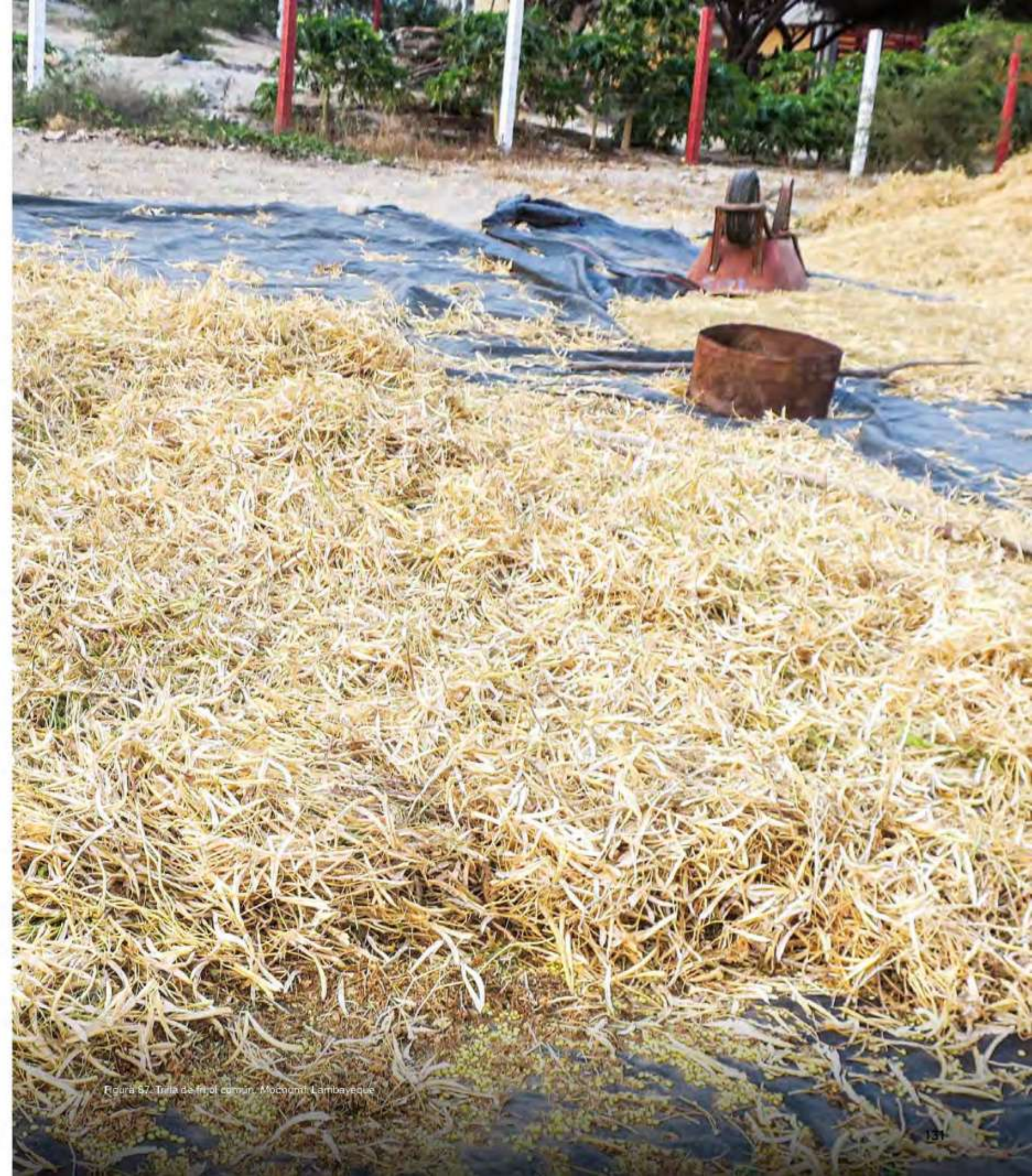


Figura 57. Tira de frijol común, Mochumi, Lambayeque



Figura 88. Frijol caballero, Huangascar, Yauyos, Lima.

Este período ampliatorio de la moratoria al ingreso de los OVM que podrían ser liberados al ambiente con fines de crianza o cultivo, es una nueva oportunidad de trabajo articulado entre las instituciones involucradas en el ejercicio de los análisis de riesgo ante las posibles solicitudes de liberación al ambiente de OVM, también es oportuno para el desarrollo de capacidades nacionales en materia de biotecnología y bioseguridad, que garanticen la conservación y utilización sostenible de la agrobiodiversidad del frijol, del pallar y sus parientes silvestres.

Oportunidad que se espera sea extensivo a los agricultores, que son depositarios del conocimiento de las prácticas agrícolas milenarias como la domesticación de especies, generadora y regeneradora de diversidad, para quienes es conveniente encontrar alternativas a los OVM que fortalezcan la tradición que permita mantener y conservar la riqueza genética de la biodiversidad (figura 87).

Las instituciones a nivel nacional, específicamente los organismos del Estado encargados de realizar los análisis de riesgo de las solicitudes de liberación al ambiente de OVM, entre ellos el MINAM como rector de la bioseguridad, el Minsa y su adscrito (Digesa), el Produce y su adscrito (Imarpe) y el Midagri con sus organismos adscritos (INIA y Senasa), tienen la responsabilidad de generar instrumentos regulatorios que permitan de un lado velar, por la bioseguridad de la biotecnología moderna y de otro, canalizar esfuerzos a favor de encontrar alternativas a los OVM con base en la utilización sostenible de la riqueza genética, entre otros, del frijol, el pallar y sus parientes silvestres.



Figura 89. Agricultora mostrando semillas de frijol común (*P. vulgaris*), Llauta, Lucanas, Ayacucho.

BIBLIOGRAFÍA

- Alejo, G., Zamar, M. I., & Contreras, E. F. (2019). Diversity and functional groups of arthropods in greenhouse crop of *Chrysanthemum morifolium ramat.* (Asterales: Asteraceae) from Jujuy, Argentina. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 78(1), 22-35. <https://doi.org/10.25085/rsea.780103>
- Altieri, M., & Nicholls, C. I. (2007). *Biodiversidad y manejo de plagas en agroecosistemas*. Google Books. https://books.google.com.pe/books/about/Biodiversidad_y_manejo_de_plagas_en_agro.%20htm-l?id=nRjLGJhQ7yWC&printsec=frontcover&source=kp_read_button&hl=es-419&redir_%20esc=y#v=onepage&q&f=false
- Alvear Murillo, D. A. (2021). *Reconocimiento de la importancia y uso de bancos de germoplasma como fuente de genes para el mejoramiento genético de especies vegetales* [Tesis]. Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9376/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000157.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Araus Cavallini, L. F. (2011). *Fitopatología, un enfoque agroecológico* (Segunda edición). Universidad de Costa Rica. https://books.google.com.pe/books?id=I6jDW5HI9BAC&printsec=frontcover&dq=fitopatolog%C3%ADa&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=fitopatolog%C3%ADa&f=false
- Arbulú Diaz, P., Ruíz de Londoño, N., & Pachico, D. (1986). *Diagnóstico de la producción de frijol en la provincia de Chota, departamento de Cajamarca, Perú: Documento de Trabajo N° 12*. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Arenas, J., Carpio, F., & Guillermo, J. (2005). Flora fúngica de la rizosfera de *Phaseolus lunatus* «pallar» en Ica, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 12(3), 441-444. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332005000300012&lng=es&tling=es
- Baena, M., Jaramillo, S., & Montoya, J. E. (2003). *Material de apoyo a la capacitación en conservación in situ de la diversidad vegetal en áreas protegidas y en fincas*. Bioversity International. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/104363>
- Bellucci, E., Bitocchi, E., Rau, D., Rodríguez, M., Biagetti, E., Giardini, A., Attene, G., Nanni, L., & Papa, R. (2013). Genomics of origin, domestication and evolution of *Phaseolus vulgaris*. En *Springer eBooks* (pp. 483-507). https://doi.org/10.1007/978-94-007-7572-5_20
- Camarena Mayta, F., Huaranga Joaquin, A., & Mostacero Neyra, E. (2009). *Innovación tecnológica para el incremento de la producción de frijol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. <https://isbn.cloud/9789972500930/innovacion-tecnologica-para-el-incremento-de-la-produccion-de-frijol-comun-phaseolus-vulgaris-l/>
- Camarena Mayta, F., Chura Chuquija, J., & Blas Sevillano, R. H. (2014). *Mejoramiento genético y biotecnológico de plantas*. UNALM/AGROBANCO.
- Carhua Ponce, A. R., & Huancas Oblitas, W. (2021). *Estudio de biología floral de frijol Bayo Phaseolus vulgaris L con fines de conservación de su biodiversidad, Morales, Perú* [Tesis]. Universidad Peruana Unión.
- Carrillo, C. (2015). Manual de plagas del cultivo de frijol Caupí. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3971.3121>
- Castillo, P. (2013). *Plagas del cultivo de frijol caupí*. Universidad Nacional de Tumbes. Facultad de Ciencias Agrarias. Escuela Académico Profesional de Agronomía. Departamento Académico de Sanidad Vegetal y Producción Pecuaria.
- Céspedes L., C., & Carbajal M., P. (Eds.). (1999, junio). *Agricultura orgánica*. Biblioteca Digital INIA. Recuperado 14 de octubre de 2023, de <https://hdl.handle.net/20.500.14001/28432>
- Chacón-Sánchez, M. I., Martínez-Castillo, J., Duitama, J., & Debouck, D. G. (2021). Gene flow in *Phaseolus* beans and its role as a plausible driver of ecological fitness and expansion of cultigens. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9. doi.org/10.3389/fevo.2021.618709
- Chacón-Sánchez, M. I., & Martínez-Castillo, J. (2017). Testing domestication scenarios of lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) in Mesoamerica: Insights from Genome-Wide Genetic markers. *Frontiers in Plant Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.01551>
- Chauca Iparraguirre, G., Beresford-Jones, D., Pullen, A., Arce Torre, S., & French, C. (2018). Los orígenes del sedentarismo en el valle de Ica: excavaciones en el sitio Precerámico Medio (6485 a 5893 cal AP) de la Yerba III. En *III Congreso Nacional de Arqueología* (Vol. i). Ministerio de Cultura. <http://www.congresoarqueologia.cultura.gob.pe/>
- Chaves-Barrantes, N. F., Araya-Villalobos, R., & Debouck, D. G. (2014). Cruzamiento natural en frijol común en Costa Rica. *Sistema de Información Científica Redalyc*, 25(1), 23-33. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/14490/13772>
- Chávez Rabanal, J. E. (2017). *Proximidad filética, valoración taxonómica y sistemática de tres especies del género Phaseolus: P. vulgaris, P. coccineus y P. polyanthus*. Recuperado 14 de octubre de 2023, de <https://revistas.unc.edu.pe/index.php/Caxamarca/article/view/25>
- Chávez La Torre, L. X., & Llerena Ortega, C. L. (2015). *Inventario de tecnologías agrícolas tradicionales y modernas de adaptación al cambio climático en la zona andina del Perú* [Trabajo de titulación]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Cortés, A. J., & Blair, M. W. (2018). Lessons from Common Bean on how wild relatives and landraces can make tropical crops more resistant to climate change. En *InTech eBooks*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.71669>
- Cruz Balarezo, J., Camarena Mayta, F., Baudoin, J.-P., Huaranga Joaquín, A., & Blas, R. (2009). Evaluación agromorfológica y caracterización molecular de la ñuña (*Phaseolus vulgaris* L.). *Idesia*, 27(1). <https://doi.org/10.4067/s0718-34292009000100005>
- Debouck, D. G. (2021). *Phaseolus* beans (Leguminosae, phaseoleae): A checklist and notes on their taxonomy and ecology. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*, 15(1), 73-111. <https://doi.org/10.17348/jbrit.v15.i1.1052>

- Debouck, D. G. (2020, 22 mayo). *Consideraciones taxonómicas y evolutivas sobre Phaseolus: implicaciones para la bioseguridad y la valoración de sus recursos genéticos en el Perú* [Diapositivas]. CGSpace A Repository of Agricultural Research Outputs. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/108311>
- Debouck, D. G., Castillo, R., & Tohme, J. (1989). Observations on little-known phaseolus germplasm of Ecuador. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 80, 15-21. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/88654>
- Debouck, D. G., & Tohme, J. (1988). Implicaciones que tienen los estudios sobre los orígenes del frijol común, *Phaseolus vulgaris* L. para los mejoradores de frijol. En *Memorias del Taller Internacional de Mejoramiento Genético de Frijol*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (Documento de Trabajo No. 47, p. 3-44). <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/55790>
- Debouck, D. G. (1986). Primary diversification of phaseolus in the Americas: three centres? *Plant Genetic Resources Newsletter*, 67, 2-8. <https://hdl.handle.net/10568/88579>
- Delgado Salinas, A., & Gama López, S. (2015). Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. *Revista Digital Universitaria*, 16(2), 11. <https://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art10/>
- Delgado Salinas, A., Bibler, R., & Lavin, M. (2006). Phylogeny of the genus <I>Phaseolus</I> (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. *Systematic Botany*, 31(4), 779-791. <https://doi.org/10.1600/036364406779695960>
- Espinoza Melgar, L. M. (2012). *Asistencia técnica dirigida al manejo y sanidad en el cultivo de pallar*. Guía técnica. Agrobanco/UNALM.
- Espinosa Huerta, E., Zavaleta Mejía, E., Rojas Martínez, R. I., De León García de Alba, C., Gutiérrez Espinosa, M. A., Pons Hernández, J. L., & Mora Avilés, M. A. (2019, 31 diciembre). *Evaluación de riesgo ambiental del frijol común (Phaseolus vulgaris L.) genéticamente modificado con el gen defensina (pdf1.2) de Arabidopsis thaliana, que confiere resistencia a hongos fotopatógenos II*. Recuperado 12 de junio de 2022, de <https://agrocienca-colpos.org/index.php/agrocienca/article/view/1868>
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura] & OMS [Organización Mundial de la Salud]. (2004). *Segundo foro mundial FAO/OMS de autoridades de reglamentación sobre inocuidad de los alimentos*. Secretaría Conjunta FAO/OMS del Foro Mundial de Autoridades de Reglamentación sobre Inocuidad de los Alimentos. <https://www.fao.org/3/y5871s/y5871s0p.htm>
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (2010). *El segundo informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura en el mundo*. FAO Documents. Recuperado 14 de agosto de 2022, de <https://www.fao.org/documents/card/es?details=22fabd61-4b41-5bb3-b6be-d38e1516dccc>
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (2016). Legumbres: semillas nutritivas para un futuro sostenible. En *FAO eBooks*. <https://doi.org/10.4060/i5528s>
- Fuller, D. Q., & Allaby, R. G. (2009). Seed dispersal and crop domestication: shattering, germination and seasonality in evolution under cultivation. En *Wiley-Blackwell eBooks* (pp. 238-295). <https://doi.org/10.1002/9781444314557.ch7>
- García, T., Duitama, J., Zullo, S. S., Gil, J., Ariani, A., Dohle, S., Palkovic, A., Skeen, P., Bermúdez-Santana, C. I., Debouck, D. G., Martínez-Castillo, J., Gepts, P., & Chacón-Sánchez, M. I. (2021). Comprehensive genomic resources related to domestication and crop improvement traits in Lima bean. *Nature Communications*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41467-021-20921-1>
- Gepts, P. (2014). Beans: Origins and Development. En *Springer eBooks* (pp. 822-827). https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_2169
- Gepts, P., Osborn, T. C., Rashka, K., & Bliss, F. A. (1986). Phaseolin-protein variability in wild forms and landraces of the common Bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. *Economic Botany*, 40(4), 451-468. <https://doi.org/10.1007/bf02859659>
- Gepts, P. (1988). *Genetic resources of phaseolus beans: Their Maintenance, Domestication, Evolution and Utilization*. Springer.
- Ghiglione, C. A., Zumoffen, L., De Los Milagros Dalmazzo, M., Strasser, R. H., & Attademo, A. M. (2021). Diversidad y grupos funcionales de insectos en cultivos de arroz y sus bordes bajo manejo convencional y agroecológico en Santa Fe, Argentina. *Ecología Austral*, 31(2), 261-276. <https://doi.org/10.25260/ea.21.31.2.0.1110>
- Gioia, T., Logozzo, G., Attene, G., Bellucci, E., Benedettelli, S., Negri, V., Papa, R., & Zeuli, P. S. (2013). Evidence for introduction bottleneck and extensive Inter-Gene pool (Mesoamerica x andes) hybridization in the European common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm. *PLOS ONE*, 8(10), e75974. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0075974>
- Guerra-García, A., Rojas-Barrera, I. C., Ross-Ibarra, J., Papa, R., & Ntildeero, D. P. (2021). The genomic signature of wild-to-crop introgression during the domestication of scarlet runner bean (*Phaseolus coccineus* L.). *bioRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory)*. <https://doi.org/10.1101/2021.02.03.429668>
- Gutiérrez Salgado, A. G., Gepts, P., & Debouck, D. G. (1995). Evidence for two gene pools of the lima bean, *Phaseolus lunatus* L., in the Americas. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 42(1), 15-28. <https://doi.org/10.1007/bf02310680>
- Hoc, P. S., & García, A. (1997). Floral biology and reproductive system of *Phaseolus augusti* (Fabaceae). *Beitrag zur Biologie der Pflanzen*, 70, 121-140.
- Hoc, P. S., & Amela García, M. T. (1999). Biología floral y sistema reproductivo de *Phaseolus vulgaris* var. *aborigineus* (Fabaceae). *Revista de Biología Tropical*. Recuperado 22 de enero de 2022, de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77441999000100007&script=sci_arttext
- Hurtado Lozano, M. L. (1998). *Conservación in situ del frijol (Phaseolus vulgaris) en fincas de agricultores, Perú: Aporte metodológico para la conservación y monitoreo* [Tesis]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

- Ibañez Blancas, N., Isch L., E., Panario, D., Gutiérrez, O., & Zambrano C., Á. (2020). El cambio climático y los conocimientos tradicionales, miradas desde Sudamérica. *Terra. Nueva etapa*, XXXVI (59), 16.
- Indecopi [Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual]. (2007, 23 noviembre). *Resolución No 020525-2007/DSD-INDECOPI | Otorgamiento de la denominación de Origen PALLAR DE ICA*. <https://repositorio.indecopi.gob.pe/handle/11724/4520?show=full>
- INEI [Instituto Nacional de Estadística e Informática]. (2022). *Metodología de la medición de la pobreza monetaria: Informe Técnico: Evolución de la pobreza monetaria 2011-2022*. <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/4215973-cifras-de-pobreza-2022>
- INIA [Instituto Nacional de Investigación Agraria]. (2007). *Feria de semillas, concurso de semillas y platos típicos en las comunidades del Perú*. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/100>
- INIA [Instituto Nacional de Innovación Agraria]. (2020). *Nueva variedad de frijol INIA 439 COSTACEN* [Video]. INIA Perú. Recuperado 15 de diciembre de 2020, de https://www.youtube.com/watch?v=MK6fBDh-HucU&ab_channel=IniaPeru
- ISAAA [International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications]. (2011). *Event Name: EMBRAPA 5.1*. ISAAA. Recuperado 11 de septiembre de 2020, de <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/event/default.asp?EventID=23>
- Izquierdo, J., & Granados Ortiz, S. (Eds.). (2007). *Manual técnico: producción artesanal de semillas de hortalizas para la huerta familiar*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).
- Jaramillo, S., & Baena, M. (2000). *Material de apoyo a la capacitación en conservación ex situ de recursos fitogenéticos*. Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos. <https://www.fao.org/plant-treaty/herramientas/toolbox-for-sustainable-use/details/es/c/1274939/>
- Jiao, Y., Yan, H., Ji, Z., Liu, Y. H., Sui, X., Wang, E. T., Guo, B., & Chen, W. X. (2015). *Rhizobium sophorae* Sp. nov. and *rhizobium sophoriradicis* Sp. nov., nitrogen-fixing rhizobial symbionts of the medicinal legume *Sophora flavescens*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 65(Pt_2), 497-503. <https://doi.org/10.1099/ijs.0.068916-0>
- Kaplan, L. (1964). *Archeology and domestication in American Phaseolus (Beans)*. *Economic Botany*.
- Kaplan, L. (1981). What is the origin of the common bean? *Economic Botany*, 32(2), 240-254.
- Ley n.° 29196 (2008). Ley de promoción de la producción orgánica o ecológica. Diario oficial el Peruano n°157684-1. Obtenido de https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/2006_2011/ADLP/Normas_Legales/29196-LEY.pdf
- Ley n.° 29811 (2011). Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 10 años. Diario oficial el Peruano n.° 726670-1. Obtenido de https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/ExpVirPal/Normas_Legales/29811-LEY.pdf
- Ley n.° 30215 (2014). Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos. Diario oficial el Peruano n.° 1103692-2. Obtenido de <https://www.leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/30215.pdf>
- Ley n.° 31111 (2020). 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 finde establecer la moratoria hasta el 31 de diciembre de 2035. Diario oficial el Peruano n.° 1917468-1. Obtenido de <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/ley-que-modifica-la-ley-29811-ley-que-establece-la-moratori-ley-n-31111-1917468-1>
- López, R. A., Asensio, C., & Gilbertson, R. L. (2006). Phenotypic and genetic diversity in strains of common blight bacteria (*Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* and *X. campestris* pv. *phaseoli* var. *fuscans*) in a secondary center of diversity of the common bean host suggests multiple introduction events. *Phytopathology*, 96(11), 1204-1213. <https://doi.org/10.1094/phyto-96-1204>
- Lozano-Povis, A. A., Alvarez-Montalván, C. E., & Moggiano, N. (2021). Climate change in the Andes and its impact on agriculture: a systematic review. *Scientia Agropecuaria*, 12(1), 101-108. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.012>
- Matsubara, M., & Zúñiga-Dávila, D. (2015). Phenotypic and molecular differences among rhizobia that nodulate *Phaseolus lunatus* in the Supe Valley in Peru. *Annals of Microbiology*, 65(3), 1803-1808. <https://doi.org/10.1007/s13213-015-1054-9>
- Méndez, L., & Garro, G. (2018, enero). *Vista de una nueva era de la biotecnología en el mejoramiento genético*. Investiga TEC. Recuperado 9 de junio de 2022, de https://revistas.tec.ac.cr/index.php/investiga_tec/article/view/3473/3142
- Mina-Vargas, A. M., McKeown, P. C., Flanagan, N. S., Debouck, D. G., Kilian, A., Hodgkinson, T. R., & Spillane, C. (2016). Origin of year-long bean (*Phaseolus dumosus* Macfady, Fabaceae) from reticulated hybridization events between multiple *Phaseolus* species. *Annals of Botany*, 118(5), 957-969. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw138>
- Miñarro, M., García, D., & Sastre, R. M. (2018). Los insectos polinizadores en la agricultura: importancia y gestión de su biodiversidad. *Ecosistemas*, 27(2), 81-90. <https://doi.org/10.7818/ecos.1394>
- MINAM [Ministerio del Ambiente]. (2017). *Ley de moratoria*. CIISB | Centro de Intercambio de Información sobre Seguridad de la Biotecnología del Perú | Infografía: Ley de moratoria. Recuperado 27 de septiembre de 2022, de https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones_notas/infografia-ley-de-moratoria/
- Minagri [Ministerio de Agricultura y Riego]. (2016). *Leguminosas de grano. Semillas nutritivas para un futuro sostenible*. <https://repositorio.midagri.gob.pe/handle/20.500.13036/392>
- Moreno, E. J. (2007). El herbario como recurso para el aprendizaje de la botánica. *Acta Botánica Venezuelica*, 30(2), 415-427. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86230209>

- Nakayama, H. D., González, M. C., Samudio Oggero, A., Britos, R. M., Mussi Cataldi, C., Cantero, F. A., Benítez, J. V., & Peralta López, I. (2018). *Fitomejoramiento participativo del KA' A HE' E* (A. Rodríguez Alcalá, Ed.). Universidad Nacional de Asunción. Instituto Paraguayo de Tecnología Agraria. Cooperativa La Norteña Ycuamandyyu. Cámara Paraguaya de la Sevia. Ministerio de Industria y Comercio. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas.
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. (2008). Suelos saludables, plantas saludables: la evidencia agroecológica. *Leisa*, 24(2), <https://www.leisa-al.org/web/>. <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-24-numero-2/1865-suelos-%20saludables-plantas-saludables-la-evidencia-agroecologica>
- Norero, D. (2021, 1 septiembre). *The story behind the 100% public GM bean reaching Brazilian plates*. Genetic Literacy Project. Recuperado 14 de agosto de 2022, de <https://geneticliteracyproject.org/2021/08/31/the-story-behind-the-100-public-gm-bean-that-reaches-brazilian-plates/>
- Ortiz, E., Duchicela, J., & Debut, A. (2018). Scanning electron microscopic observations of early stages of interaction of *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium virens* and *Bacillus subtilis* with *Acaulospora colombiana*. *Revista Argentina de Microbiología*, 50(2), 227-229. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2017.06.005>
- Parker, T., & Gepts, P. (2021). Population genomics of *Phaseolus* spp.: a domestication hotspot. En *Population genomics*. https://doi.org/10.1007/13836_2021_89
- Peralta Idrovo, E., Peralta Idrovo, F., & Peralta Idrovo, H. (2019). *Lúdica y juegos con el fréjol en Ecuador, Perú y Bolivia*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5546>
- Pérez Contreras, T. (1999). La especialización en los insectos fitófagos: una regla más que una excepción. En *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (Número 26, pp. 759-776). <https://www.researchgate.net/publication/259484023>
- Pérez-García, J. N. (2020). Causas de la pérdida global de biodiversidad. *Revista de la Asociación Colombiana de Ciencias Biológicas*, 183-198. <https://doi.org/10.47499/revistaacsb.v1i32.219>
- Pérez-Jaramillo, J. E., De Hollander, M., Ramírez, C. A., Mendes, R., Raaijmakers, J. M., & Carrión, V. J. (2019). Deciphering rhizosphere microbiome assembly of wild and modern common bean (*Phaseolus vulgaris*) in native and agricultural soils from Colombia. *Microbiome*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40168-019-0727-1>
- Porch, T. G., Beaver, J. S., Debouck, D. G., Jackson, S. A., Kelly, J. D., & Dempewolf, H. (2013). Use of wild relatives and closely related species to adapt common bean to climate change. *Agronomy*, 3(2), 433-461. <https://doi.org/10.3390/agronomy3020433>
- Pulgar-Vidal, J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis*, 3. <https://doi.org/10.4000/terra-brasilis.1027>
- Rendón-Anaya, M., Herrera-Estrella, A., Gepts, P., & Delgado-Salinas, A. (2017). A new species of phaseolus (Leguminosae, papilionoideae) sister to *Phaseolus vulgaris*, the common bean. *Phytotaxa*, 313(3), 259. <https://doi.org/10.11646/phytotaxa.313.3.3>
- Rendón-Anaya, M., Montero-Vargas, J. M., Saburido-Álvarez, S., Vlasova, A., Capella-Gutierrez, S., Ordaz-Ortiz, J. J., Aguilar, O. M., Vianello-Brondani, R. P., Santalla, M., Delaye, L., Gabaldón, T., Gepts, P., Winkler, R., Guigó, R., Delgado-Salinas, A., & Herrera-Estrella, A. (2017). Genomic history of the origin and domestication of common bean unveils its closest sister species. *Genome Biology*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s13059-017-1190-6>
- Ruiz Muller, M., Müller, T. J., & Flores, L. (2012). *El clima cambia, cambia tú también. Adaptación al cambio climático en comunidades locales del Perú* (E. Llosa, Ed.). SPDA; UICN; Instituto de Montaña. <https://biblioteca.spda.org.pe/biblioteca/catalogo/ver.php?id=6627>
- Santa Cruz Padilla, Á. E., & Vásquez Orrillo, J. L. (2021). *Catálogo de ñuña (Phaseolus vulgaris L.) del banco de germoplasma del INIA*. Instituto Nacional de Innovación Agraria. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/1404>
- Sarmiento, J. & Sánchez, G. (2012). *Evaluación de insectos*. Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- SCDB [Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica]. (2012). *Conocimiento tradicional*. Convenio sobre la Diversidad Biológica. Protocolo de Nagoya sobre acceso y participación en los beneficios. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://www.cbd.int/abs>
- SCDB [Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica]. (2000). *Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología del Convenio de la Diversidad Biológica: Textos y anexos*.
- Serrano-Serrano, M. L., Hernández-Torres, J., Castillo-Villamizar, G., Debouck, D. G., & Sánchez, M. I. C. (2010). Gene pools in wild lima bean (*Phaseolus lunatus* L.) from the Americas: Evidences for an Andean origin and past migrations. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 54(1), 76-87. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2009.08.028>
- Singh, S. P., Debouck, D. G., & Gepts, P. (1989). Razas de frijol común *Phaseolus vulgaris* L. En *Taller Internacional de Mejoramiento Genético de Frijol*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. (Documento de trabajo no. 47, 78-93). <https://hdl.handle.net/10568/55791>
- Tapia Núñez, M. (1996). *Ecodesarrollo en los andes altos*. Fundación Friedrich Ebert.
- Tapia Núñez, M. E., & Fries, A. M. (2007). *Guía de Campo de Cultivos Andinos* (I. Mazar & C. Rosell, Eds.). FAO y ANPE.
- Tohme, J., Vargas, J., Roca, W., & Debouck, D. G. (1988). ¿Son los Andes meridionales una zona más amplia de domesticación del frijol común *Phaseolus vulgaris* L.? En *Memorias del Taller Internacional de Mejoramiento Genético de Frijol*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (Documento de Trabajo No. 47, p. 437).
- Tohme, J., Toro Ch., O., Vargas, J., & Debouck, D. G. (1995). Variability in Andean Nuña Common Beans (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). En *Economic Botany* (Vol. 49, Número 1).

- Torres Flores, V. H., & León Martínez, N. S. (2017). Conocimientos y prácticas tradicionales sobre el manejo del maíz y frijol en el ejido de la Bella Ilusión, Maravilla Tenejapa, Chiapas. *Revista Etnobiología*, 15(2), 84-88. <https://revistaetnobiologia.mx/index.php/etno/article/view/137/136>
- Tras100d, Empresa Consultora. (2016, octubre). *Análisis y segmentación de productores agrarios para la transferencia del riesgo: Informe Final* (De /Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit [GIZ] & Proyecto "Clima, Agro y Transferencia del Riesgo"). Asociación Peruana de Empresas de Seguros; Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI) del Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania. Recuperado 14 de octubre de 2023, de <https://www.apeseg.org.pe/publicaciones-y-normatividad/>
- Vallejos E., & Céspedes, C. (2020). *Manejo agroecológico y control de gorgojos de granos almacenados (Sitophilus spp.)*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - INIA Remehue. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/67155>
- Vásquez Cuentas, J. (1997). *El cultivo del pallar*. Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIA. Serie, Manual R.I. N° 2-97. <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/984>
- Valladolid Chiroque, Á. (2001). *El cultivo del frijol (Phaseolus vulgaris L.) en la costa del Perú*. Instituto Nacional de Investigación Agraria - INIA. Serie, Manual R.I. N° 4. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/860>
- Voysest, O. (2000). *Mejoramiento genético del frijol (Phaseolus vulgaris L.) : Legado de variedades de América Latina 1930-1999*. Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT. Recuperado 28 de septiembre de 2022, de <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54161>
- Wall. (1970). Experimental introgression in the genus *Phaseolus*. I. Effect of mating systems on interspecific gene flow. *Evolution*, 24(2), 356. <https://doi.org/10.2307/2406810>
- Wells, W. D., Isom, W. H., & Waines, J. G. (1988). Outcrossing rates of six common bean lines. *Crop Science*, 28(1), 177-178. <https://doi.org/10.2135/cropsci1988.0011183x002800010038x>



Figura 90. Agricultora, Conayca, Huancavelica.

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 91. 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 cultivadas y silvestres del género *Phaseolus*, de los cuales tenemos:

Información base cartográfica:

- Límites administrativos (departamento, provincia y distritos), INEI 2019
- Capitales y centros poblados, INEI 2019.
- 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-d-c79-413e-bbd2-aca640b1f1e8>
- Mapa Nacional de Ecosistemas, MINAM 2018, <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercam-bio-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/sris_p4000.php
- Censo Nacional Agropecuario con cultivo de *Phaseolus*, Minagri/Cenagro – 2012. <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/>
- Base de Datos de la especie cultivadas de *Phaseolus* y sus parientes silvestres:
- GBIF: Puntos georreferenciados de presencia de especies del género *Phaseolus* 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 *Phaseolus*, 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 *Phaseolus*, 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 de la 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:

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

Donde:

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 320 distritos seleccionados.

Tabla 15. Número de prospecciones realizadas en el Perú para registrar la presencia del género Phaseolus por departamentos. 2019 – 2021

Departamento	<i>P. lunatus</i>	<i>P. vulgaris</i>	<i>P. dumosus</i>	<i>P. coccineus</i>	<i>P. augusti</i>	<i>P. pachyrrizoides</i>	<i>P. debouckii</i>
Amazonas.	4	19	23			2	
Ancash.	8	32					
Apurímac.		20			9		
Arequipa.		34					
Ayacucho.	13	49	4				
Cajamarca.	4	68	18	16	1		3
Cusco.	1	66			19	19	
Huancavelica.		39					
Huánuco.		27	1				
Ica.	32	23					
Junín.		41			1		
La Libertad.	4	46					
Lambayeque.	17	24	2				
Lima.		74	5				
Loreto.	4	23					
Madre de Dios.	4	12					
Moquegua.	3	13					
Pasco.	1	16					
Piura.	22	54	9				4
Puno.		29	8				
San Martín.	13	32					
Tacna.	3	9					
Tumbes.	1	4					
Ucayali.		33					

Anexo 2: Estudio de biología floral de las especies del género *Phaseolus*

Se siguió la metodología modificada de autores como Hoc & García, (1997) Burquez & Sarukhan, (1980) Burquez & Sarukhan, (1984), Zbigniew, (2004) y Meier, (2001). Para lo cual se seleccionaron ocho distritos donde se han identificado o se identificarán parcelas con cultivo de frijol, además, se buscaron lugares donde fue posible encontrar las especies silvestres en el distrito.

El procedimiento para el estudio de la biología floral ha sido el siguiente:

- La parcela se ha subdivido en cinco (5) subparcelas para ubicar las unidades experimentales.
- En cada subparcela se ha identificado dos (2) plantas de frijol, con un total de 10 plantas en estudio.
- Las plantas identificadas se marcaron para luego poder caracterizarlas.
- Las evaluaciones se realizaron adaptando las metodologías halladas en la revisión bibliográfica (Etcheverry, Alemán y Figueroa, 2008; Meier, 2001; Koltowski, 2004; Hoc y Amela, 1999).



Figura 92. Flor del frijol de toda la vida (*p. dumosus*), Oxamarca, Celendín, Cajamarca.

Tabla 16. Distritos elegidos para el estudio de biología floral y las correspondientes regiones naturales en las que se hicieron las observaciones.

n.º	Ubigeo	Departamento	Provincia	Distrito	Región natural según Pulgar Vidal (2014)
1	010702	Amazonas.	Utcubamba.	Cajaruro.	Rupa-rupa (400-1000 m s. n. m.)
2	030216	Apurímac.	Andahuaylas.	Talavera.	Quechua (2300-3500 m s. n. m.)
3	040206	Ica.	Ica.	Tate.	Chala (0-500 m s. n. m.)
4	060401	Cajamarca.	Chota.	Chota.	Quechua (2300-3500 m s. n. m.)
5	100103	Huánuco.	Huánuco.	Chinchao.	Rupa-rupa (400-1000 m s. n. m.)
6	120124	Junín.	Huancayo.	Pariahuanca.	Yunga fluvial (1000-2500 m s. n. m.)
7	200107	Piura.	Piura.	Curamori.	Chala (0-500 m s. n. m.)
8	221001	San Martín.	Tocache.	Tocache.	Omagua (80-400 m s. n. m.)

Tabla 17. Resultados de las evaluaciones realizadas para la biología floral.

Especie	Parcela	Estructura floral			Número de flores por inflorescencia	50% de las flores abiertas	Número de flores	Antesis	
		Color del estandarte	Color de las alas	Color de la quilla				apertura	Cierre o marchitez
Phaseolus vulgaris.	Cajamarca.	Rosado intenso.	Rosado pálido.	Verde con tonalidad rosada.	2	56	25.75	De 6 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. vulgaris.	Apurímac.	Crema.	Blanco.	Blanco verdoso.	2	75	67.9	De 6 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. lunatus.	Ica.	Blanco verdoso.	Blanco.	Blanco con tonalidades verdosas.	25.39 ± 3.5	73	278.65	De 7 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. vulgaris.	Piura.	Blanco.	Blanco.	Blanco.	2	59	93.8	De 8 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. vulgaris.	Huánuco.	Crema.	Blanco.	Blanco.	2	89	62.4	De 7 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. vulgaris.	Amazonas.	Rosado oscuro.	Rosado.	Crema con tonalidades verdosas.	2	80	0	De 7 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. vulgaris.	Junín.	Rosado oscuro.	Rosado.	Crema con tonalidades verdosas.	2	88	56.4	De 9 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. vulgaris.	Junín.	Crema.	Blanco.	Blanco verdoso.	2	80	nr	De 9 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. dumosus.	Junín.	Blanco.	Blanco.	Blanco.	13.53 ± 3	80	87.2	De 8 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. coccineus.	Junín.	Rojo.	Rojo.	Rojo.	11.4 ± 3.6	80	86.2	De 8 a.m. a 5 p.m.	Se empiezan a marchitar a partir del segundo día.
P. lunatus.	Junín.	no floreció.							
P. pachirhizoides.	Junín.	no floreció.							
P. augusti.	Junín.	no floreció.							
P. augusti.	Ica.	Quedó en fase de adaptación.							
P. debouckii.	Ica.	Quedó en fase de adaptación.							
P. dumosus.	Ica.	Quedó en fase de adaptación.							
P. coccineus.	Ica.	Quedó en fase de adaptación.							

Anexo 3: Técnica para la determinación de los ecosistemas y agroecosistemas

La descripción de los ecosistemas de los distritos prospectados se realizó mediante la verificación *in situ* y revisión bibliográfica (INEI, 2018) de todas las regiones naturales presentes en cada distrito según Pulgar Vidal (2014), se registró en la tableta de campo los demás datos oficiales, geográficos, climáticos, así como la descripción visual de la flora, fauna, paisaje y el ambiente.

Para la división de un territorio en regiones naturales, Pulgar Vidal (2014) propuso basarse en la consideración analítica de todos los factores o de la mayoría de ellos del medio ambiente natural de dicho territorio, sin tratar de acomodar criterios ajenos correspondientes a otros países y continentes, siguiendo ocho criterios: 1) el folklore, 2) la toponimia, 3) el clima, 4) la flora, 5) la fauna, 6) los productos límite, 7) la obra humana y 8) el paisaje.

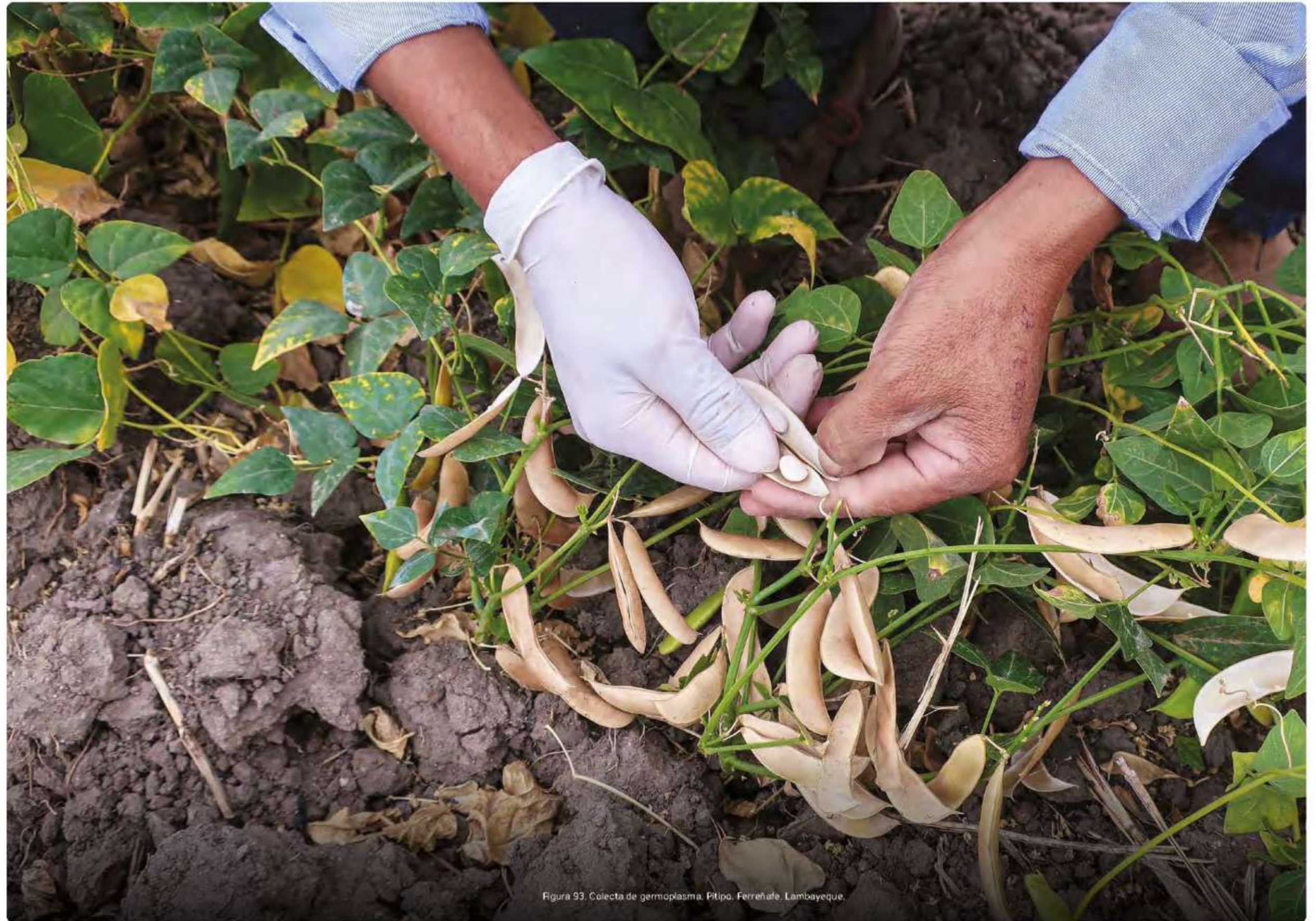


Figura 93. Colecta de germoplasma. Pitipo, Ferreñafe, Lambayeque.

Tabla 18. Prospecciones realizadas por especies de *Phaseolus* y por regiones naturales

Región natural	<i>P. debouckii</i>	<i>P. dumosus</i>	<i>P. augusti</i>	<i>P. coccineus</i>	<i>P. lunatus</i>	<i>P. pachyrrizoides</i>	<i>P. vulgaris</i>	No se encontró	Total general
Chala.		1			69		134	19	223
Yunga marítima.	5	11			22		125	6	169
Quechua.		30	26	10	11	19	265		361
Suni.							16	2	18
Puna								7	7
Yunga fluvial.	1	25	4	6	18	2	114		170
Rupa rupa.					5		48		53
Omagua.					19		91		110
Total general	6	67	30	16	144	21	793	34	1111

Tabla 19. Presencia de las especies de *Phaseolus* en los Agroecosistemas

Agroecosistemas	<i>P. debouckii</i>	<i>P. dumosus</i>	<i>P. augusti</i>	<i>P. coccineus</i>	<i>P. lunatus</i>	<i>P. pachyrrizoides</i>	<i>P. vulgaris</i>	No se encontró	Total general
Ladera baja.		2					12		14
Puna semiárida.								3	3
Puna semihúmeda.							4		4
Puna semihúmeda.								3	3
Quechua alta.			5				13		18
Quechua árida.			13		4	19	93		129
Quechua semiárida.					6		51		57
Quechua semihúmeda.	2	18	1	14	8		81		124
Quechua subárida.		5	10		7		41		63
Quechua subhúmeda.		6	1				29		36
Suní.								3	3
Suní (nublada).							1		1
Suní altina.		2					24		26
Yunga fluvial.					1		4		5
Yunga marítima árida.					1		20		21
No clasificada.	4	34		2	117	2	420	25	604
Total general.	6	67	30	16	144	21	793	34	1111

Anexo 4. Metodología para el registro de los organismos y microorganismos blanco y no blanco

Diseño del muestreo en la parcela

- Para el estudio de organismos relacionados al cultivo de frijol se ha seguido la metodología de Sarmiento y Sánchez (2012), Sermeño y Rivas (2004), siempre que fue posible, se han elegido parcelas con cultivo de frijol, tratando de escoger parcelas en diferentes estadios fenológicos, para ello, se ha tomado en cuenta que la parcela sea de un monocultivo de frijol o pallar, en los casos que esto no fue posible se eligieron cultivos asociados y se usó la misma metodología de muestreo.
- En cada planta se evalúan cuatro (4) brotes, cuatro (4) hojas, cuatro (4) flores, cuatro (4) vainas y el tallo principal según el estado de desarrollo de la planta, de esta manera al final del recorrido del campo se habrá muestreado; veinticinco (25) plantas, cien (100) hojas, cien (100) brotes, cien (100) flores y frutos y veinticinco (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 92).

Diseño para evaluación

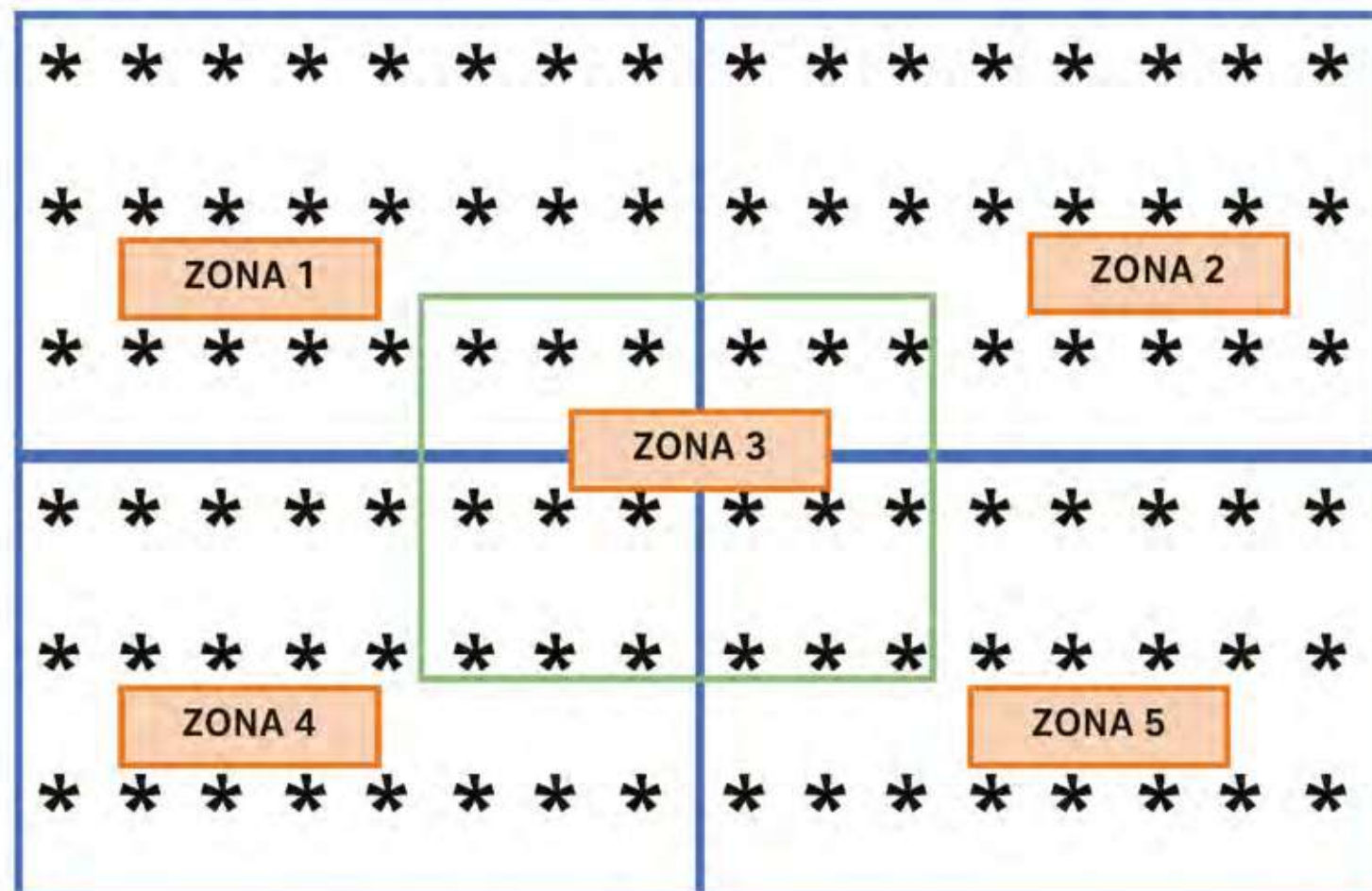


Figura 94. Representación gráfica para el muestreo de insectos

Colecta de muestras de insectos:

- Según el estadio de desarrollo del cultivo de frijol y pallar, 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 frijol y pallar 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.

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 frijol y pallar, 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 frijol y pallar, asimismo, las consideraciones técnicas fueron iguales que para el muestreo de organismos:

- El muestreo para el estudio de microorganismos se realizó en las cinco (5) zonas de evaluación dentro de cada parcela, recogiendo muestreo de suelo y partes botánicas de la planta. Cuatro (4) zonas en los vértices o esquinas y uno (1) 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 120 distritos, 72 provincias de 24 regiones, cinco distritos por región, esto quiere decir, diez muestras por región haciendo un total de 240 muestras pareadas (120 muestras en parcelas con cultivo de frijol o pallar y 120 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 (5) 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 vainas de frijol o pallar 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.



Figura 95. Síntoma y signo de enfermedad en frijol de toda la vida (*p. dumosus*). Paucartambo, Cusco.

Tabla 20. Microorganismos funcionales del suelo asociados al cultivo de frijol y pallar.

Nº	Departamento - Provincia	Distrito	Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Especie	Cultivar	Bacteria con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacteria sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hongo con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hongo sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Pseudomonas dominante con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Pseudomonas dominante sin cultivo (UFC/g de suelo seco)
1	Araucanía	Chilchevoysa	Solico	7/11/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol bayo	7700000	10100000	47000	2100000	17500000	20200000	17500000	10900000	4500	250	45000	25000
2	Araucanía	Condorcanqui	Névea	C/P Pastern, 19/10/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	7400000	32000000	53500	38000	10400000	15500000	7700000	3000000	9500	9500	9500	25000
3	Araucanía	Huarez	Concepción	25/09/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	3850000	22800000	215000	195000	2650000	4950000	10300000	4950000	950	950	4500	4500000
4	Araucanía	Alto	Coro	22/09/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	19500000	10300000	215000	920000	9000000	7350000	10400000	6450000	250	45	950	950
5	Araucanía	Huamap	Casero Santa Rita de las Cruzes	22/09/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	32000000	42500000	600000	78000	2200000	2750000	5050000	8950000	450	4500	150000	9500000
6	Araucanía	Santa	Mora	C/P Linares	25/09/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol caballero	9500000	3400000	95000	240000	6450000	735000	7500000	2450000	450	9500	9500
7	Araucanía	Yungay	Ranchara	25/09/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol blanco	17300000	975000	305000	380000	2750000	2650000	1800000	1140000	9500	950	4500	150000
8	Araucanía	Abaray	Cirra	Cirra	25/09/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol caballero	9700000	7550000	75500	103000	5300000	6000000	515000	90500	2000	220000	200000
9	Araucanía	Andahuaylas	Pucallpa	Pucallpa	15/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol caballero	4950000	7550000	65000	85000	3800000	5750000	1240000	1380000	2300	4500	23000
10	Araucanía	Andahuaylas	Talavera	Talavera	15/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol caballero	5150000	4800000	132000	165000	5200000	3800000	1450000	1500000	2300	9500	15000
11	Araucanía	Chichas	Chichas	Chichas	13/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol caballero	8000000	810000	84500	32000	8750000	555000	555000	90500	23000	9500	25000
12	Araucanía	Chichas	Occumbia	Occumbia	15/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol caballero	5050000	470000	365000	46500	5550000	840000	515000	90500	25000	45000	950
13	Araucanía	Cuma	Mojito	Archeo	20/02/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	9550000	3500000	54000	195000	3450000	3000000	3000000	4100000	9500	1500	45000
14	Araucanía	Cayoma	Mojito	Sector A - Cayoma	23/10/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	3950000	5500000	95000	54500	3800000	2750000	3050000	2800000	450	950	950

Tabla 20. Microorganismos funcionales del suelo asociados al cultivo de frijol y pallar.

Nº	Departamento - Provincia	Distrito	Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Especie	Cultivar	Bacteria con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacteria sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hongo con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hongo sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Pseudomonas dominante con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Pseudomonas dominante sin cultivo (UFC/g de suelo seco)
15	Ayacucho	Huamanga	San José de Tarma	20/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	39000000	6850000	3500000	920000	8150000	10300	18500000	605000	45000	25000	200000	15000
16	Ayacucho	Huanta	Huanta	15/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol caballero	51000000	14500000	2151	2450000	100000	92000	1800000	625000	45000	95000	25000000	950000
17	Ayacucho	La Mar	San Miguel	17/02/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol caballero	8300000	1320000	6150000	2800000	385000	67500	840000	3150000	950	45000	2500	2500
18	Ayacucho	La Mar	Anco	19/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	1800000	1800000	4000000	5250000	195000	4800	45000	100000	1500	15000	250000	9500
19	Ayacucho	La Mar	Luz Carrasco	Luz Carrasco	17/02/2020	Phaenocarpa vulgaris	8500000	6750000	64500	2000000	81000	92500	255000	51500	7500	45000	15000	250000
20	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	Cajamarca	23/04/2021	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	15500000	21200000	250000	340000	13500000	260000	370000	1500	1500	15000	95000
21	Cajamarca	Cajamarca	San Andrés de Cutervo	24/04/2021	Phaenocarpa vulgaris	Frijol de todo	15500000	21200000	250000	340000	13500000	13500000	260000	370000	1500	1500	15000	95000
22	Cajamarca	San Pablo	Sector Huamán	15/04/2021	Phaenocarpa vulgaris	Frijol bayo	14500000	7550000	180000	33000	5900000	5250000	1350000	275000	4500	9500	45000	7500
23	Cusco	Cusco	Chinchaypujio	20/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol de color	4700000	1250000	280000	140000	4000000	3,92*10000000	610000	475000	4500	9500	4500	4500
24	Cusco	Anta	Unimánico	13/11/2020	Phaenocarpa vulgaris	Sangre de toro	14500000	9500000	50500	240000	5000000	7400000	8450000	5300000	950	2500	950	25000
25	Cusco	Anta	Mollapata	15/01/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	11000000	12400000	270000	470000	5700000	13500000	5400000	5400000	9500	9500	95000	15000
26	Cusco	Unimánico	Yucay	05/09/2021	Phaenocarpa vulgaris	Frijol	13700000	9200000	295000	195000	10700000	18500000	3750000	2850000	45000	450	450000	450
27	Huancavelica	Castrovillena	Antas	Rancho	14/10/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	8200000	5550000	73500	85000	5950000	1700000	3800000	4100000	9500	25000	95000
28	Huancavelica	Castrovillena	Huachis	Palos	14/10/2020	Phaenocarpa vulgaris	Frijol canario	4350000	4750000	94000	61000	4350000	3800000	3300000	1140000	450	25000	45000

Tabla 20. Microorganismos funcionales del suelo asociados al cultivo de frijol y pallar.

N	Departamento	Provincia	Distrito	Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Especie	Cultivar	Bacteria con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacteria sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hongo con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hongo sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Pseudomonas con cultivo (UFC/g de suelo seco)
29	Huancayo		Amarillo	Amarillo	30/01/2020	Phaeodactylophora	Frijol canario	10600000	10400000	50000	22000000	3900000	5200000	11500000	10300000	23000	23000	250
30	Huancayo		Chiriquia	Vitaco	3/02/2020	Phaeodactylophora	Frijol capulí	3890000000	136000000	330000	625000	5350000	4010000	935000	700000	2500000	45000	22000
31	Huancayo		Lima	Lima	2/02/2020	Phaeodactylophora	Frijol capulí	60000000	59000000	245000	130000	760000	310000	1780000	535000	230000	2500000	45000
32	Huancayo		Chigla	Chigla	30/01/2020	Phaeodactylophora	Frijol capulí	54500000	48500000	82000	71000	4250000	3800000	2300000	1840000	350	350	45000
33	Huancayo		Umas	Umas	31/01/2020	Phaeodactylophora	Frijol canario	248000000	89000000	50500	330000	4000000	6400000	5450000	5300000	850	2300	26000
34	Is.		San José de los Molinos	Sector Toriche	15/10/2020	Phaeodactylophora	Pallar	39500000	39000000	68500	58000	2900000	2700000	1340000	4850000	250	25	45
35	Is.		Vista Alegre	Chachilla	19/10/2020	Phaeodactylophora	Pallar	36000000	36000000	105000	295000	2400000	2500000	5600000	2700000	25000	25000	2500
36	Junin		Parishuasi	Parishuasi	10/12/2019	Phaeodactylophora	Frijol canario	70000000	64000000	215000	115000	710000	310000	1150000	525000	230000	2300000	40000
37	Junin		Concepción	Andamarca	26/11/2019	Phaeodactylophora	Frijol de palomero	2950000000	175000000	430000	645000	4150000	3950000	505000	600000	1500000	45000	230000
38	Junin		Chanchamayo	Perene	25/11/2019	Phaeodactylophora	Frijol caballero	21500000	42500000	80000	32500	500000	1800000	655000	475000	45000	11500	2300
39	Junin		Jauja	Monabamba	27/11/2019	Phaeodactylophora	Frijol bajo	108000000	65700000	210000	40500	325000	600000	1450000	420000	450000	1800000	23000
40	La Libertad		Trujillo	Alvaro Caceres	30/09/2020	Phaeodactylophora	Frijol bajo	87000000	16000000	24000	7250	8450000	1110000	4050000	3550000	450	95	95
41	La Libertad		Paiz	Yachaymilla Sector La Esperanza	3/10/2020	Phaeodactylophora	Frijol canario	33500000	22400000	73000	65500	690000	560000	555000	640000	45	45	9500
42	La Libertad		Vina	Casero San Nicolás	27/09/2020	Phaeodactylophora	Frijol bajo	63000000	19500000	215000	23000	8250000	2050000	5650000	4500000	2500	2500	2000

Tabla 20. Microorganismos funcionales del suelo asociados al cultivo de frijol y pallar.

N	Departamento	Provincia	Distrito	Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Especie	Cultivar	Bacteria con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacteria sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hongo con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hongo sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacterias fijadoras de nitrógeno de vida libre sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Pseudomonas con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Pseudomonas sin cultivo (UFC/g de suelo seco)
43	Lambayeque	Farefallo	Ichuasi	Mayan Alto	12/10/2020	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol bajo	31500000	23500000	22000	19500	43500000	78000	1040000	450	1450000	950	2000	
44	Lambayeque	Farefallo	Pisco	Fundo Ceval	9/10/2020	Phaeodactylophora fungorum	Pallar beba	37000000	23000000	48500	72000	39500000	1330000	2050000	5800000	45000	950	2500	25
45	Lima	Barranca	Surco	Sector Santa Lorenza	9/10/2020	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol canario	66000000	7500000	16500	27500	51000000	110000	3600000	1770000	25000	95	45000	95
46	Lima	Cajamamba	Mayas	Mayas	14/04/2021	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol canario	88500000	3150000000	290000	15500	12800000	3400000	6000000	15700000	450	250	950	
47	Loreto	Alto Amazonas	Yamagata	Casero Nuevo San Juan de la Libertad	23/11/2020	Phaeodactylophora fungorum	Pallar	390000000	370000000	255000	280000	52000000	45000000	11400000	4800000	9500	95000	25000	25000
48	Loreto	Maynas	Fernando Lores	Sector Yacurani	03/02/2021	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol común	390000000	370000000	255000	280000	52000000	45000000	11400000	4800000	9500	95000	25000	25000
49	Madre De Dios	Tahuamanu	Baria	La Nueva	3/11/2020	Phaeodactylophora fungorum	Pallar bajo	97000000	105000000	48000	26500	3700000	380000	3350000	8700000	850	45000	350	
50	Madre De Dios	Tambopata	Tambopata	Sector de Torachayoc	3/11/2020	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol amarillo	97000000	105000000	48000	26500	3700000	380000	3350000	8700000	850	45000	350	
51	Moquegua	Mariscal Nieto	Moquegua	Moquegua	24/10/2020	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol canario	390000000	8400000	645000	63200	14500000	6200000	4100000	8700000	250	2300	95000	200
52	Moquegua	General Sánchez Cerro	Chachas	Joque	27/10/2020	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol canario	630000000	246000000	265000	276000	9300000	520000	3200000	6000000	450	450	450000	15000
53	Moquegua	Is.	El Algarrobo	Huaco	24/10/2020	Phaeodactylophora fungorum	Pallar	565000000	4850000	160000	47500	9800000	6850000	10800000	11700000	9400	250	42000	25000
54	Pasco	Osampampa	Osampampa	Osampampa	22/11/2019	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol bajo	89500000	145000000	300000	410000	605000	445000	1040000	1820000	22000	45000	80000	250
55	Pasco	Palcazu	Palcazu	Palcazu	05/12/2020	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol chaucha	264500000	290000000	520000	290000	3400000	3250000	4150000	800000	950	25	4500	450
56	Piura	Ayabaca	Frias	Chave Grande	10/10/2020	Phaeodactylophora vulgaris	Frijol bajo	382000000	6100000	460000	53000	7500000	7850000	3100000	11600000	15000	15000	450000	90

Tabla 20. Microorganismos funcionales del suelo asociados al cultivo de frijol y pajar.

N	Departamento	Provincia	Distrito	Lugar de muestreo	Fecha de muestreo	Especie	Cultivo	Bacteria con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacteria sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hojas con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Hojas sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Actinomicetos en cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus con cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacillus sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacteria en cultivo (UFC/g de suelo seco)	Bacteria sin cultivo (UFC/g de suelo seco)	Factores de fijación de nitrógeno de una libra de suelo seco	Factores de fijación de nitrógeno de una libra de suelo seco	Peso de materia orgánica en cultivo (UFC/g de suelo seco)
57	Pura	Iluacabamba	Iluamaza	Casero Suc. Chiquirya	27/0/2020	Phaeodius vulgaris	Frijol de toda la vida	29000000	26600000	50500000	2'00000000	52000000	5600000	3450000	560000	18000	19000	1400	12
58	Pura	Carabaya	Ayapata	Ayapata	3/7/0/2020	Phaeodius vulgaris	Frijol café	2'700000	3020000	665000	46500	9700000	490000	220000	260000	2500000	850	160000	15000
59	Pura	Carabaya	San Gabán	Puca San Gabán	3/7/0/2020	Phaeodius vulgaris	Poroto	66000000	12000000	84000	565000	35000000	300000000	2250000	20000000	25	2500	75	3500000
60	San Martín	Izualpa	Picoyacu	Sector Las Palmeras	26/7/2020	Phaeodius vulgaris	Frijol bayo	37500000	36000000	38500	495000	620000000	5'0000000	37500000	41'000000	25000	2500	4600	250
61	San Martín	Mataca Cacha	Pachica	Barrio Siale de Juro	26/7/2020	Phaeodius vulgaris	Pallar	37500000	36000000	38500	495000	620000000	5'0000000	37500000	41'000000	25000	2500	4600	250
62	San Martín	Moyobamba	Moyobamba	Casero Santa Catalina	26/7/2020	Phaeodius vulgaris	Pallar	375000000	360000000	445000	480000	885000000	495000000	53000000	46000000	4500	9500	460000	45000
63	San Martín	Tocache	Pichica	Sector Guaracha	27/7/2020	Phaeodius vulgaris	Frijol bayo	375000000	360000000	445000	480000	885000000	495000000	53000000	46000000	4500	9500	460000	45000
64	Tarma	Tarma	La Virgen Los Yagales	25/0/2020	Phaeodius vulgaris	Phaeodius vulgaris	Frijol canario	5050000	14000	7800	50	8300000	1550	3050000	3'500	75000	75000	75000	75000
65	Tarma	Jorge Basadre	Lecumbia	Agua Dulce	27/0/2020	Phaeodius vulgaris	Frijol canario	330000000	970000	40000	7750	875000	420000	725000	460000	4500	45	950000	4500
66	Tarma	Tarma	Coronel Gregorio Albarracín	Valle Nuevo	26/0/2020	Phaeodius vulgaris	Pallar	5050000	14000	7800	50	8300000	1550	3050000	3'500	75000	75000	75000	75000
67	Tarma	Tarma	Calera	Calera	26/0/2020	Phaeodius vulgaris	Pallar	330000000	970000	40000	7750	875000	420000	725000	460000	4500	45	950000	4500
68	Tumbes	Tumbes	Corales	C.P Buena Vista Alta	7/0/2020	Phaeodius vulgaris	Pallar bayo	97000000	5300000	545000	290000	1'0000000	3000000	6250000	71500000	45000	450	250000	450
69	Tumbes	Tumbes	Tumbes	Casero Pampa Grande	3/7/0/2020	Phaeodius vulgaris	Frijol bayo	97000000	5300000	545000	290000	1'0000000	3000000	6250000	71500000	45000	450	250000	450
70	Ucayali	Coronel Pólvora	Calleria	Salceda	04/7/2020	Phaeodius vulgaris	Frijol bayo	37500000	30000000	2'000	65000	5600000	1'000000	66000000	28000000	45000	950	1'500000	950
71	Ucayali	Pedro Abad	Pedro Abad	C.P Divisoria	28/7/2020	Phaeodius vulgaris	Frijol chaucha	9'500000	68000000	48000	43500	50500000	62000000	22500000	27500000	9500	25000	450000	750

Figura 95. Ataque de Roya al frijol común. Frijol, Ayabaca, Pura.



Figura 97. Agricultora. Fuente: Cuscoch.

Anexo 5. 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 frijol y pallar con base en identificación de distritos donde se realizaron las prospecciones, considerando también el marco de las regiones naturales propuesta por Pulgar Vidal (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.
- 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

- Mapa de Desnutrición Crónica 2012 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 frijol y pallar priorizados fueron: demográficos (sexo, edad, género, 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 ± 5 % a partir de una población de 19,557 productores que cultivan frijol (Cenagro, 2012), se estableció una población muestral de 376 encuestas para aplicar en los 320 distritos seleccionados sobre la base de modelamiento de nichos ecológicos.

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

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

Figura 98. Fórmula para la obtención del tamaño de la muestra³ se detalla a continuación.

³Fuente: Metodología de la investigación - Hernández R. Fernández C. y Baptista P. (1999) - México - Mc Graw Hill.

Anexo 6. Nombres locales de las especies de Phaseolus

Tabla 21. Lista de los nombres locales de las especies de Phaseolus encontradas en los distritos visitados.

Departamento	Especie	Nombre local	Lengua
Ayacucho.	<i>P. vulgaris.</i>	Poroto, yurac poroto, yana poroto.	Quechua.
Ayacucho.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol canario, frijol panamito, frijol huevo de paloma, frijol centinela, vainita, frijol negro, frijol blanco, frijol arbolito, frijol amarillo, frijol caballero, frijol rojo, frijol de colores, frijol andino, frijol serrano.	Español.
Ayacucho.	<i>P. lunatus.</i>	Pallar precoz, pallar grande, pallar, pallar de tres meses, pallar de siete meses, pallar precoz de cuatro meses, pallar chispeado, pallar blanco.	Español.
Cajamarca.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol cápsula, frijol limeño, frijol americano, frijol floriabamba, frijol bayo, frijol nacional, frijol chaucha, frijol mantequilla, frijol panamito grande, frijol canario, frijol blanco, frijol pinto, frijol tiacho, frijol bayo mochica, frijol criollo, frijol tabaquero, frijol shingo, frijol milgo, frijol negro, frijol vaquita, frijol mulato, frijol cambio, frijol ashpa, frijol ashpilla, frijol vaca paleta, frijol jaboncillo, frijol cápsula, frijol caballero.	Español.
Cajamarca.	<i>P. lunatus.</i>	Pallar layo, pallar de toda la vida, pallar.	Español.
Cajamarca.	<i>P. dumosus.</i>	Frijol de toda la vida, frijol de toda la vida de flor blanca.	Español.
Cajamarca.	<i>P. debouckii.</i>	Frijolillo, frijol tari.	Español.
Cajamarca.	<i>P. coccineus.</i>	Frijol de toda la vida, frijol mono, frijol de toda la vida de flor roja, frijol cusqueño.	Español.
Cajamarca.	<i>P. augusti.</i>	Gentil poroto.	Quechua.
Cusco.	<i>P. vulgaris.</i>	Puca poroto, yurac poroto, frijol pucca poroto, frijol quinti runto, frijol cchicche suyo, gillwa poroto, malhua poroto, yana poroto, asiy poroto, frijol huacachancana, kello poroto, frijol Cuchuchue, kukuki runto, cajarunto poroto, frijol chiwi, frijol huacañawi, frijol yuturunto, checche poroto, poshne poroto, frijol poiscorunto, frijol yutjurunto.	Quechua.
Cusco.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol huevo de paloma, vainita, frijol amarillo, frijol soya, frijol peruanito, frijol sangre de toro, frijol amarillo, frijol blanco, frijol maní.	Español.
Cusco.	<i>P. lunatus.</i>	Chicche pallar.	Quechua.

Tabla 21. Lista de los nombres locales de las especies de Phaseolus encontradas en los distritos visitados.

Departamento	Especie	Nombre local	Lengua
Cusco.	<i>P. augusti.</i>	Poroto.	Quechua.
Cusco.	<i>P. pachyrrizoides.</i>	Gentil poroto, sachaporoto.	Quechua.
Cusco.	<i>P. pachyrrizoides.</i>	Frijol de monte.	Español.
Cusco.	<i>P. dumosus.</i>	Frijol de toda la vida.	Español.
Huancavelica.	<i>P. vulgaris.</i>	Occe poroto, poroto.	Quechua.
Huancavelica.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol canario, frijol rojo, frijol blanco grande, frijol guindo, frijol amarillo, frijol cápsula.	Español.
Junín.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol panamito, frijol caballero, frijol chalo, frijol norteño chispeado, frijol norteño, frijol negro, frijol canario, frijol rojo norteño, frijol de 60 días.	Español.
Lima.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol blanco, frijol de colores, frijol canario, frijol camanejo, vainita, frijol nema, frijol corriente, frijol negro.	Español.
Lima.	<i>P. vulgaris.</i>	Washpe.	Jakaru.
Lima.	<i>P. lunatus.</i>	Pallar, pallar de tres meses, pallar serrucho.	Español.
Loreto.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol común.	Español.
Pasco.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol numia.	Español.
Ucayali.	<i>P. vulgaris.</i>	Frijol ucayalino, frijol norteño, frijol panamito.	Español.
Ucayali.	<i>P. vulgaris.</i>	Mashaki.	Ashaninka.

Anexo 7. 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 frijol y del pallar, 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 *Phaseolus* sobre los cultivos convencionales y tradicionales.

Evaluación de riesgo de las plantas de *Phaseolus* 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 *Phaseolus* 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:

$$\text{Riesgo} = P \times C$$

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:

- 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.*
- La falta de conocimientos científicos o de consenso científico no se interpretará necesariamente como indicadores de un determinado nivel de riesgo, de la ausencia de riesgo, o de la existencia de un riesgo aceptable.*
- Los riesgos relacionados con los OVM o sus productos, por ejemplo, materiales procesados que tengan su origen en 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.*
- La evaluación del riesgo deberá realizarse caso por caso. La naturaleza y el nivel de detalle de la información requerida pueden variar de un caso a otro, dependiendo del OVM de que se trate, su uso previsto y el probable medio receptor.*

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 *Phaseolus*, 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 *Phaseolus* GM en los ecosistemas y agroecosistemas.
- Transferencia horizontal de genes de la especie de *Phaseolus* GM al ambiente.
- Interacción entre la especie de *Phaseolus* GM con otros organismos u organismos asociados.
- Hibridación de la especie de *Phaseolus* GM con cultivos nativos o criollos.
- La especie de *Phaseolus* GM como vector de enfermedades.
- La especie de *Phaseolus* 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 *Phaseolus* GM con cultivos nativos o criollos.

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Phaseolus* spp GM se hibriden con especies de *Phaseolus* cultivado o silvestre?
- ¿Cuál es la probabilidad que las semillas híbridas de *Phaseolus* spp GM-convencional sean viables y se dispersen?
- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Phaseolus* spp híbrido GM-convencional se reproduzcan y se establezcan naturalmente?

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

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Phaseolus* GM alteren la abundancia y riqueza de los organismos asociados al frijol o al pajar convencional o criollo?

- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Phaseolus* GM alteren la abundancia y riqueza de los organismos y microorganismos del suelo asociados a la *Phaseolus* spp convencional o criollo?
- ¿Cuál es la probabilidad que especímenes de *Phaseolus* GM alteren la abundancia y riqueza de los polinizadores de las especies de *Phaseolus* 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 OVM 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 *Phaseolus* spp GM en los ecosistemas y agroecosistemas?
- ¿Cuál es la consecuencia de la transferencia horizontal de genes de la *Phaseolus* GM en el ambiente?
- ¿Cuál es la consecuencia de la interacción de *Phaseolus* spp GM con otros organismos u organismos asociados?
- ¿Cuál es la consecuencia de la hibridación de la *Phaseolus* spp GM con especies nativas?
- ¿Cuál es la consecuencia que *Phaseolus* spp GM si se comporta como vector de enfermedades?
- ¿Cuál es la consecuencia de la liberación de *Phaseolus* 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 97), 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.

Estimación del riesgo					
Probabilidad	Muy alta	Bajo	Moderado	Alto	Alto
	Alta	Bajo	Bajo	Moderado	Alto
	Baja	Insignificante	Bajo	Moderado	Moderado
	Muy baja	Insignificante	Insignificante	Bajo	Moderado
		Marginal	Menor	Intermedia	Mayor
Consecuencias					

Figura 99. Matriz para la estimación cualitativa del riesgo por introducción de OVM en el ambiente. Fuente: Paes de Andrade et al., 2012.

Fuente: Paes de Andrade et al., 2012.

Listado de siglas y acrónimos

ANP área natural protegida	Midagri Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego	OVM organismos vivos modificados
CDB Convenio sobre la Diversidad Biológica	MINAM Ministerio del Ambiente	Senasa Servicio Nacional de Sanidad Agraria
FAO Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura	OEFA Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental	Senamhi Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología
Indecopi Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual	ONG organización no gubernamental	UNALM Universidad Nacional Agraria La Molina
INIA Instituto Nacional de Innovación Agraria	ONU Organización de las Naciones Unidas	





PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Ministerio del Ambiente
Av. Antonio Miroquesada 425
Magdalena del Mar, Lima - Perú
Dirección General de Diversidad Biológica
(51) 6116000
www.gob.pe/minam

La diversidad del frijol y pallar en el Perú



81
especies

5
especies domesticadas
4 presentes en el Perú

76
especies silvestres
43 endémicas
Una de ellas es exclusiva del Perú:
Phaseolus debouckii

Especies cultivadas



Frijol de toda la vida
(*P. dumosus*)

Se encuentra en Perú, posiblemente como **escapes de cultivos o plantas ferales** (volviendo a comportarse como silvestres). Perenne, con flores blancas o rojas.



Frijol de toda la vida esmeralda
(*P. coccineus*)

Native de México o América Central. **Se cultiva en Cajamarca**, incluso como poblaciones de plantas arvenses o ferales. Perenne, con raíces gruesas y flores rojo esmeralda.



Frijol común
(*P. vulgaris*)

La más extendida, **presente en 24 departamentos**. Se cultiva desde el nivel del mar hasta los 3,850 m s. n. m., una de las mayores adaptaciones altitudinales para un cultivo.



Pallar
(*P. lunatus*)

Más del 80% de la producción nacional se centra en **Ancash, Lima e Ica**. El "Pallar de Ica" cuenta con Denominación de Origen, un reconocimiento a su calidad y vínculo territorial.



Especies silvestres

Kita Poroto, Monte Poroto, Atocpa Frijol o Gentil Poroto
(*P. augusti*)



Genéticamente relacionada con el pallar. **Crece entre los 1700 y 3200 m s. n. m.** en Plura, Amazonas, Cajamarca, Cusco, y otros departamentos.

Tari, Frijol de Pichón o Frijolillo
(*P. debouckii*)



Conocida como "tari", "frijol de pichón" o "frijolillo". Es una especie hermana de *P. vulgaris*. Se encuentra en Plura y Cajamarca.

Sachaporoto, Gentil Poroto o Frijol de Monte
(*P. pachyrrhizoides*)



¡Esta especie es endémica del Perú! Conocida como "sachaporoto", "gentil poroto" o "frijol de monte". **Se encuentra en Cusco, Apurímac, Ayacucho, Huánuco, Junín y Amazonas.**

La historia del frijol y pallar peruanos



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



Dr. Carlos Elera

Cueva del Guitarrero

(10 000 d.C. - 9000 a.C.)

Primeras evidencias de domesticación de frijol de hace 8500 años.



Nanchoc, Cuenca Hidrográfica de Zaña

(8000 - 4000 a.C.)



Chilca

(6000 a.C.)

Restos más antiguos de pallar de hace 5600 años.



Caral

(5000 - 3000 a.C.)

El frijol y el pallar estaban entre sus cultivos más importantes.



Cultura Nasca

(100 - 800 d.C.)

Representación frecuente de frijol y pallares en diversas manifestaciones culturales.



Cultura Paracas

(700 - 200 a.C.)

Uso del pallar como alimento e ícono religioso.



Huaca Prieta y Cupisnique

(2800 - 800 a.C.)

Restos arqueológicos con frijol y pallar.



Cultura Chavín de Huantar

(1100 a.C. - 400 a.C.)

Primera integración panandina de las culturas de la costa central y norte, la sierra norte y el alto Marañón.



Cultura Moche

(100 - 700 d.C.)

Uso del pallar como posible sistema de escritura. Representaciones notables del pallar.



Culturas Wari

(450 d.C. - 600 d.C.)

Contextos funerarios asociados con frijoles.



Cultura Chimú

(1100 d.C. - 1400 d.C.)

Entre las plantas comestibles consumidas estaban pallares, frijoles, huavas, entre otros.



Culturas Chancay

(1200 d.C. - 1470 d.C.)

Restos arqueológicos de frijol y pallar, grandes almacenes para comida.



Cultura Inca

(1200 d.C. - 1532 d.C.)

El frijol entre sus principales cultivos.

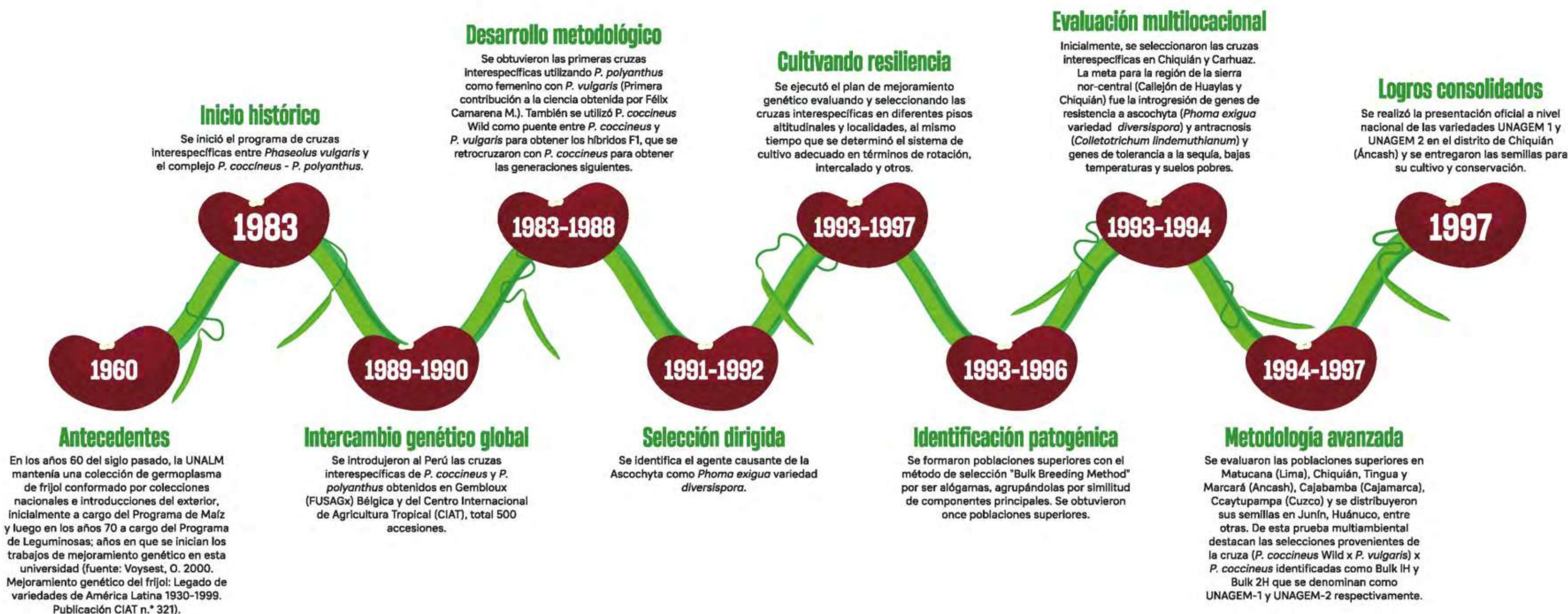




Experiencias en mejoramiento genético de frijol a partir de cruces interespecíficos en la UNALM

El Programa de Leguminosas de la UNALM realizó trabajos de investigación con los Unagem (se denominó Unagem por la participación de Gembloux (Bélgica) en la ejecución del proyecto), en cooperación con la Facultad Universitaria de Ciencias Agronómicas de Gembloux, universidades y agricultores, a través de tesis de pregrado, posgrado y doctorado de la UNALM y otras universidades.

Se buscó fuentes de resistencia a Ascochyta, Antracnosis y otros factores abióticos en *P. coccineus* y *P. polyanthus* (pool genético secundario de *P. vulgaris*). Se realizaron cruces interespecíficos para introducir genes de *P. coccineus* y *P. polyanthus* en *P. vulgaris*. Al utilizar *P. polyanthus* o *coccineus* como progenitor femenino, es viable obtener el híbrido mediante el cultivo *in vitro* de embriones, lo que atenúa el retorno a *vulgaris* y da oportunidad a la recombinación de caracteres.



Introgresión de genes de *Phaseolus coccineus* L. y *Phaseolus polyanthus* Greenm, en el patrimonio genético de *Phaseolus vulgaris* L. para las zonas altoandinas del Perú

Dr. Félix Camarena*, Mg Sc. Amelia Huaranga**, Mg Sc. Elvia Mostacero***, J. P. Baudoin****, Guy Mergeai

1. ESPECIES INVOLUCRADAS

***P. coccineus* L.**
Frijol Ayocote

Cultivado en América e Inglaterra

 Semillas grandes

 Germinación hipógea

 Flores más grandes que *P. polyanthus* y *P. vulgaris*

***P. polyanthus* Greenm.**
Frijol de toda la vida

Cultivado en Centro América y sierra norte del Perú

 Semillas grandes

 Germinación epígea

 Flores más grandes que *P. vulgaris*

***P. vulgaris* L.**
Frijol común

Cultivado en todo el mundo

 Semillas de tamaño variable

 Germinación epígea

 Flores más pequeñas que *P. polyanthus* y *P. vulgaris*

Vainas con lados relativamente comprimidos y en general bastantes gruesas y grandes

Número de semillas variable



Sistema radicular con tendencia a tuberoso

Formas perennes que indican que aún poseenn algunas características silvestres

Vainas comúnmente ovaes, delgadas y angostas.

Presentan de 4 a 7 semillas



Sistema radicular fasciculado

No presentan formas perennes

2. VARIEDADES UNAGEM 1 Y UNAGEM 2

Variedades adaptadas a condiciones altoandinas, con buen rendimiento, tolerancia a enfermedades y a la sequía, con granos grandes y de buena calidad comercial que se obtuvieron a partir del cruce de *P. polyanthus* como femenino con *P. vulgaris*. También se usó *P. coccineus* Wild como puente entre *P. coccineus* y *P. vulgaris* (Félix Camarena Mayta 1983 - 1988).

UNAGEM 1	UNAGEM 1 asociado con maíz	UNAGEM 2 asociado con maíz	UNAGEM 2
Hábito de crecimiento indeterminado trepador.			Hábito de crecimiento indeterminado trepador.
La altura promedio es de 1.60 cm			La altura promedio es de 1.50 cm sin tutor; 1,80 m con tutor y 2,00 m en asociación con maíz.
Presenta flores de color blanco			Presenta flores de color rojo
El número promedio de vainas por planta es 80. Estas son rectas con 3 a 4 semillas y se distribuyen uniformemente.			El número promedio de vainas por planta es 85. Estas son curvas con 3 a 4 semillas y se distribuyen uniformemente.
El tamaño del grano es grande, 100 semillas pesan 75gr; presentan forma cuboide y color blanco semibrillante.			El tamaño del grano es grande, 100 semillas pesan 90gr; presentan forma cuboide y truncado y color negro brillante.
Periodo vegetativo de 160 a 180 días después de la siembra.			Periodo vegetativo de 160 a 180 días después de la siembra.
Tolerante a la antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) y ascochyta (<i>Phoma exigua</i> variedad diversispora)			Tolerante a la antracnosis (<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>) y ascochyta (<i>Phoma exigua</i> variedad diversispora)
El rendimiento promedio de grano seco es de 1000 kg/ha en monocultivo; 1800 kg/ha en monocultivo con tutor; 700kg/ha en asociación con maíz			El rendimiento promedio de grano seco es de 1100 kg/ha en monocultivo; 2000 kg/ha en monocultivo con tutor; 800kg/ha en asociación con maíz
Se adapta desde los 2000 hasta los 3000 m s. n. m.			Se adapta desde los 2000 hasta los 3000 m s. n. m.

* Profesor Extraordinario Experto de la Facultad de Agronomía UNALM, ** Profesora Principal de la Facultad de Agronomía UNALM, *** Investigadora Agraria PLGO Facultad de Agronomía UNALM, **** Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique)

El pallar en simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno y promotoras de crecimiento

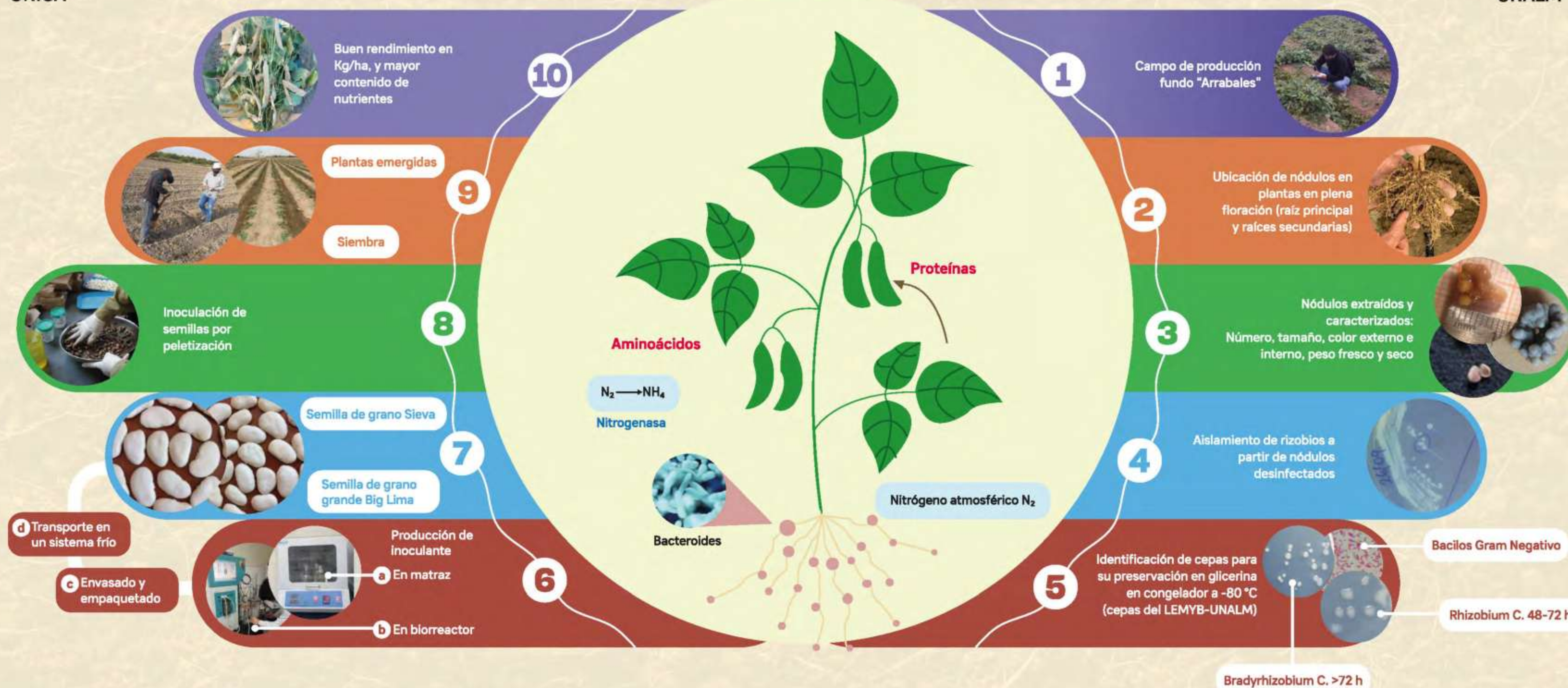
Una ruta hacia mayores y mejores rendimientos



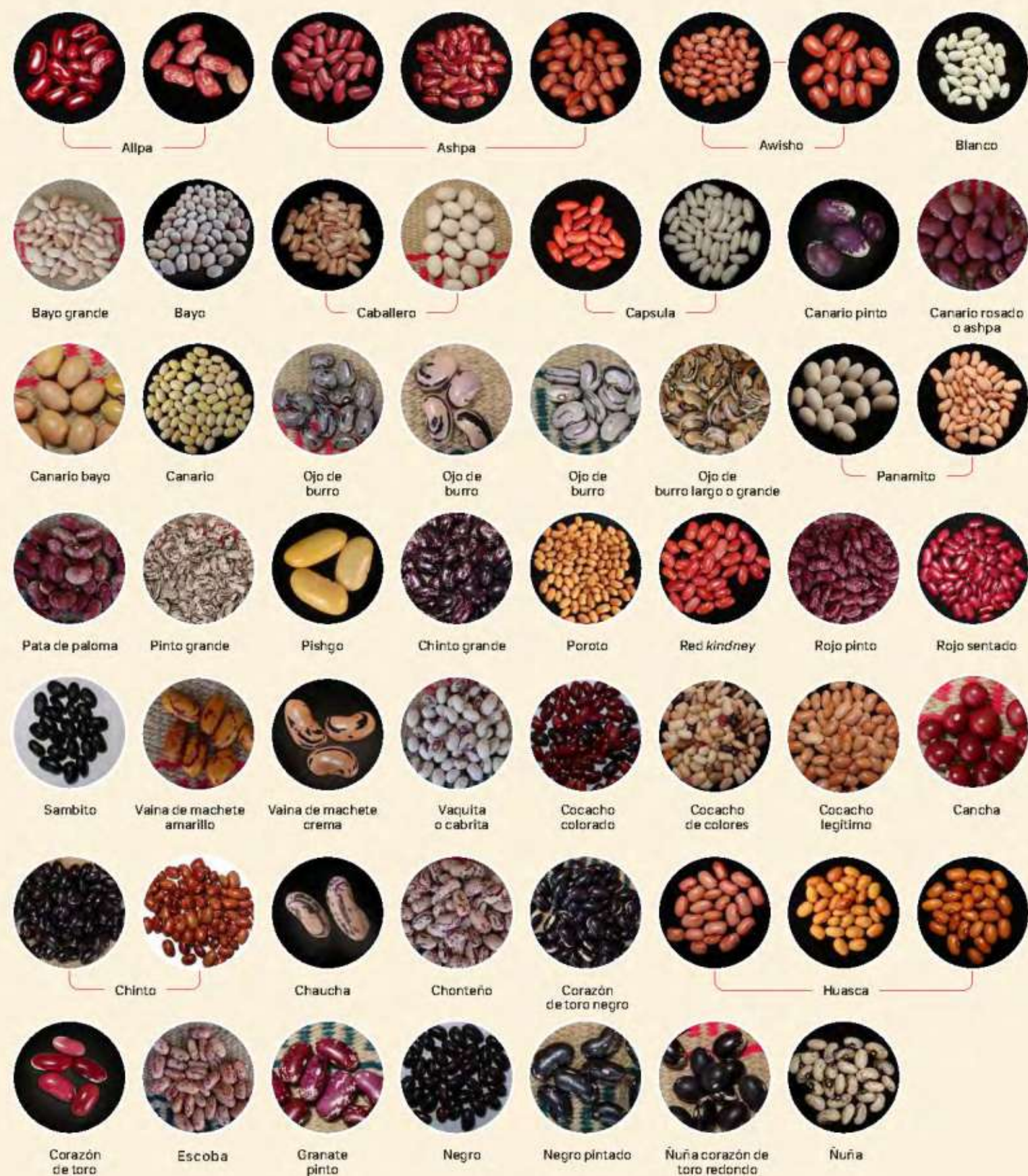
Luz Espinoza
UNICA



Doris Zúñiga
UNALM



Variabilidad del frijol común (*Phaseolus vulgaris*)



Variabilidad del pallar

