



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



Línea de base de la diversidad de la yuca peruana con fines de bioseguridad





**Línea de
base de la
diversidad
de la yuca
peruana
con fines de
bioseguridad**

Línea de base de la diversidad de la yuca peruana 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

<https://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, mayo 2025

Diseño y diagramación: Deivis Guevara Balcázar

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú n.º 2025-04100

ISBN n.º 978-612-4174-38-4

Impreso en:

J&N Inversiones Gráficas EI RL

Jr. Brescia 414 Comas

Tiraje: 500 ejemplares

Mayo, 2025

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

Verónica Cañedo

Tulio Medina

David Castro

César Palomino

Jessica Amanzo

Revisión de contenidos

Ricardo Sevilla

Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú

Gustavo Heiden

Universidad de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil





Presentación

El Ministerio del Ambiente del Perú, a través de su Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales y la Dirección General de Diversidad Biológica, se complace en presentar el libro “Línea de Base de la Diversidad de la Yuca Peruana con Fines de Bioseguridad”. Esta publicación constituye una herramienta de referencia clave para fortalecer la seguridad de la biotecnología y la gestión sostenible de los recursos genéticos del país.

El Perú, reconocido como uno de los principales centros de diversidad biológica a nivel mundial, alberga una riqueza de especies cultivadas y silvestres que sustentan la seguridad alimentaria y el bienestar de las comunidades. En este contexto, la yuca (*Manihot esculenta*), destaca por su importancia histórica, cultural y económica, así como por su papel clave en la resiliencia de las comunidades agrícolas frente a desafíos como el cambio climático y la bioseguridad.

El libro documenta de manera exhaustiva la diversidad biológica, genética y cultural de la yuca en el Perú, abarcando temas como su clasificación taxonómica, biología floral, agroecosistemas asociados y aspectos socioeconómicos. A través de prospecciones realizadas en 15 departamentos, se identificaron tanto variedades cultivadas como diversas especies silvestres, enriqueciendo el conocimiento sobre la variabilidad genética del género *Manihot*.

Esta publicación refleja el compromiso del Ministerio del Ambiente con la conservación de los recursos fitogenéticos, en el marco de la Ley n° 29811, que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados (OVM) al territorio nacional, prorrogada hasta diciembre de 2035 por la Ley n° 31111. Además de facilitar la evaluación de riesgos y beneficios relacionados con los OVM, este libro promueve la investigación y la gestión sostenible de estos recursos estratégicos para el Perú.

Confiamos en que esta obra será de gran utilidad para investigadores, tomadores de decisiones y la sociedad en general, contribuyendo a la protección y valorización del valioso patrimonio biológico del Perú.

MINISTERIO DEL AMBIENTE

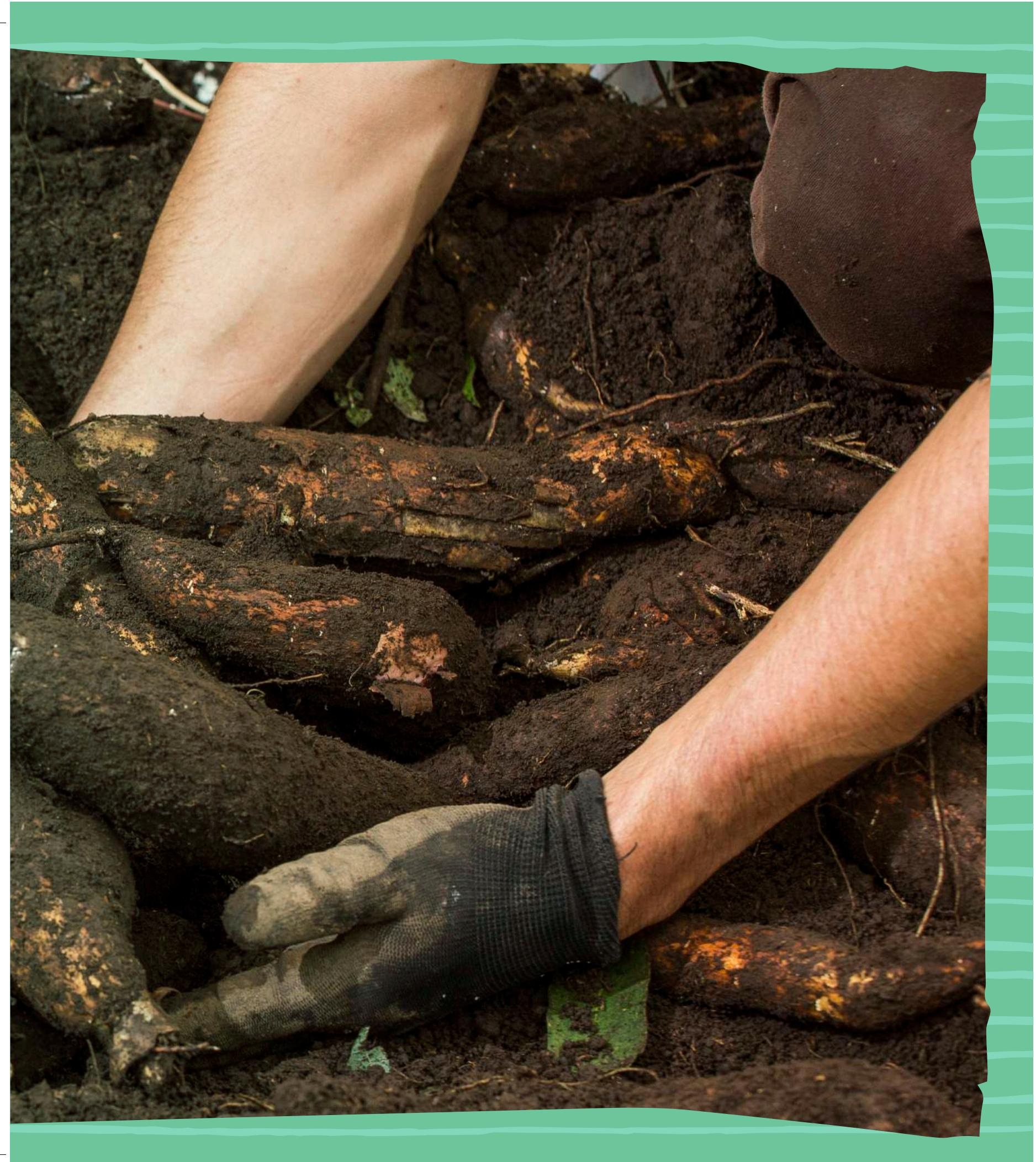
Índice

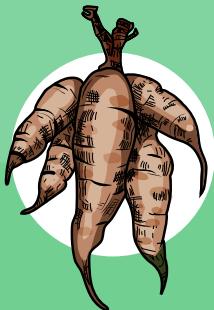
Presentación	5
1. Marco normativo asociado a los recursos genéticos y bioseguridad	8
1.1. Normas internacionales	10
1.2. Normas nacionales	13
2. Diversidad de la yuca	16
2.1. Clasificación taxonómica	19
2.2. Centros de origen y diversificación de la yuca	20
2.3. Biología floral de la yuca	23
2.4. Diversidad del género <i>Manihot</i> en el Perú	33
3. Organismos y microorganismos asociados al cultivo de la yuca	72
3.1. Caracterización de la entomofauna	75
3.2. Organismos y microorganismos blanco	76
3.3. Organismos y microorganismos no blanco	78
4. Regiones naturales y agroecosistemas donde se desarrolla la yuca y sus parientes silvestres	90
4.1. Regiones naturales asociadas al cultivo de la yuca y sus parientes silvestre	93
4.2. Agroecosistemas asociados a la yuca	100

5. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS Y CULTURALES DEL CULTIVO DE LA YUCA	102
5.1. Caracterización socioeconómica y cultural del productor	105
5.2. Estado actual de los cultivos de yuca, en el ámbito nacional	110
5.3. Situación y perspectivas de los productores de yuca respecto a los OVM	112
5.4. Aspectos etnolingüísticos de los productores de yuca	113
5.5. Usos tradicionales de la yuca	115
6. PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE LA DIVERSIDAD Y BIOSEGURIDAD	120
6.1. Conservación de la diversidad	122
6.2. La diversidad de yuca frente al cambio climático	125
6.3. Mejoramiento genético	126
6.4. Impactos potenciales en la diversidad de yuca y sobre su ambiente	128
7. GLOSARIO	138
Anexos	152
Listado de siglas y acrónimos	180

1

Marco normativo asociado a los recursos genéticos y bioseguridad





El Perú es considerado como uno de los países con mayor diversidad biológica en el mundo, siendo uno de los centros mundiales más importantes en recursos genéticos, tanto cultivados como silvestres (especies de flora y fauna). Esta biodiversidad contribuye significativamente a la seguridad alimentaria de poblaciones rurales y urbanas, además de proveer otros múltiples beneficios. Conservar este patrimonio genético es clave para promover el desarrollo sostenible y competitivo, la resiliencia frente al cambio climático y para hacer frente a pandemias como la del COVID 19.

1. Marco normativo asociado a los recursos genéticos y bioseguridad

Desde antes que se establezca el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) hasta la actualidad, se ha hecho más evidente para la humanidad, que el aprovechamiento de la diversidad biológica, los conocimientos ancestrales desarrollados sobre ella, así como su protección y conservación son tareas muy complejas. Se han desarrollado innovaciones tecnológicas que se encuentran en la frontera del conocimiento y se está recuperando y revalorando la tecnología tradicional, en un proceso paralelo que en todo el mundo plantea serios desafíos a las sociedades por sus implicancias éticas, biológicas y socioeconómicas para la diversidad de las especies cultivadas.

La diversidad biológica cultivada se encuentra, prácticamente, en todos los países, por ello el CDB ha establecido normas de carácter internacional para salvaguardar la diversidad biológica para las generaciones futuras. Estas normas han promovido la generación de otras a nivel nacional, particularmente en un grupo de países denominados megadiversos, entre los que se encuentra el Perú.

En la actualidad, se cuenta con un cuerpo normativo nacional e internacional que busca contrarrestar la pérdida de diversidad biológica y del conocimiento tradicional asociado, así como promover su conservación y recuperación, y su uso sostenible.

Normas internacionales

1. Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado en Río de Janeiro, Brasil, el 5 de junio de 1992, aprobado por el Perú mediante Resolución Legislativa n.º 26181 del 11 de mayo de 1993, entrando en vigencia el 5 de setiembre de 1993. El artículo 1 establece como objetivos 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 y un acceso adecuado. En el artículo 6 menciona que:
“Cada parte contratante, ... a) elaborará estrategias, planes o programas nacionales para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica o adaptará para ese fin las estrategias, planes o programas existentes, que habrán de reflejar, entre otras cosas, las medidas establecidas en el presente Convenio que sean pertinentes para la Parte Contratante interesada; y b) integrará, en la medida de lo posible y según proceda, la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica en los planes, programas y políticas sectoriales o intersectoriales” (Resolución Legislativa n.º 26181, 1993).
2. Decisión 391 de la Comisión del Acuerdo de Cartagena sobre el Régimen Común sobre Acceso a los Recursos Genéticos, dada en Caracas, Venezuela, el 2 de julio de 1996 y ratificada por el Congreso de la República del Perú el 5 de junio del 2003. Según el artículo 2, se tiene por objeto regular el acceso a los recursos genéticos de los países miembros y sus productos derivados y busca — con el inciso c) — promover la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos biológicos que contienen recursos genéticos (Decisión 391, 1993).

3. Protocolo de Kyoto de la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático, adoptado el 11 de diciembre de 1997. El Perú lo aprobó mediante Resolución Legislativa n.º 27824, de fecha 9 de setiembre de 2002, entrando en vigencia a partir del 16 de febrero de 2005 (Decreto Supremo n.º 80-2002-RE, 2002). En este convenio se prioriza la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al cambio climático, asegurando que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitiendo que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible.
4. Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la biotecnología del Convenio sobre Diversidad Biológica, firmado en enero del 2000, en Montreal, cuyo objetivo es contribuir a garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización seguras de los organismos vivos modificados (OVM) resultantes de la biotecnología moderna que puedan tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana, y centrándose concretamente en los movimientos transfronterizos (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2000).
5. Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, que establece el Régimen común sobre propiedad industrial, que trata sobre temas de patentes y licencias, y establece en su artículo 3, del patrimonio biológico y genético y de los conocimientos tradicionales:
“Los países miembros asegurarán que la protección conferida a los elementos de la propiedad industrial se concederá salvaguardando y respetando su patrimonio biológico y genético, así como los conocimientos tradicionales de sus comunidades indígenas, afroamericanas o locales. En tal virtud, la concesión de patentes que versen sobre invenciones desarrolladas a partir de material obtenido de dicho patrimonio o dichos conocimientos estará supeditada a que ese material haya sido adquirido de conformidad con el ordenamiento jurídico internacional, comunitario y nacional” (Comisión de la Comunidad Andina, 2000).
6. Tratado sobre los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación adoptado por la Conferencia de la FAO el 3 de noviembre de 2001, ratificado por el Congreso de la República del Perú, el 6 de junio de 2003, tiene como objetivos: la conservación y utilización sostenible de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura y la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización en armonía con el Convenio sobre la Diversidad Biológica, para una agricultura sostenible y la seguridad alimentaria (Food and Agriculture Organization [FAO], 2001).
7. Protocolo de Nagoya sobre Acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al Convenio sobre la Diversidad Biológica. Fue adoptado el 29 de octubre de 2010 en la ciudad de Nagoya, Japón, firmado por el Perú el 4 de mayo de 2011 y aprobado por Resolución Legislativa n.º 30217 el 3 de julio de 2014. Este protocolo se aplica a los beneficios que se deriven de utilizar los recursos genéticos, incluyendo a los conocimientos tradicionales asociados (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011a).
8. Protocolo Suplementario Nagoya-Kuala Lumpur al Protocolo de Cartagena sobre bioseguridad, que fue firmado por el Perú el 4 de mayo del 2011, entró en vigencia el 5 de marzo del 2018. Tiene el objetivo de contribuir a la conservación y al uso sostenible de la biodiversidad con normas y procedimientos internacionales en el campo de responsabilidad y compensación relativas a los OVM. Se aplica a los daños que resulten por el movimiento transfronterizo voluntario, involuntario o ilícito de OVM destinados a alimentación humana o animal, que serán procesados para elaborar diversos productos o serán usados en espacios confinados o liberados al ambiente. Este protocolo fue ratificado por el Congreso de la República el 7 de abril de 2022 a través de la Resolución Legislativa n.º 31442 (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica, 2011b).

Normas nacionales

1. La Constitución Política del Perú (Congreso de la República del Perú, 1993) establece en su capítulo II, artículo 66 que “los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la nación”. El Estado es soberano en su aprovechamiento y en el artículo 68 menciona que “el Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas”.
2. Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, Ley n.º 26821 (1997) del 25 de junio, en su artículo 5 señala que:
“Los ciudadanos tienen derecho a ser informados y a participar en la definición y adopción de políticas relacionadas con la conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Se les reconoce el derecho de formular peticiones y promover iniciativas de carácter individual o colectivo ante las autoridades competentes, de conformidad con la ley de la materia”. En su artículo 7 menciona que:
“Es responsabilidad del Estado promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, a través de las Leyes especiales sobre la materia, las políticas del desarrollo sostenible, la generación de la infraestructura de apoyo a la producción, fomento del conocimiento científico tecnológico, la libre iniciativa y la innovación productiva. El Estado impulsa la transformación de los recursos naturales para el desarrollo sostenible”.
3. Ley n.º 26834 (1997) de Áreas Naturales del 30 de junio, en el artículo 2 menciona como objetivos:
“Asegurar la continuidad de los procesos ecológicos y evolutivos, evitar la extinción de especies de flora y fauna silvestre, evitar la pérdida de la diversidad genética, mantener y manejar los recursos de flora silvestre, de modo que aseguren una producción estable y sostenible; y conservar la identidad natural y cultural asociada existente en las áreas naturales”.
El Sistema Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sinanpe) está conformado por las áreas naturales protegidas, referidas en el artículo 22 de dicha ley. En la gestión del sistema se integran las instituciones públicas del gobierno central, gobiernos descentralizados de nivel regional y municipalidades, instituciones privadas y las poblaciones locales que actúan, intervienen o participan, directa o indirectamente en la gestión y desarrollo de estas áreas.
4. Ley n.º 26839 (1997) de Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica, del 8 de julio, menciona, en sus artículos 13, 14 y 15 que el Estado promueve el establecimiento e implementación de mecanismos de conservación *in situ* y *ex situ*, de la diversidad biológica, en la cuales se priorizarán las especies nativas y sus parientes silvestres. El artículo 31 establece que:
“El Estado realiza la gestión de la diversidad biológica a través de las autoridades competentes que, para los efectos de la presente ley, son los ministerios, organismos públicos descentralizados y otros órganos de acuerdo a las atribuciones establecidas en sus respectivas normas de creación”, siendo el Estado parte en el procedimiento de acceso a los recursos genéticos.

5. Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología, Ley n.º 27104 (1999) y su reglamento aprobado por Decreto Supremo n.º 108 (2002). Esta ley establece como finalidad en el artículo 2:
“a) Proteger la salud humana, el ambiente y la diversidad biológica; b) promover la seguridad en la investigación y desarrollo de la biotecnología en sus aplicaciones para la producción y prestación de servicios; c) regular, administrar y controlar los riesgos derivados del uso confinado y la liberación de los OVM; d) regular el intercambio y la comercialización, dentro del país y con el resto del mundo de OVM, facilitando la transferencia tecnológica internacional en concordancia con los acuerdos internacionales suscritos y que suscriba el país”.
6. Ley que establece el Régimen de Protección de los Conocimientos Colectivos de los pueblos Indígenas vinculados a los Recursos Biológicos, Ley n.º 27811 (2002) promulgada el 24 de julio. Establece que el Estado Peruano reconoce el derecho y la facultad de los pueblos y comunidades indígenas de decidir sobre sus conocimientos colectivos, es decir *“conocimientos acumulados y transgeneracionales desarrollados por los pueblos y comunidades indígenas respecto a las propiedades, usos y características de la diversidad biológica”*.
7. Ley Orgánica de Gobiernos Regionales, Ley n.º 27867 (2002) que en el inciso 8 del artículo 8º incluye el principio de sostenibilidad: *“la gestión regional se caracteriza por la búsqueda del equilibrio intergeneracional en el uso racional de los recursos naturales para lograr los objetivos de desarrollo, la defensa del medio ambiente y la protección de la biodiversidad”*.
8. Ley n.º 27262 (2008), Ley General de Semillas modificada por el Decreto Legislativo n.º 1080 (2008) y su reglamento, establecen las normas para la promoción, supervisión y regulación de las actividades relativas a la investigación, producción, certificación y comercialización de semillas de calidad.
9. Decreto Legislativo n.º 1013 (2008), que aprueba la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente. En el artículo 3, numeral 3.1, menciona que:
“El objeto del Ministerio del Ambiente es la conservación del ambiente, de modo tal que se propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los recursos naturales y del medio que los sustenta, que permita contribuir al desarrollo integral social, económico y cultural de la persona humana, en permanente armonía con su entorno, y así asegurar a las presentes y futuras generaciones el derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado para el desarrollo de la vida”. Con respecto a los lineamientos ambientales básicos de las políticas públicas, el literal c del artículo 11 de la precitada ley señala como lineamiento de política:
“El aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, incluyendo la conservación de la diversidad biológica, a través de la protección y recuperación de los ecosistemas, las especies y su patrimonio genético. Ninguna consideración o circunstancia puede legitimar o excusar acciones que pudieran amenazar o generar riesgo de extinción de cualquier especie, subespecie o variedad de flora o fauna”.

10. Ley Forestal y de Fauna Silvestre, Ley n.º 29763 (2011), promulgada el 21 de julio, y cuyos cuatro reglamentos fueron aprobados en el año 2015 (Reglamento para la gestión forestal, Decreto Supremo n.º 018-2015), Reglamento para la gestión de la fauna silvestre (Decreto Supremo n.º 019-2015), Reglamento para la gestión de plantaciones forestales y los sistemas agroforestales (Decreto Supremo n.º 020-2015) y Reglamento para la gestión forestal y de fauna silvestre en Comunidades Nativas y Comunidades Campesinas (Decreto Supremo n.º 021-2015), estipula que toda persona tiene el derecho de acceder al uso, aprovechamiento y disfrute del patrimonio forestal y de fauna silvestre, siguiendo los procedimientos establecidos por la autoridad nacional y regional. Asimismo, toda persona tiene el deber de contribuir con la conservación de este patrimonio. Esta ley tiene como uno de sus principios generales a la gobernanza forestal y de fauna silvestre para hacer posible la participación de los diversos actores públicos y privados.
11. Ley n.º 29811 (2011), publicada el 17 de noviembre, donde se aprueba la Ley que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados al Territorio Nacional por un periodo de diez años, precisa en su artículo 2, que tiene por finalidad fortalecer las capacidades nacionales, desarrollar la infraestructura y generar las líneas de base respecto de la biodiversidad nativa, que permita una adecuada evaluación de las actividades de liberación al ambiente de OVM. Designando al Ministerio del Ambiente como autoridad nacional competente para proponer y aprobar las medidas necesarias para el cumplimiento del objetivo de la ley de la moratoria.
12. Decreto Supremo n.º 008-2012-MINAM (2012), publicado el 13 de noviembre, que aprueba el Reglamento de la Ley que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de OVM al Territorio Nacional por un periodo de diez años.
13. Decreto Supremo n.º 004-2014-MINAGRI (2014) del 7 de abril, que actualiza la categorización de especies amenazadas de flora silvestre, que había sido aprobada por D.S. n.º 043-2006-AG del 13 de julio de 2006, en una lista de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.
14. Ley n.º 31111 (2021) publicada el 6 de enero y que amplía la vigencia de la ley de la moratoria por un período de quince años adicionales, hasta el 31 de diciembre de 2035. Actualmente se encuentra en proceso de adecuación y actualización del reglamento vigente.
15. Decreto Supremo n.º 019-2021-MINAM (2021) que aprueba el Reglamento de acceso a recursos genéticos y sus derivados, el 22 de julio de 2021, y que deroga el Decreto Supremo n.º 003-2009-MINAM y la Resolución Ministerial n.º 087-2008-MINAM.

2

Diversidad de la yuca







La yuca, un cultivo de profunda raigambre histórica en América, representa mucho más que un simple alimento. Originaria probablemente de la cuenca amazónica o sus márgenes, esta planta de la familia Euphorbiaceae ha sido fundamental en la dieta de comunidades indígenas desde hace aproximadamente 9000 años, facilitando incluso el asentamiento de poblaciones en comunidades y aldeas. Su importancia archaeological queda demostrada por hallazgos que datan desde civilizaciones preincaicas como Chavín, Paracas y Mochica, donde se han encontrado evidencias de su cultivo en tumbas y representaciones cerámicas.

El estudio presentado revela una extraordinaria diversidad genética y cultural de la yuca en Perú, documentando no solo su distribución geográfica sino también la riqueza de denominaciones locales que reflejan la profunda conexión de las comunidades con este cultivo. Mediante una exhaustiva prospección en 15 departamentos, los investigadores identificaron no solo la especie cultivada *Manihot esculenta*, sino también cuatro especies silvestres, resaltando la complejidad biológica y la importancia de la conservación de la agrobiodiversidad peruana.

2.1 Clasificación taxonómica

La yuca pertenece a la familia Euphorbiaceae que incluye especies que se caracterizan por su notable desarrollo de los vasos laticíferos, compuestos por células secretoras llamadas galactocitos. Esto es lo que produce la secreción lechosa que caracteriza a las plantas de esta familia. Existe una gran variabilidad de arquitecturas de la planta dentro de esta familia, desde los tipos arbóreos (p. ej.: caucho, *Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) hasta los arbustos, también de importancia económica (p. ej.: ricino, *Ricinus communis* L.) [Ceballos & De la Cruz, 2002].

Subdivisión Angiospermae o Magnoliophyta (Angiospermas)

Clado Mesangiospermae (Mesangiospermas)

Clase Eudicotyledoneae (Eudicotiledóneas)

Clado Gunneridae (Gunneridas)

Clado Pentapetalae (Pentapétalas)

Clado Superrosids (Superrósidas)

Subclase Rosids (Rósidas)

Clado Fabidae (Fábidas)

Orden Malpighiales Juss. ex Bercht. & J. Presl

Familia Euphorbiaceae Juss.,

Género **Manihot** Mill.

Especie **Manihot brachyloba** Müll. Arg.

Especie **Manihot esculenta** Crantz

Especie **Manihot leptophylla** Pax & K. Hoffm.

Especie **Manihot peruviana** Müll. Arg.

Especie **Manihot anomala** Pohl

Subespecie **Manihot anomala** subsp. **pavoniana** (Müll.Arg.) D.J. Rogers & Appan

Fuente: APG IV¹, The Catalogue of Life Partnership (2017)

¹APG IV. Angiosperm Phylogeny Group. Grupo que ha desarrollado un sistema de clasificación taxonómica, publicado el 2016, el mismo que está basado mayormente en información molecular, que genera los clados, y en el que la categoría taxonómica “familia” se organiza alfabéticamente dentro de “orden”.

2.2 Centros de origen y diversificación de la yuca

Sobre el origen de *Manihot* hay diversa literatura publicada que se puede reunir en tres zonas geográficas muy amplias de los trópicos de América. Una primera zona incluye tres lugares de probable origen de *Manihot*: i) en la zona sur de la cuenca del Amazonas (Allem, 1994), ii) el centro oeste de Brasil, y iii) el oriente del Perú (Olsen & Schaal 1999), que se presentan en el mapa de la figura 1. Asimismo, se considera Brasil como el centro más probable de origen de la planta cultivada (Vavilov, 1992), debido a que en esta zona se encontró el mayor número de variantes cultivadas de la yuca (Rogers, 1963), abarcando las zonas húmedas de América tropical, incluyendo también las cuencas del río Amazonas y Orinoco. Asimismo, se menciona que la domesticación del cultivo pudo realizarse aproximadamente hace unos 9000 años, lo cual posibilitó el asentamiento de la población en comunidades o aldeas (De Candolle, 1884).



Figura 1. Mapa de posibles lugares de origen de la yuca

Fuente: elaborado sobre la base de: Olsen & Schaal (1999), Allem (1994), Rogers (1963), Sauer (1950).

Una segunda zona geográfica de probable origen de la especie sería la sabana de Venezuela, fundamentándose en el movimiento de poblaciones y la utilización actual de la planta de la yuca, ubicando su origen específicamente en la cuenca del lago Maracaibo (Sauer, 1950), de ahí se habría difundido a través de los ríos Orinoco, Casiquiare y Negro y hacia la Amazonía, llegando por los afluentes fluviales a Bolivia, Paraguay y Perú. La aseveración anterior se basa en una evidencia entomológica, debido a la coevolución de un fitófago *Phenacoccus herreris* (piojo harinoso de la yuca) muy frecuente en Venezuela, en donde cuenta con varios enemigos naturales, y que es poco frecuente en Brasil donde no tiene enemigos naturales (Montaldo, 1985). En apoyo a esta propuesta, se considera que el cultivo de la yuca fue realizado primero por un grupo de arahuacos en el noroeste de Sudamérica, que también se dedicaban a la manufactura de cerámica, algunos de ellos emigraron por la costa del Caribe hacia la cuenca de la Laguna de Tacarigua, cruzaron el llano y llegaron al Orinoco y sus afluentes. El movimiento principal habría sido remontando el Orinoco, río arriba, luego la yuca fue llevada a través de los ríos Purús (Ucayali, nace en el Perú, y comparte frontera con Brasil), Juruá (Ucayali, nace en el Perú y comparte frontera con Brasil), Ucayali (Ucayali, Perú), Marañón (Huánuco, Perú), Napo (ubicado entre Ecuador y Perú), Putumayo (ubicado entre Colombia y Brasil), Caquetá (discurre entre Colombia y Brasil) y pequeños afluentes (Schwerin, 1970).

Una tercera zona geográfica de probable origen de la yuca es la que se ubica en Mesoamérica (sur de México y parte de Centro América, particularmente Guatemala y Honduras) (Rogers, 1963), basándose en la presencia de probables parientes cercanos de la yuca. La especie *M. esculenta* primero habría llegado a ser un importante elemento en la dieta de pueblos de las tierras bajas tropicales de Mesoamérica y de allí fue distribuida a otras partes de Mesoamérica y América del Sur. Esta propuesta considera que las yucas dulces fueron domesticadas primero, dentro de un conjunto de cultivos de propagación vegetativa y de propagación por semillas como el maíz.

Es importante recordar que la yuca fue un cultivo conducido por los nativos antes de la conquista de América, sus raíces frescas fueron usadas para consumo y la yuca dulce se procesaba para elaborar harina o fariña y la bebida llamada masato, mientras que, con la yuca amarga se preparaba el pan de yuca denominado casabe (Hawkes, 1989). Incluso hace 3000 años en los llanos aluviales de los ríos de Colombia y Venezuela se utilizaban callanas o tiestos de arcilla, los mismos que servían para hornear tortas de yuca amarga, por ello se considera que el cultivo de yuca empezó en la cuenca amazónica o en sus márgenes hace 7000 a 9000 años, según Lathrap (1970, citado por Hawkes, 1989).

Asimismo, en la comunidad de los Gavilanes en Huarmey, Áncash, Perú, perteneciente a la cultura Caral (2000 a. C.) se recuperaron evidencias de 15 especies cultivadas entre las que se encontró maíz, maní, jíquima y yuca (*M. esculenta*) (Instituto Nacional de Cultura [INC], 2003). El ceramio de la cultura Mochica (1 a 800 años d. C.) es una de las evidencias arqueológicas de la costa peruana de la presencia de esta raíz en América del Sur, que data desde antes de la época Preinca (figura 2).

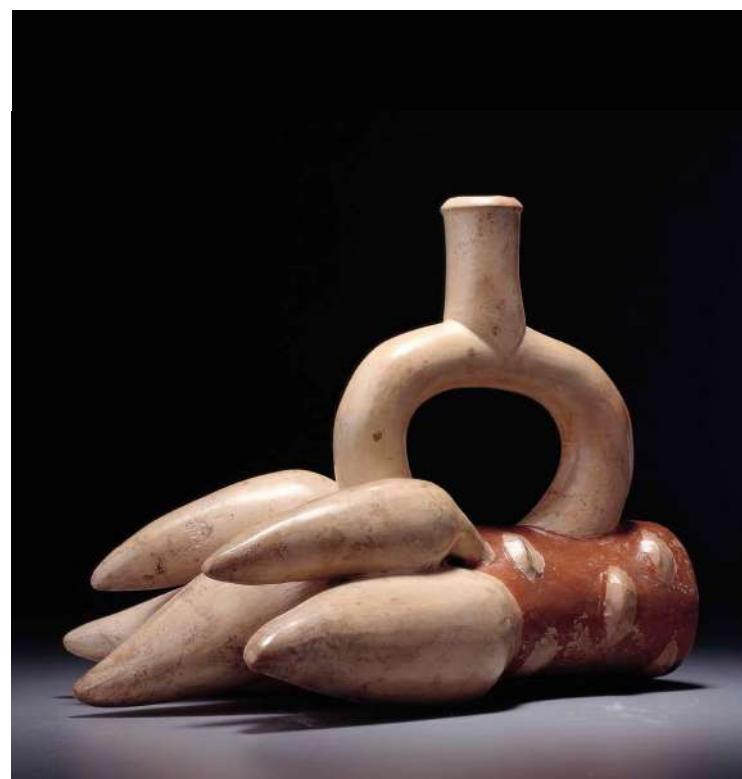


Figura 2: Botella Mochica en forma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) (1 – 800 d. C.) Museo Larco, Lima, Perú

La presencia del cultivo de la yuca en el Perú se habría dado desde mucho antes de la época Preinca, pues cerca de Pisco (Ica), en las excavaciones que realizaba Julio C. Tello en 1925, encontró restos de yuca junto a los de algodón, papa y otras plantas, en tumbas de civilizaciones primarias (McGovern, 1927). Al norte de Lima, en Ancón, se encontraron tumbas con momias, junto a las cuales había semillas de maíz, frijol, maní y otros, junto con restos de yuca seca. También en Chimbote (Áncash, colindante con La Libertad) se encontraron vasos funerarios en forma de achira, papa y yuca (Safford, 1927). Por otro lado, el consumo de la bebida llamada masato, se remonta mucho tiempo antes de la conquista y constituye un alimento básico, asociado a los principales acontecimientos sociales y culturales (Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana [IIAP], 2018).

En cuanto a la forma de yuca que se comenzó a cultivar en lo que hoy es el Perú, hay reportes de restos macroscópicos en áreas desérticas de la Cultura Chavín entre los 1600 a. C. a los 800 años a. C. en adelante, por lo que hace suponer que la planta fue introducida a estos lugares ya en su forma domesticada, cultivable (Fernandez & Rodriguez, 2007).

Julio C. Tello en 1925 encontró raíces de yuca en las tumbas de las primeras civilizaciones Paracas (cultura Preinca que se desarrolló entre los años 700 a. C. y 200 d. C.) (Nordenskiold, 1931), estas yucas eran pequeñas y torcidas, diferentes a las halladas en tumbas abiertas posteriormente en 1927. En Macchu Picchu (Cusco) se encontró yuca en los valles bajos, donde las condiciones climáticas permitían prosperar cultivos como plátano y coca (Bingham, 1922).

Evidencia histórica sobre los antiguos peruanos indica que la yuca estaba representada en las muestras de cerámica encontradas en diversas tumbas de la costa peruana de la época Preinca (Yacovleff & Herrera 1935). En la parte baja del río Marañón existía abundancia de yuca, camote y otras raíces (Tello, 2005), y los descubrimientos de arqueología peruana en la península de Paracas mencionan también a la yuca, papa y camote (Valladares, 2011).

Finalmente, es importante mencionar que la cultura Chimú (cultura Preinca que se desarrolló entre los siglos X y XV en el norte del Perú) y los Nazcas (cultura Preinca que existió entre los siglos I y VII en el sur del Perú) produjeron excelentes representaciones de las raíces usando vasos en forma de raíces de yuca.



2.3 Biología floral de la yuca

La biología floral, en su acepción más amplia, es la descripción detallada de estructuras y funciones de las partes florales, incluyendo el patrón de comportamiento (Kumar, 2011). La fenología de la floración es una secuencia de eventos que son altamente influenciados por el ambiente y el genotipo de una planta. Además, los estudios de la biología floral se ocupan de cómo funcionan las flores para promover la polinización y la reproducción sexual (Lloyd, Barrett & Spencer, 1996).

En relación con la fenología, un evento es una manifestación observable que se puede asociar a una fecha, por tanto, en el ciclo de vida de una planta (o animal) se pueden establecer fases fenológicas, cuya secuencia o sucesión de cambios puede ayudar en el proceso de conocimiento y toma de

decisiones. La biología floral de muchas especies vegetales es fruto de la coevolución con otras especies que interactúan con estas, como es el caso de los polinizadores, que ayudan a perpetuar la especie vegetal vía reproducción sexual.

Para el caso de la yuca cultivada *M. esculenta* ocurre que, mientras la evolución conjunta planta-polinizador iba en una dirección que promovía la reproducción sexual, la selección artificial hecha por el hombre desde el momento de su domesticación, iba en otra dirección. Al paso de miles de años, siendo una especie cultivada, ha predominado la selección humana con fines de producir y aprovechar sus raíces, órganos de reserva que son alimento. De esta manera, la selección fue indiferente a la reproducción sexual, que se presenta en forma natural.



Estructura floral

La yuca es monoica, con flores masculinas y femeninas separadas en la misma planta, pero ubicadas en una misma inflorescencia compuesta denominada panícula, conocida también como “racimo de racimos”. Es característica de esta inflorescencia, que el eje principal de crecimiento indefinido, pueda ser largo o corto, con ramificaciones laterales (racimos laterales). Las flores son pediceladas y se insertan directamente en el eje de la inflorescencia (figura 3), descripción que corresponde a *M. esculenta*. En el capítulo de diversidad de *Manihot* se ha incluido la descripción de la estructura floral de las especies silvestres encontradas durante la prospección 2020 en el Perú.

Los botones florales nacen juntos en la inflorescencia, que cuenta con flores femeninas pistiladas (basales) debajo de las flores masculinas estaminadas (distales). Normalmente, se forma los botones florales donde la planta se ramifica, de modo que, los genotipos altamente ramificados floren más prolíficamente que aquellos que no ramifican. En algunos cultivares, el inicio de la ramificación y por tanto de la floración, está promovido por días largos, hasta 16 horas de longitud del día (Alves, 2002; Ramos, Pineda, Wasek & Ceballos, 2019).

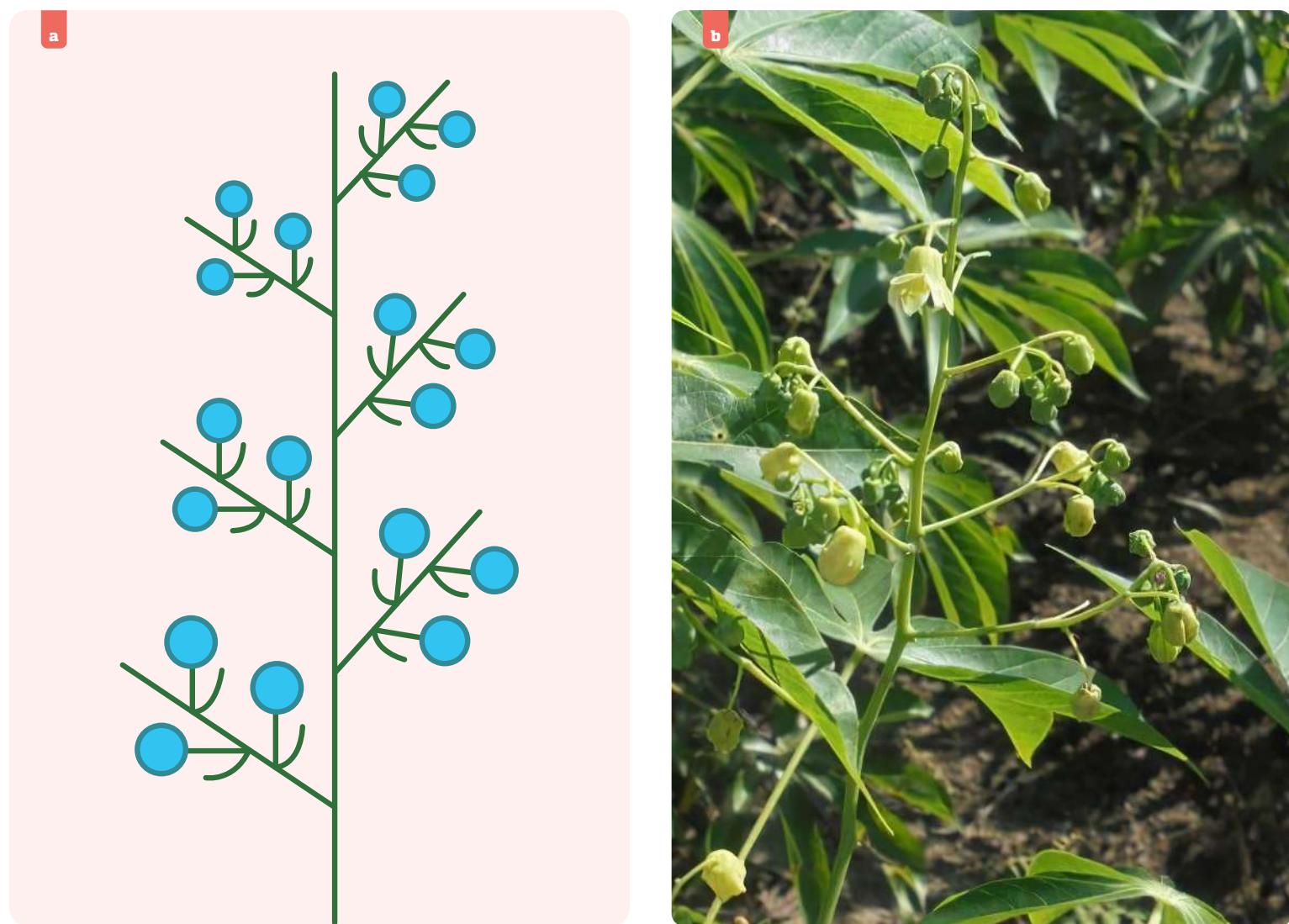


Figura 3. a) Diagrama floral de panícula, b) panícula de yuca, departamento de San Martín, 2020

El número de flores que produce una planta difiere entre variedades, existiendo genotipos que nunca se vieron florear (Alves, 2002; Kawano, Amaya, Daza & Rios, 1978). La floración puede también estar influenciada por factores ambientales, de modo que, un clon particular puede no florear en un ambiente, producir flores abortadas o producir numerosas flores con muchas semillas en otro ambiente (Halsey, Olsen, Taylor & Chavarriaga-Aguirre, 2008). La temperatura promedio de 24 °C es la más conveniente para la floración (Alves, 2002).

La evolución de la inflorescencia y estructuras florales en la yuca involucra varias reducciones de órganos: las flores son pequeñas y apétalas, las femeninas se reducen a un pistilo protegido por brácteas de origen foliar (tépalos) y las masculinas a un androceo protegido por brácteas de similar origen. Esta combinación es conocida como “ciatio”, encontrándose entonces ciatos masculinos y femeninos (Ramos, Pineda, Wasek & Ceballos, 2019). Las flores femeninas tienen cinco tépalos, que pueden ser rojos, amarillos o morados y un estigma pegajoso que segregá néctar el día en que la flor abre, atrayendo insectos polinizadores (Lebot, 2009). Las flores estaminadas son de la mitad de tamaño que las femeninas, aproximadamente 5 mm, pero son más numerosas y cada una tiene diez estambres, que nacen en dos anillos (Alves, 2002) a partir de un disco basal (figura 4).

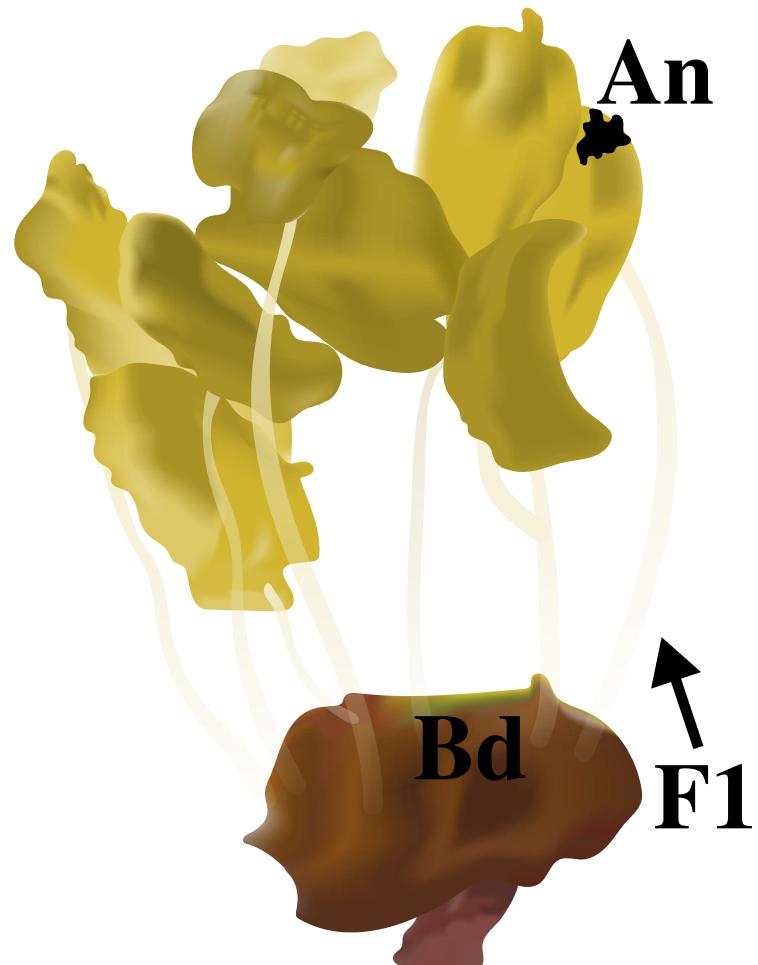


Figura 4. Ubicación de filamentos (Fl) y anteras (An) de la flor masculina a partir del disco basal (Bd). Adaptado de: Perera et al. (2012).



Se conocen alrededor de 98 especies del género *Manihot* a nivel global, que muestran amplios rangos de diferencias morfológicas en diferentes órganos. En la mayoría de ellas, la inflorescencia es terminal, excepto algunas especies acaulescentes del centro de Brasil. Las formas y tamaños de botones son similares, solo hay una especie, de un pariente silvestre muy cercano *Manihotoides pauciflora* (Brandegee) D.J. Rogers & Appan, que tiene inflorescencias unifloras, diferentes a las multifloras de *Manihot*. Una notable excepción al carácter de planta monoica es *Manihot stipularis* Pax colectada en Brasilia que tiene plantas dioicas (Nassar, 2000).



Figura 5. Inflorescencia tipo panícula (racimo de racimos) de eje largo, Satipo 2020

En experimentos en campo se ha observado que hay variedades con ejes de la panícula bastante largos y también cortos, con longitudes variables de los pedicelos de cada racimo (figura 5).

El hecho que las dos inflorescencias están más cercanas en el eje de la panícula no implica que coincidan en la floración, p.ej.: si hay 12 días de diferencia entre la floración masculina y femenina en una variedad de panícula larga, no implica que en una variedad de panícula corta esta diferencia será menor (figura 6).



Figura 6. Floración femenina Tocache, San Martín, 2020

Los botones y las flores de la yuca son realmente pequeñas (figura 7). Los frutos en desarrollo no son muy grandes en su máximo tamaño (1.5 a 2 cm de diámetro) y al avanzar la maduración se hacen más pequeños. En la figura 7 también se puede apreciar el tamaño de las flores abiertas.



Figura 7. Secuencia de desarrollo botón-flores-fruto en yuca, Tambopata, Madre de Dios, 2020

Floración y fructificación

La biología floral ha sido estudiada, especialmente, en relación con la utilidad de la hibridación manual para el mejoramiento genético. Se considera que las flores femeninas son fértiles el primer día de la apertura de brácteas y por lo tanto se suelen polinizar al medio día o tarde del mismo día de antesis (Ramos et al, 2019).

La floración de la yuca cultivada es muy diferente entre sus variedades. Algunas florean en dos meses luego de la siembra, mientras otras pueden florear hasta 24 meses después de esta. El rango más frecuente es la floración entre seis y 18 meses y una vez iniciada puede producir flores durante dos meses (Alves, 2002).

Por lo general, las estacas se seleccionan de plantas con menor ramificación, y como las inflorescencias se forman a partir de los puntos de ramificación de los tallos, la propagación vegetativa, es a largo plazo, una selección indirecta contra la formación de flores y la capacidad de las plantas individuales para reproducirse sexualmente (Halsey et al., 2008), ya que los tallos rectos, y no las ramificaciones, son los preferidos para dar origen a las estacas que son utilizadas en la siembra.

En las variedades con ramificación, la floración se puede iniciar tan temprano como en dos meses después de la siembra y la formación de flores ocurre aproximadamente una semana después en los puntos de ramificación (Halsey et al., 2008). Sin embargo, se reporta que las primeras inflorescencias abortan de modo que flores funcionales generalmente se ven emergiendo de los puntos secundarios de ramificación (Lebot, 2009).

Ramos et al. (2019) expresan, que se supone, que luego de la floración los óvulos fertilizados darán lugar a semillas, pero en la yuca esta etapa es también complicada; por diversas razones, no hay cuajado de frutos, o hay mal desarrollo de ellos, o se presenta partenocarpy y al final no se desarrollan las tres semillas que en teoría se deberían alcanzar. En la yuca se ha estudiado algunas de las posibles razones para estos problemas, como el crecimiento de los tubos polínicos. La polinización y la elongación del tubo polínico tienen múltiples efectos en la fisiología del pistilo. En varias especies las señales producidas por el crecimiento del tubo polínico son necesarias para que el saco embrionario se prepare para la fertilización, algunas veces es también prerequisito para su maduración completa (figura 8).

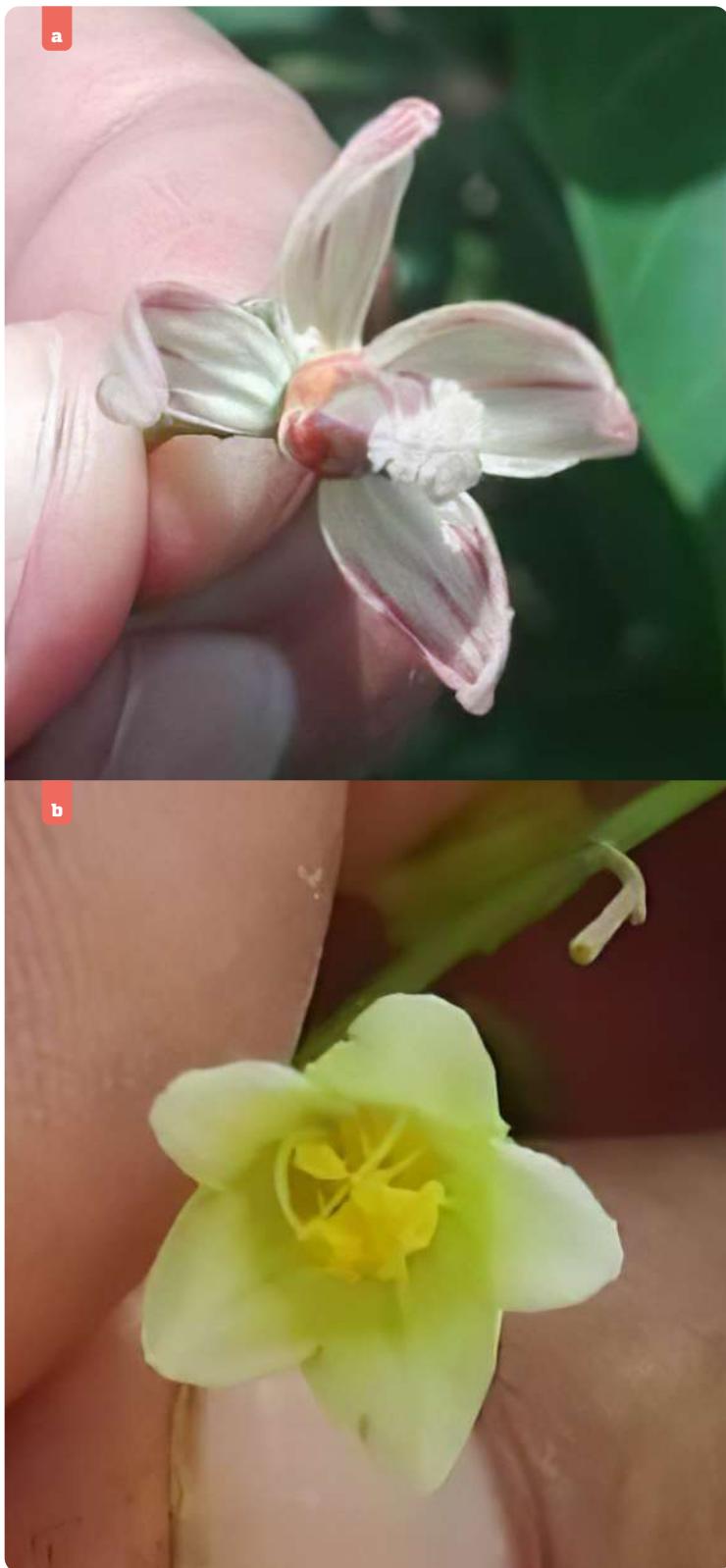


Figura 8. Flores de la yuca cultivada. a) Flor femenina, Satipo 2020.
b) Flor masculina, Tambopata 2020

La flor femenina (figuras 6, 7 y 8) se abre aproximadamente por un día y el estigma es receptivo durante todo ese tiempo. La fertilización ocurre entre 8 a 19 horas luego de la polinización (Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2016). Las inflorescencias individuales de la yuca presentan protoginia con las flores femeninas, abriendo una o dos semanas antes que las flores estaminadas en la misma inflorescencia. Sin embargo, debido a que una planta individual usualmente tiene más de una inflorescencia, se puede observar flores masculinas y femeninas abiertas al mismo tiempo (Alves, 2002).

Entre noviembre de 2019 y noviembre de 2020, se han desarrollado cinco estudios de carácter exploratorio sobre la biología floral de la yuca en Satipo (Junín), Zarumilla (Tumbes), Ayabaca (Piura) Tambopata (Madre de Dios) y Tocache (San Martín), en los que se ha tenido condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo y en particular para la floración en las localidades de selva, no así para los lugares de costa. Se observó que la ocurrencia o no de la floración es una expresión de la adaptación de la variedad al lugar, es así que, por ejemplo, en Tocache se presentó la floración más intensa. En la tabla 1 se presenta la información de las fases del ciclo de floración de las variedades de *M. esculenta* estudiadas.

La floración se inició en un amplio rango de días después de la siembra, desde 113 días en Satipo (Junín) hasta 185 días en Zarumilla (Tumbes). En Ayabaca (Piura) hasta los 270 días no se observó la formación de los botones florales.

En teoría, la floración concluye cuando se presenta la caída de las flores masculinas, cuando se supone que ya liberaron todo el polen que han producido, y esto se ha presentado en Junín entre los 137 a los 164 días, con una duración de la floración entre 24 a 32 días; en San Martín entre 133 a 169 días, con una duración de 36 días, siendo la mayor duración registrada en Madre de Dios, con 42 días.

Tabla 1 Estadísticos descriptivos en las etapas del ciclo floral de la yuca (2019-2020).

Departamento/ provincia	Variedad	Días a inicio de botón floral	Días a inicio de apertura floral	Días a floración femenina - estigmas visibles	Días a floración masculina - anteras visibles	Días a inicio de liberación de polen	Días a caída de flor masculina	Días a inicio de cuajado de fruto
		Media ± Desv. St.	Media ± Desv. St.	Media ± Desv. St.	Media ± Desv. St.	Media ± Desv. St.	Media ± Desv. St.	Media ± Desv. St.
Tumbes / Zarumilla	Machaleña - Palo verde	183 ±1.69	187 ±1.79	192 ±1.72	201 ±1.92	204 ±2.04	206 ±2.22	213 ±2.4
Piura / Ayabaca	Injerta				Sin floración			
	Colorada				Sin floración			
San Martín / Tocache	Coloradita	125 ±6.06	130 ±6.08	136 ±6.13	145 ±5.66	149 ±6.94	153 ±6.99	156 ±9.11
	Señorita	125 ±6.28	130 ±6.82	136 ±6.75	145 ±6.73	149 ±7.02	154 ±7.07	157 ±7.19
Junín / Satipo	Enana	123 ±6.73	129 ±8.97	136 ±8.83	141 ±8.12	141 ±6.83	144 ±6.68	148 ±6.18
Madre de Dios / Tambopata	Blanca	147 ±1.85	154 ±1.62	162 ±1.76	170 ±2.13	174 ±1.42	177 ±1.84	181 ±1.78
	Amarilla	148 ±1.45	157 ±2.06	164 ±1.96	172 ±1.26	177 ±2.31	183 ±1.72	189 ±1.71

Protaginia

Una de las características de mayor incidencia en la polinización de las flores de yuca es la protoginia, que se mide como los días entre la exposición del estigma y la liberación de polen, momentos que en teoría deberían coincidir para que se realice una polinización efectiva. La protoginia más amplia se observó en Tumbes, con 13 días, pero en promedio fue entre 8 a 9 días en todos los lugares experimentales (figura 9).

También se ha observado que, en una parcela de yuca, el efecto de borde en la floración es considerable, llegando a adelantar la floración entre 5 a 7 días; también fue notorio que en Tocache (San Martín) hubo una intensa formación de frutos en campo, posiblemente por las particulares condiciones ambientales y las variedades adaptadas a ellas (figura 10). En los otros sitios con floración no se observó la cantidad de frutos que se vio en ese lugar.



Figura 9. Protaginia, flores femeninas abiertas y masculinas aún cerradas



Figura 10. Floración y fructificación intensa, Tocache (San Martín) 2020

En Ayabaca (Piura) durante el periodo de seguimiento de la floración de las plantas evaluadas (270 días) no se produjo la floración, ni la formación de botones, aún cuando las plantas se encontraban en tercera ramificación. Al respecto, el testimonio del productor expresa que regularmente la floración se presenta luego de la ramificación (“horqueta” en sus palabras) y que se conocen las aptitudes de floración de diferentes variedades y en diferentes lugares. Por ejemplo, nos refirió que en zonas algo más altas como Sicchez en la misma provincia de Ayabaca, hay variedades de yuca que florean. Sin embargo, al momento de constatar que no había floración, se tomó muestras de la producción de raíces, habiendo ya alcanzado tamaño comercial, que es lo que realmente le interesa al productor. En África se reporta que sus variedades rara vez florean en sabanas secas o tierras altas (Hahn, Bokanga & Dixon, 1994); la altitud y las condiciones climáticas que ella representa, podría ser una explicación de la no floración en Paimas (Ayabaca).

En conclusión, el inicio de la floración en los cinco lugares de estudio se dio a partir de los 113 días, con casos en que no hubo floración, lo cual depende de la variedad. La evidencia experimental también indicó que en todos los lugares se presenta la protoginia, con la floración femenina alrededor de 8 a 9 días antes de la floración masculina, y que mayoritariamente la liberación de polen para el grupo de variedades y sitios estudiados se da antes de la apertura total de la flor masculina con anteras expuestas y visibles. El inicio del cuajado de los frutos se dio a partir de los 148 días como en Junín y llegó a tardar tanto como 213 días en Tumbes.

Finalmente, como se reporta en la literatura, hay varios problemas en las diferentes etapas de la floración, que también se han observado en los experimentos llevados a cabo. Las variedades florean en diferentes grados dependiendo de las condiciones de la localidad, desde nada, poco o mucho, pudiéndose interrumpir la secuencia de floración. Estas son expresiones básicas de adaptación.

Con fines de bioseguridad se ha determinado una tendencia que emplea ventajosamente la información de los experimentos de biología floral, con fines de apreciar superposición de floraciones de campos contiguos con variedades diferentes. En un escenario de liberación de OVM de yuca, se podría dar la superposición de etapas de floración entre diferentes variedades, para esto va a ser de mucha ayuda la visión gráfica de la secuencia de etapas de floración (figura 11).

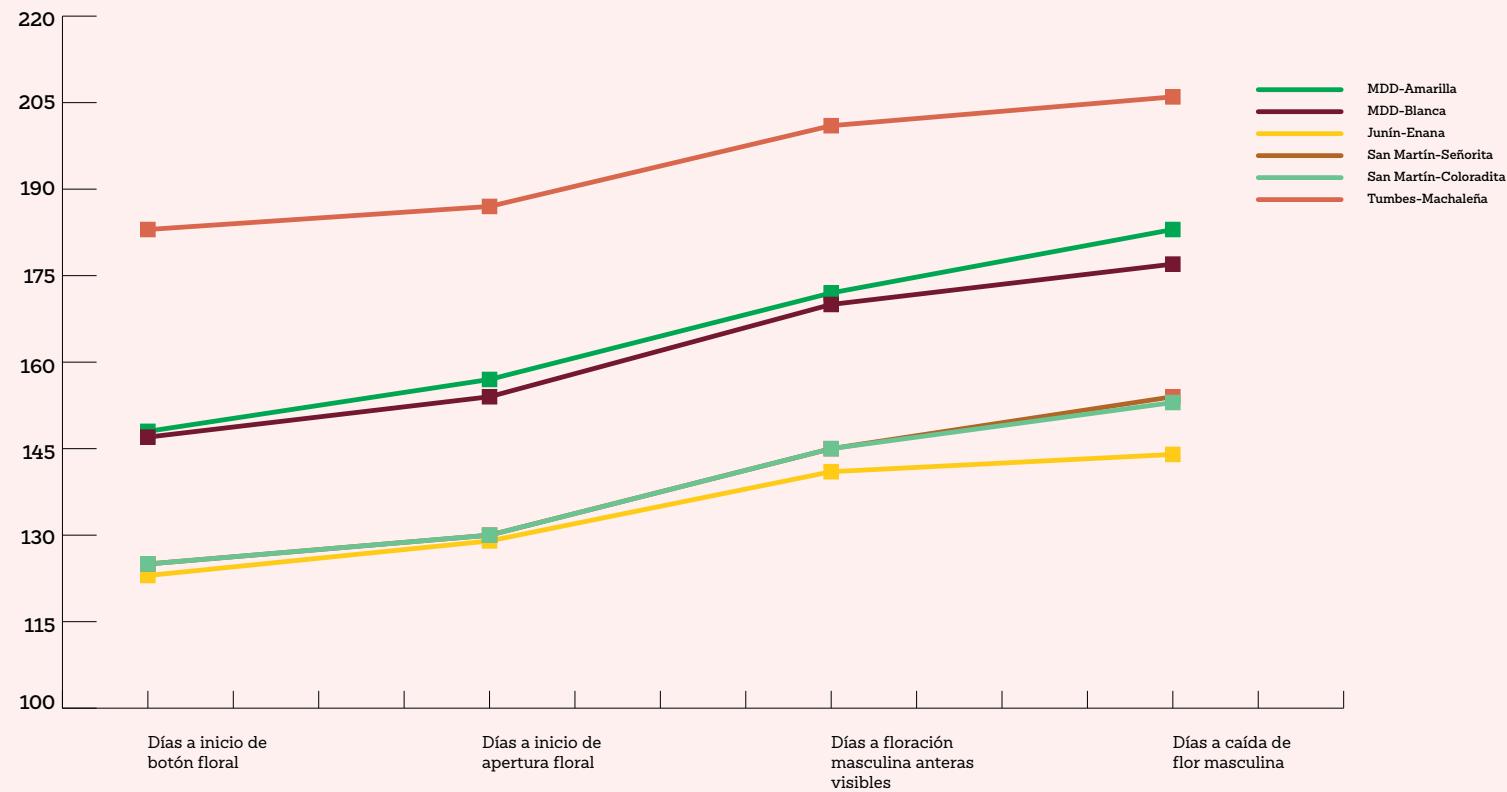
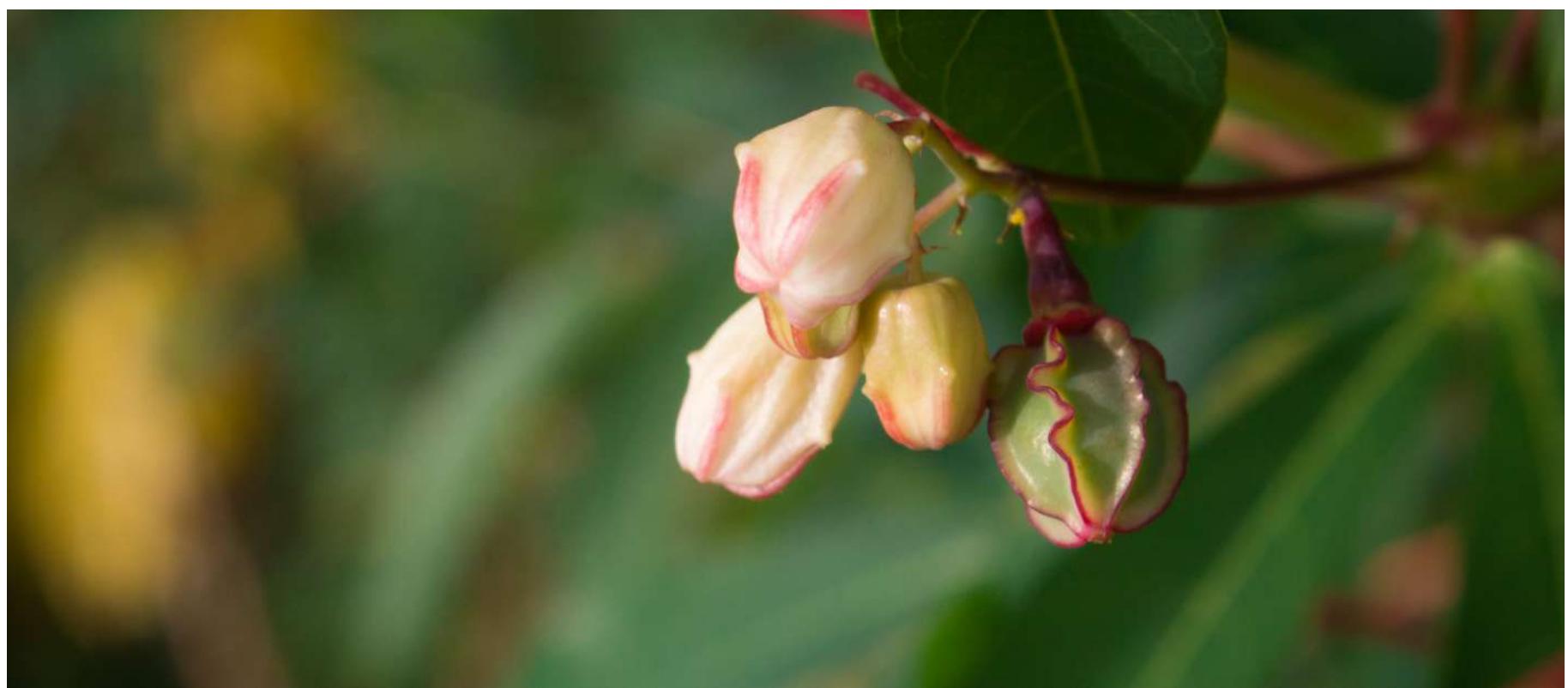


Figura 11. Curvas de secuencia de etapas de floración de yuca (2019 – 2020)



Es importante construir curvas de la secuencia de etapas de floración por variedades para cada localidad, con la finalidad de comparar posibles superposiciones cuando se trata de una variedad nueva. Estas curvas deben construirse incluyendo variedades conocidas con fines comparativos y apreciar así el grado de riesgo de flujo de polen y consecuentemente el flujo génico.

Para la evaluación de la floración por variedades, se ha observado también, que, en diversos lugares, diferentes variedades tienen nombres similares y esto puede crear confusión pues “Coloradita” florea profusamente en San Martín en tanto que “Colorada” no florea en Piura. Esta dificultad debe ser tratada también haciendo evaluaciones similares y construyendo curvas en cada lugar a donde se desea liberar una variedad nueva de la que se quiere evitar contaminación genética a las variedades locales.

Esta diversidad de resultados hace necesario que, para la evaluación de riesgo ante un escenario de liberación de una variedad genéticamente modificada (GM), deberá realizarse estudios similares caso por caso, con la construcción de curvas de secuencia fenológica de las variedades locales para contrastarlas con la información de la variedad que se desea liberar.

Una de las características desarrolladas por la yuca y reconocida en el mundo es su productividad relativamente alta en condiciones de lluvia errática y suelos de baja fertilidad, muestra una particular habilidad para producir en ambientes marginales que la hace ideal para un cultivo de seguridad alimentaria. Tiene también habilidad para tolerar y recuperarse del estrés biótico y abiótico, pero al mismo tiempo, todas estas características explican que la floración sea un fenómeno impredecible, ya que puede ser afectada por las condiciones marginales y cuando tienen ciclos de buen y mal ambiente está en capacidad de retomar la floración (Okogbenin et al., 2013), por lo tanto, es necesario realizar experimentos muy locales cuando se plantea realizar un análisis de riesgo de alguna variedad nueva que va a ingresar a un ambiente determinado.

Definitivamente, la mayoría de variedades de yuca cultivadas en los lugares de experimentación florean en mayor o menor grado. Hay fuertes influencias de las condiciones climáticas que combinadas con mayor altitud pueden condicionar la no floración, como lo que se observó en Paimas (Ayabaca), esas mismas variedades en otras condiciones podrían florear mucho antes normalmente.



2.4 Diversidad del género *Manihot* en el Perú

Se han descrito alrededor de 98 especies asignadas por los taxónomos a este género, de las que sólo la yuca (*Manihot esculenta* Crantz) tiene relevancia económica y es cultivada (Ceballos & De la Cruz, 2002). En el Perú, la presente línea de base consideró la realización de prospecciones en 15 departamentos previamente establecidos por el MINAM (Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Piura, Puno, San Martín, Tumbes, Ucayali). El proceso de prospección consistió inicialmente en la consulta, en cada distrito visitado, sobre la existencia de campos cultivados con yuca y referencias de la presencia de especies silvestres en las zonas geográficas del ámbito.

Metodológicamente, la prospección incluyó la realización de encuestas agro-socioeconómicas (546 encuestas y 15 grupos focales), colección de muestras biológicas consistentes en materiales de propagación asexual (estacas) para su inclusión en el banco de germoplasma (37 accesiones) y muestras botánicas (hojas y flores) para el herbario e identificación taxonómica, para ser conservados de acuerdo a protocolos estándar establecidos (188 muestras herborizadas). Además, se registró datos locales como coordenadas geográficas de su ubicación, elaboración de fichas de colección, fotografías, entre otros.

La identificación taxonómica fue realizada por el especialista Gustavo Heiden de la Universidad de Pelotas, Rio Grande do Sul, Brasil. Las muestras identificadas fueron depositadas en el Herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional del Centro del Perú (HCEN), con sede en Huancayo (Junín). El material de propagación colectado fue entregado a la colección de germoplasma en la Estación Experimental Donoso de Huaral del Instituto Nacional de Innovación Agraria (tablas 2 y 3).

Metodología de determinación de los lugares de prospección

La presencia de especímenes de especies cultivadas y silvestres de *Manihot* que en el pasado han sido registradas en el país ha dado lugar a bases de datos, que siguiendo la metodología de análisis espacial a través de nichos ecológicos se ha integrado con data climática (Worldclim) para la determinación de 302 distritos en 15 departamentos, lugares con mayor probabilidad de presencia de *Manihot* que fueron identificados para realizar la prospección (anexo 1).

El procesamiento de datos ha sido realizado combinando varios softwares, de análisis espacial y de conversión de datos espaciales incluyendo DIVA GIS, QGIS y Global Maper. Para el proceso de modelamiento de nichos ecológicos, se convirtió la cartografía a coordenadas geográficas (latitud y longitud), puesto que el software libre utilizado tiene esa restricción (DIVA-GIS). Asimismo, se procedió a descargar los puntos de presencia de diferentes especies del género *Manihot*, del portal de acceso libre a datos de biodiversidad Global Biodiversity Information Facility² (GBIF).

Para el modelamiento de nichos ecológicos se requirió el ingreso de la data climática junto a los puntos de presencia indicando las coordenadas, que calcula los valores de 19 variables para cada lugar de colecta, estimando el nicho climático para cada punto (conjunto de condiciones en las que se desarrolla la especie) y a partir de este nicho, busca sitios donde existen condiciones similares y en los que la especie puede, potencialmente, estar presente.

² Global Biodiversity Information Facility. Enlace: <https://www.gbif.org/>

Descripción de las especies registradas

A continuación, se incluyen las descripciones de las especies registradas en las prospecciones realizadas en los quince departamentos del Perú entre el 2019 y 2020.

***Manihot esculenta* Crantz**

Manihot esculenta es la única especie cultivada de este género, los campesinos conocen y denominan a las variedades con diferentes nombres que guardan relación con el lugar de procedencia o con alguna característica fenotípica en particular, así podemos encontrar nombres referidos al color del parénquima amiláceo (amarillo, blanco), otros referidos al color de los tallos (p. ej. palo blanco, palo verde, palo morado), así también nombres que hacen referencia al lugar de procedencia de la semilla (p. ej. colombiana, machala, machaleña, tarapoteña).

Los departamentos donde se registraron una mayor variedad de denominaciones diferentes fueron San Martín, Amazonas y Cajamarca. También hay denominaciones en lenguas originarias como “Antuc mama” que significa yuca grande, “arpon rumo”, “humishina”, “inguiri rumo” que según lo manifestado por los pobladores significa yuca larga, “lupuna rumo” que significa yuca colorada, “kantanu mama” usada principalmente para masato, “lengua de shiwi” que hace referencia a la forma de la lengua del oso hormiguero, “paum mama” que significa yuca rosada o colorada, “unjam o anjun mama” que significa yuca roja o colorada, “satum mama” que significa yuca del soldado y “ushina”, entre otras.

Por el momento, en la yuca predomina la utilización de la variedad nominal (variedad de nombres), y esto determina que es difícil conceptualizar y cuantificar la diversidad, si la unidad de la diversidad es la variedad. Las variedades nominales no permiten cuantificar la diversidad porque los nombres incorporan subjetividad, como se ha visto en este proceso de prospección. En la práctica, al parecer, cada agricultor o grupo de agricultores le da nombre a la variedad con criterios simples, p. ej. por el color de la pulpa, un solo carácter que está generalmente gobernado por muy pocos genes. Es entonces necesario un criterio de clasificación que pueda separar grupos morfológicamente similares, pero distintos de otros por su adaptación o algún carácter fenológico como la precocidad.

Sevilla (2021) ha propuesto una clasificación racial de la diversidad de yuca, que tendría la ventaja de ser un sistema cerrado totalmente inclusivo y flexible para integrar nuevos elementos en él. Una primera aproximación permitiría clasificar toda la diversidad disponible en un momento dado, en un número de razas que en conjunto harían toda la diversidad de la especie *Manihot esculenta*. A esa diversidad se le sumaría la de las especies relacionadas; la adaptación es clave para definir razas, permitiría discernir entre variedades que tienen el mismo nombre, pero están adaptadas a diferentes zonas geográficas, a diferentes ambientes. La gran ventaja es que las razas así definidas serían y serán reconocidas por los productores (Ricardo Sevilla Panizo, comunicación personal, marzo 2021).

La prospección realizada en los quince departamentos que constituyeron el área de estudio, permitió identificar a un grupo de variedades nominales que se presenta con mayor frecuencia. Su descripción general se presenta en el anexo 2.

Yucas silvestres

Se ha registrado en el Perú cuatro especies silvestres de *Manihot*, que se mantienen espontáneamente, con características muy diferentes a *Manihot esculenta* y que los campesinos identifican bien, poniéndole también sus nombres locales. Esta identificación toma en cuenta un pequeño grupo de descriptores o caracteres, fácilmente visibles, que cumplen la utilidad de ayudar a diferenciarlas de la especie cultivada rápidamente, sin desconocer la importancia de un estudio botánico para fines de identificación taxonómica. A continuación, se hace una descripción de las especies que se hallaron en la prospección 2019-2020.

***Manihot leptophylla* Pax & K. Hoffm.**

Esta especie silvestre denominada por pobladores locales como “yuca de monte”, “yuca de venado”, “yuquilla” y “yuca yuca” se registró en 21 puntos de prospección. Es un arbusto relativamente trepador de hasta 7 m de largo, con látex copioso. No forma raíz reservante, se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 2000 m s. n. m. Su hábitat de crecimiento es el bosque disturbado, entre la vegetación baja, al borde de carreteras, bosque abierto a orilla de ríos y también en los campos de cultivo. Presentan hojas verdes con ápice acuminado (Mejia, 2002); inflorescencia en panícula; pecíolos, pedúnculos y bracteolas escasamente pubescentes; hoja pentalobulada y a veces trilobulada (Nassar, Hashimoto & Fernandes, 2008). Los frutos son tipo cápsula, dehiscente con pedúnculo delgado, glabro, con tres semillas elípticas (Orlandini, 2016) [figura 12].



Figura 12. *Manihot leptophylla*, distrito de Raymond, provincia de Atalaya, departamento de Ucayali. a) Hábitat de crecimiento, b) floración, c) frutos, d) raíz.

***Manihot anomala* subsp. *pavoniana* (Müll.Arg.) D.J. Rogers & Appan**

Denominada por los pobladores como “yuca de monte”, “yuca de venado”, “yuca yuca” registrada en quince puntos de prospección. Mejía (2002) la caracteriza morfológicamente como un arbusto ramificado, de 3 m de longitud. La raíz tuberosa intermitente se desarrolla desde los 300 hasta 1000 m s. n. m. y su hábitat de desarrollo es la vegetación abierta pudiéndose encontrar en los bordes de las carreteras y caminos (Mejía, 2002).

Son arbustos altos de hasta 3 m. Las hojas presentan lóbulos enteros o superficialmente pandurados y las hojas jóvenes son de color amarillo verde (Nassar et al., 2008). Los tallos, por lo general, de 3 a 4 nacen de un mismo punto con ramificación superior y abundante. Las hojas son lisas en ambas caras con peciolos delgados, lisos o pubescentes. Las láminas son lobadas con 3 a 5 lóbulos, el lóbulo central es obovado, elíptico, elíptico-pandurado, de borde entero o inciso, más desarrollados que otros. Los lóbulos laterales se reducen gradualmente. Las inflorescencias son medianas a grandes, con flores acampanadas de pétalos abiertos, color verde suave a blanquecino con tinte morado al interior en el centro de los pétalos. Las raíces son engrosadas, redondeadas o alargadas y numerosas (VMA-Bioversity, 2010). Los frutos tipo cápsula son dehiscentes, sin pedúnculo, glabro, subgloboso, con tres semillas elípticas, grisáceas, con carúncula de margen naranja grisáceo, no muy llamativo (Orlandini, 2016) [figura 13].



Figura 13 *Manihot anomala* subsp. *pavoniana*, distrito de Lamas, provincia de Lamas, departamento de San Martín. a) Hábitat de crecimiento, b) flor femenina o pistilada, c) flor masculina o estaminada, d) frutos.

***Manihot brachyloba* Müll.Arg.**

Denominada localmente como “yuca de monte”, “yuquilla”, “sacha de monte”, “yuca yuca” y “sacha rumo”, es un arbusto subtrepador tipo bejuco, que llega a crecer hasta 7 m de longitud. Presenta látex copioso, no forma raíces reservantes, se desarrolla desde el nivel del mar hasta los 1500 m s. n. m. siendo su hábitat de crecimiento el bosque abierto, orilla de río, bordes de carreteras y caminos (Mejia, 2002). Esta especie se registró en 10 puntos de prospección en siete departamentos.

Presenta de 2 a 3 tallos que nacen de una base leñosa, con ramificación superior y moderada, con ramas apoyantes hasta decurrentes. Las hojas son lisas y de color verde claro en ambas caras, trilobadas con lóbulo central elíptico o lanceolado. La inflorescencia es de tamaño mediano a grande con flores de color verde claro y amarillento. Los frutos son redondos a ovalados, lisos y de color verde claro suave (Bioversity International, 2010). Presenta tres semillas ovaladas, de color marrón claro; carúncula de color amarillo claro en el lado ventral de la semilla (Orlandini, 2016) [figura 14].



Figura 14. *Manihot brachyloba*, distrito de Camanti, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco. a) Hábitat de crecimiento, b) floración, c) frutos.

***Manihot peruviana* Müll.Arg.**

Esta especie silvestre fue registrada en 25 puntos de prospección, los pobladores la denominan “yuca de monte”, “yuquilla”, “sacha yuca”, “yuca yuca” y “sacha rumo”, es un arbusto subescandente de 2 m longitud, pubescente, que se desarrolla desde los 300 m s. n. m. hasta los 350 m s. n. m. en el bosque abierto, borde de río, caminos y carreteras (Mejia,2002).

Desde arbustos hasta árboles de 2 a 8 m de altura. Los individuos son trepadores, que crecen retorciéndose alrededor de otros árboles, parecidos a enredaderas. Los tallos y peciolos son verdes, las hojas son verde claro con tres a cinco lóbulos. Los frutos de esta especie son particularmente llamativos pues tienen alas fuertemente desarrolladas, de vistosos colores de tono rosado a morado; al madurar el fruto, las alas se secan y reducen y el fruto queda cubierto de conspicuos pelos hirsutos (Allem, 1994).



Figura 15. *Manihot peruviana*, distrito de Ayapata, provincia de Carabaya, departamento de Puno. a) Hábitat de crecimiento, b) floración, c) frutos, d) frutos.

Variedades locales

Los estudios realizados en el campo sobre los conocimientos tradicionales vinculados a la yuca, se enfocaron en desarrollar caracterizaciones comparadas etnográficas y morfológicas. La primera basada en el conocimiento que tienen los campesinos y pobladores, y la segunda con una aproximación del conocimiento botánico. Una experiencia importante fue la estudiada en comunidades Ticuna (pobladores asentados en ambas márgenes del río Amazonas entre las fronteras de Perú, Colombia y Brasil) donde se registró el conocimiento tradicional sobre los descriptores campesinos y un grupo de 19 descriptores morfológicos, que condujo a registrar 23 variedades de yuca, 14 dulces y 9 no dulces (Martín, Núñez, Zarate, Silverstein & Del Aquila, 2019). Estos investigadores citan también a Goulard (1998) y a Acosta & Zoria (2012) que reportan cómo los Ticuna nombran a las diferentes variedades atendiendo a sus rasgos distintivos, respondiendo a un sistema metonímico de designación, en el que se determina el nombre de cada variedad en relación con el entorno natural.

En la prospección realizada entre los años 2019 y 2020 se evidenció una gran diversidad de variedades locales,

identificadas por sus nombres propios, considerándolas como variedades nominales (92) registradas en la elaboración de la línea de base de la yuca, que se presentan en el anexo 2. Sucede que en varios casos se nombra a un mismo morfotipo con diferentes nombres, o que a diferentes morfotipos se les denomina con un mismo nombre en diferentes localidades. En la ejecución del proyecto *in situ*, entre los años 2000 a 2005, se registró una variabilidad nominal que identificó hasta 99 nombres para la yuca cultivada en ocho localidades objetivo del país (INIEA, 2006).

Otras experiencias con variedades nominales han sido referidas por diversos investigadores del IIAP (Inga & López, 2001) en Loreto, evaluando las características morfológicas de 38 variedades de yuca en las zonas de Jenero Herrera. Además, se ha encontrado 26 denominaciones de la yuca en selva baja y 133, 18, 33 y 31 variedades para las etnias Ashaninka, Bora – Huitoto, Cocaima- Cocamilla y Aguaruna, respectivamente. La variabilidad nominal recoge el conocimiento tradicional y en algún momento será contrastada a la luz de las nuevas tecnologías de identificación y las comparaciones morfológicas convencionales.



Distribución de la diversidad de yuca cultivada y silvestre

Especie cultivada

La especie *Manihot esculenta* se cultiva en 1000 distritos de los 1874 existentes hasta diciembre del año 2019, que representa el 53 % de distritos correspondientes a 21 departamentos del Perú, según los datos de la Dirección de Estadística Agraria (Midagri, 2021). En la prospección realizada, se ha registrado la presencia de yuca cultivada en 302 distritos de los 15 departamentos priorizados, en 1933 puntos de prospección (tabla 2).

Especies silvestres

Las especies silvestres *Manihot leptophylla*, *M. anomala* subsp. *pavoniana*, *M. brachyloba* y *M. peruviana* son conocidas por los pobladores de las zonas prospectadas donde se ha encontrado. Estas no tienen valor agronómico (no producen raíces como la yuca cultivada), no son buscadas por los agricultores a excepción de algunos pobladores nativos, como se pudo evidenciar en la comunidad nativa de Pampa Michi, distrito Chanchamayo, provincia Chanchamayo, departamento Junín, donde se utiliza como medicina para diferentes males. Estas especies suelen prosperar en terrenos denominados purmas, bordes de las carreteras y caminos, donde, por el ingreso de mayor iluminación, se desarrollan rápidamente.

Manihot leptophylla se encontró en Ayacucho, Cusco, Loreto, Madre de Dios, Puno, San Martín y Ucayali, mas no en Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Junín, La Libertad, Pasco, Piura, y Tumbes. A nivel de Sudamérica se ha reportado su presencia en Brasil (Amazonas, Pará, Pernambuco, Acre), Ecuador y Perú (Nassar et al., 2008).

Manihot brachyloba se registró en Cusco, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Puno, San Martín y Ucayali. En la literatura se reporta en los estados de Amazonas, Amapá, Pará y Roraima en Brasil, la misma distribución referida en la Flora Neotrópica (1973). Fuera del territorio brasileño, *M. brachyloba*, se puede encontrar en Costa Rica, República Dominicana, Colombia, Venezuela, Surinam, Guayana Francesa y Perú, Rogers y Appan (1973) citado por Nassar et al. (2008).

Manihot peruviana se registró en Cusco, Puno, San Martín y Ucayali teniendo una mayor concentración en la región San Martín. También se registró en los años 1986 y 1992 en los estados de Mato Grosso y Rondonia en el extremo norte de Brasil (Allem 1994).



Manihot anomala subsp. *pavoniana* se registró en Cusco, Junín, San Martín y Ucayali. Orlandini, (2016) reporta que esta especie también fue encontrada en los estados de Amazonas, Pará y Rondonia y que también se distribuye fuera de Brasil en los países de Paraguay, Perú, Bolivia y Argentina. Nassar et al. (2008), mencionan como hábitat de esta especie a Brasil (Pará, Mato Grosso, Goiás, Minas Gerais, Sao Paulo, Distrito Federal), Paraguay, Perú, Bolivia y Argentina.

Algunos nombres con los cuales se denominan o conocen a las especies silvestres del género *Manihot* son: "yuca de monte", "yuca de venado", "yuca silvestre", "yuquilla", "sacha rumo", "sacha yuca", "sacha de monte", "yuca yuca" y "sacha rumo". Todas estas denominaciones son indistintamente asignadas a cualquier especie de *Manihot* silvestre: *M. leptophylla*, *M. anomala* subsp. *pavoniana*, *M. brachyloba* o *M. peruviana*.

Colecciones nacionales de diversidad de yuca

El INIA mantenía un banco de germoplasma de yuca cultivada, que contaba, hasta el año 2007, 740 accesiones (636 nacionales y 104 de países de Latinoamérica). El ámbito de colección incluía 16 departamentos: Amazonas, Cajamar-

ca, La Libertad, Lambayeque, Loreto, San Martín, Tumbes, Áncash, Huánuco, Huancavelica, Ica, Junín, Ucayali, Apurímac, Arequipa y Cusco. Se reportaba también que esta colección estaba caracterizada en su totalidad (INIA, 2007).

Durante la elaboración de la presente línea de base, se ha realizado la colección de 37 muestras vivas que han sido entregadas al INIA, en su condición de responsable de la Colección Nacional de yuca para su conservación y estudio, enriqueciendo así al banco de germoplasma de este cultivo en esta institución. El tamaño de muestra fue variable con un promedio de 9 estacas por accesión, con una longitud entre 20 y 30 cm (tabla 3).

Además, se colectaron muestras botánicas, que es la muestra testigo, indispensable en estudios con plantas, para una correcta identificación taxonómica, las cuales se entregaron al Herbario de la Universidad Nacional del Centro, ubicado en Huancayo, Junín. En la tabla 4 se detalla la composición de este grupo de muestras que incluyó a la especie cultivada y las cuatro especies silvestres encontradas en los departamentos prospectados.



Tabla 2 Presencia de especies del género *Manihot* en los departamentos prospectados, 2019-2020

n.º	Región	Número de registro por especie					TOTAL	TOTAL DE ESPECIES
		<i>Manihot esculenta</i>	<i>Manihot leptophylla</i>	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	<i>Manihot brachyloba</i>	<i>Manihot peruviana</i>		
1	Amazonas	191	0	0	0	0	191	1
2	Ayacucho	52	5	0	0	0	57	2
3	Cajamarca	281	0	0	0	0	281	1
4	Cusco	80	3	4	1	3	91	5
5	Huánuco	74	0	0	0	0	74	1
6	Junín	56	0	4	0	0	60	2
7	La Libertad	49	0	0	0	0	49	1
8	Loreto	317	1	0	6	0	324	3
9	Madre de Dios	68	3	0	6	0	77	3
10	Pasco	60	0	0	2	0	62	2
11	Piura	95	0	0	0	0	95	1
12	Puno	60	1	0	1	2	64	4
13	San Martín	434	1	5	1	18	459	5
14	Tumbes	47	0	0	0	0	47	1
15	Ucayali	69	7	2	5	2	85	5
TOTAL		1933	21	15	22	25	2016	

Tabla 3 Germoplasma de *Manihot* spp. entregado al INIA, colección 2020

Departamento	Especie	n.º de accesiones
La Libertad	<i>Manihot esculenta</i>	5
Cajamarca	<i>Manihot esculenta</i>	4
Madre de Dios	<i>Manihot esculenta</i>	4
Loreto	<i>Manihot esculenta</i>	5
	<i>Manihot brachyloba</i>	1
Ayacucho	<i>Manihot esculenta</i>	5
	<i>Manihot leptophylla</i>	1
Cusco	<i>Manihot esculenta</i>	5
	<i>Manihot leptophylla</i>	1
	<i>Manihot brachyloba</i>	1
Puno	<i>Manihot esculenta</i>	5
TOTAL		37

Tabla 4 Muestras herborizadas (exicatas) y depositadas en el herbario de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional del Centro, 2021.

Región	<i>Manihot esculenta</i>	<i>Manihot brachyloba</i>	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	<i>Manihot leptophylla</i>	<i>Manihot peruviana</i>
San Martín	19	1			
Pasco	4	1			
Junín		3	4		
Ucayali		7	2	3	2
Huánuco	15				
Tumbes	20				
Piura	20				
La Libertad	20				
Cajamarca	16				
Amazonas	12				
Madre de Dios	3	9			
Loreto		8		4	
Ayacucho				6	
Cusco			3	3	
Puno					3
Subtotal	129	29	9	16	5
Total			188		

La distribución y densidad actual de las especies del género *Manihot* se presenta cartográficamente en las figuras 16 a la 22, en donde, los colores menos intensos representan menor densidad y los más oscuros mayor densidad de distribución.

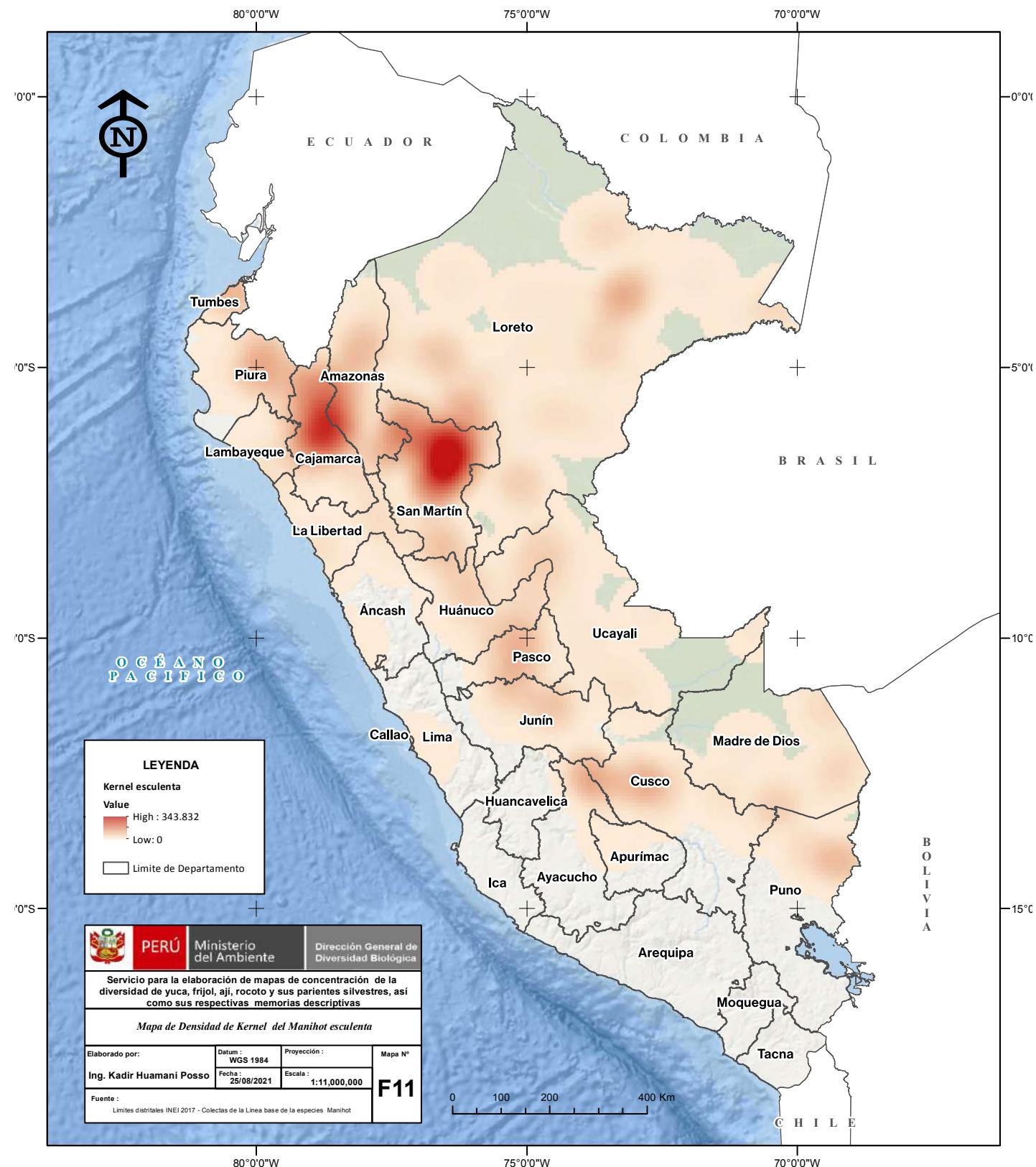


Figura 16. Mapa de densidad de *Manihot esculenta* (2020)

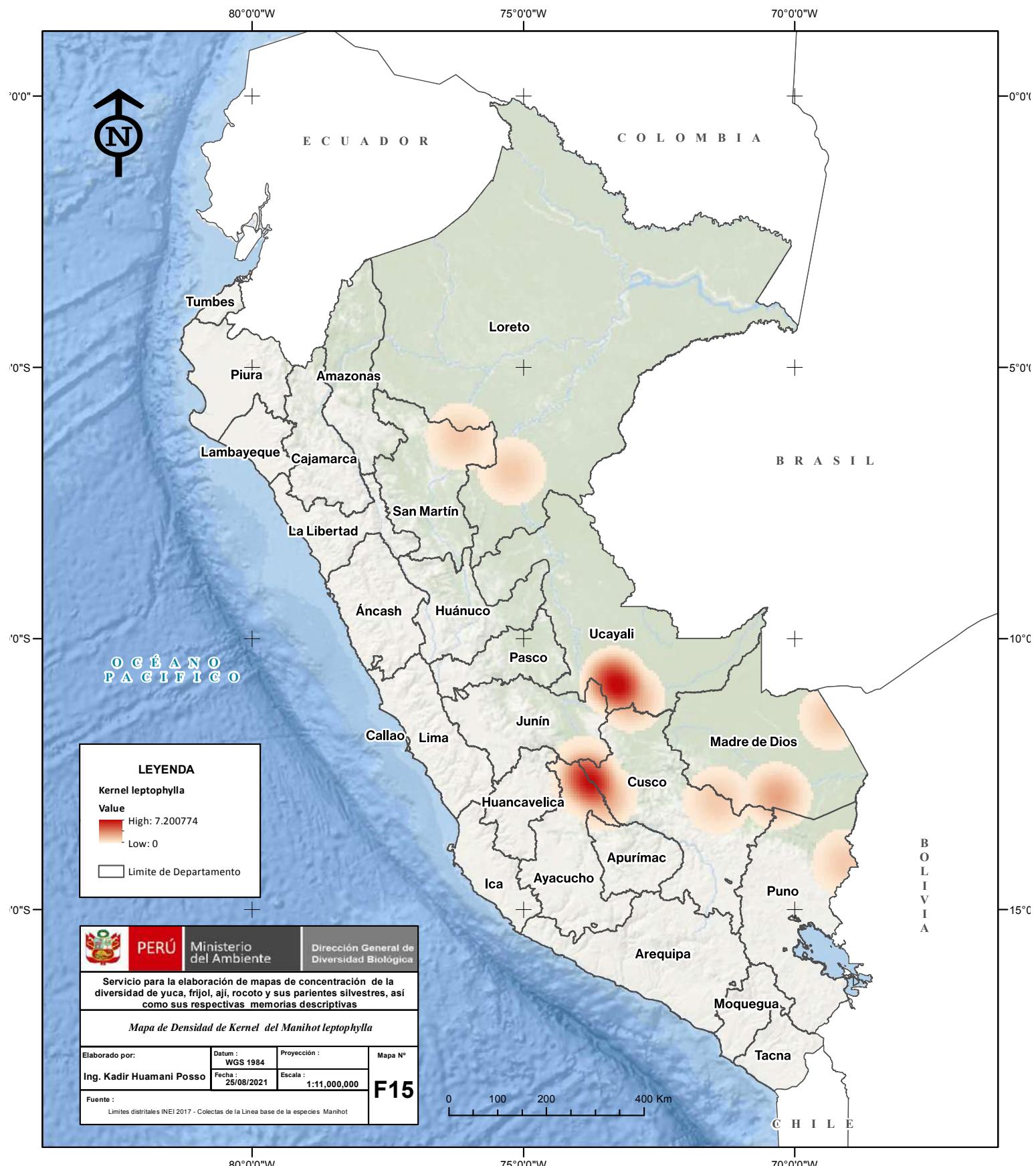


Figura 17. Mapa de densidad de *Manihot leptophylla* (2020)

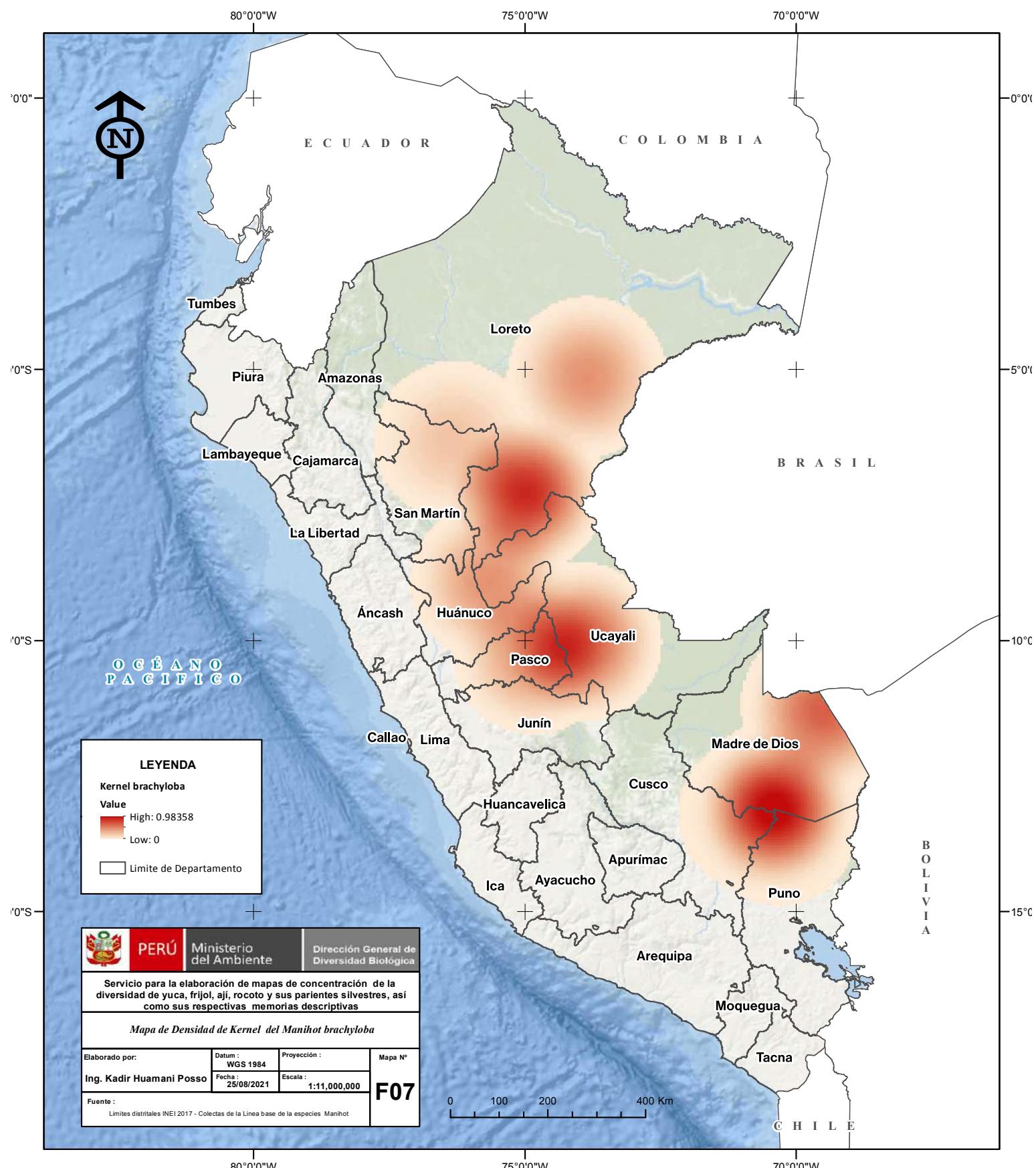
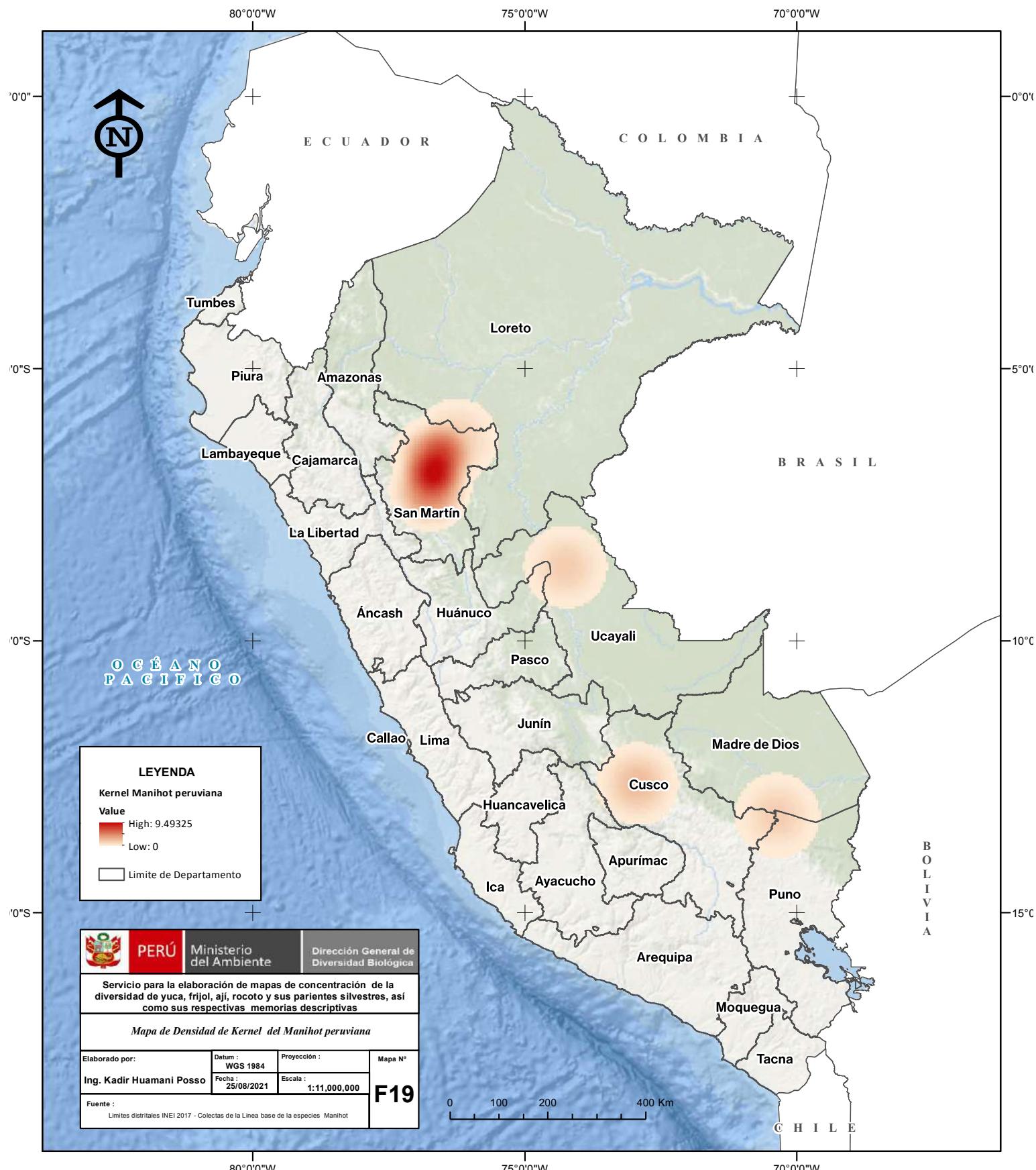


Figura 18. Mapa de densidad de *Manihot brachyloba* (2020)



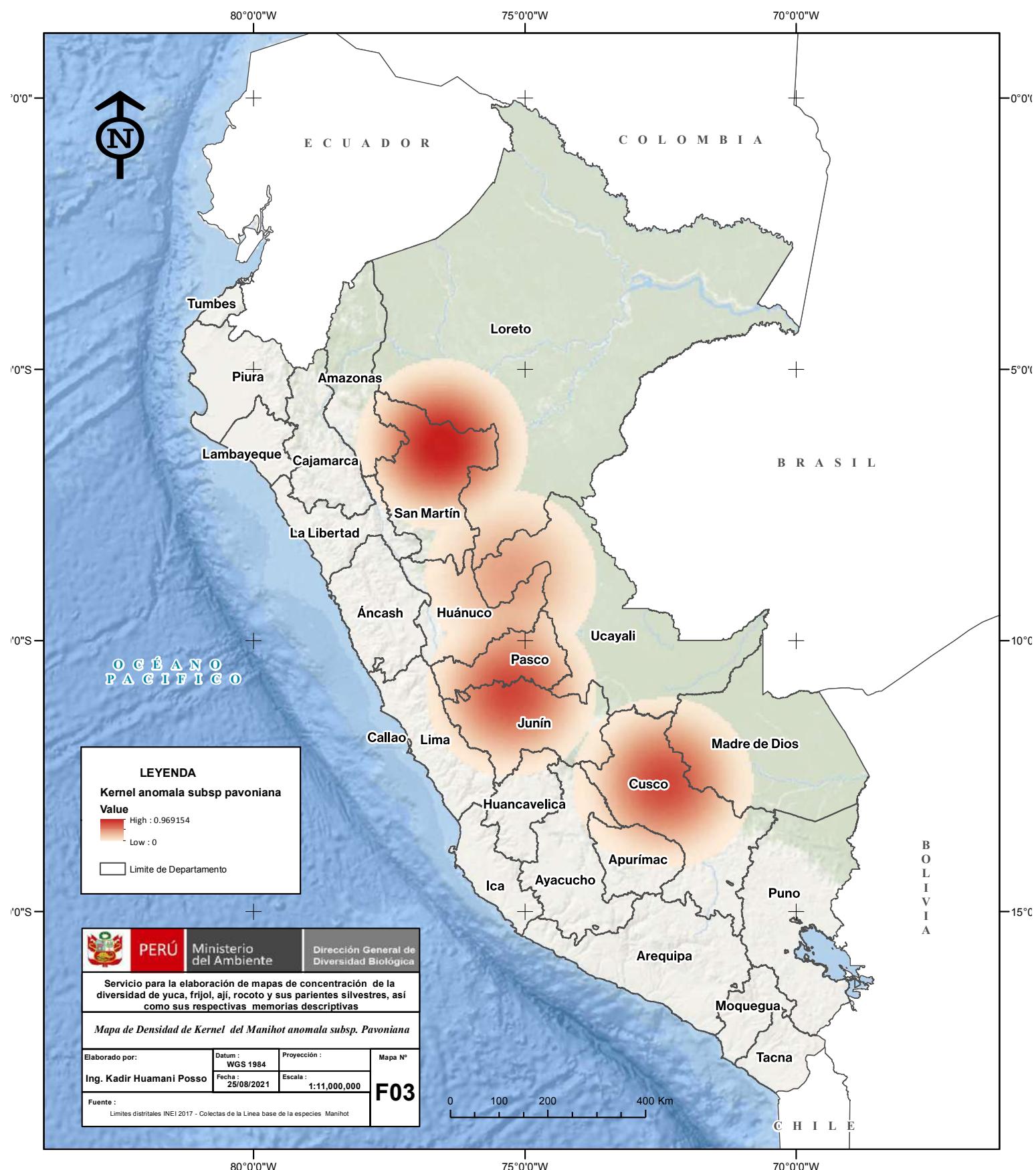


Figura 20. Mapa de densidad de *Manihot anomala subsp. pavoniana* (2020)

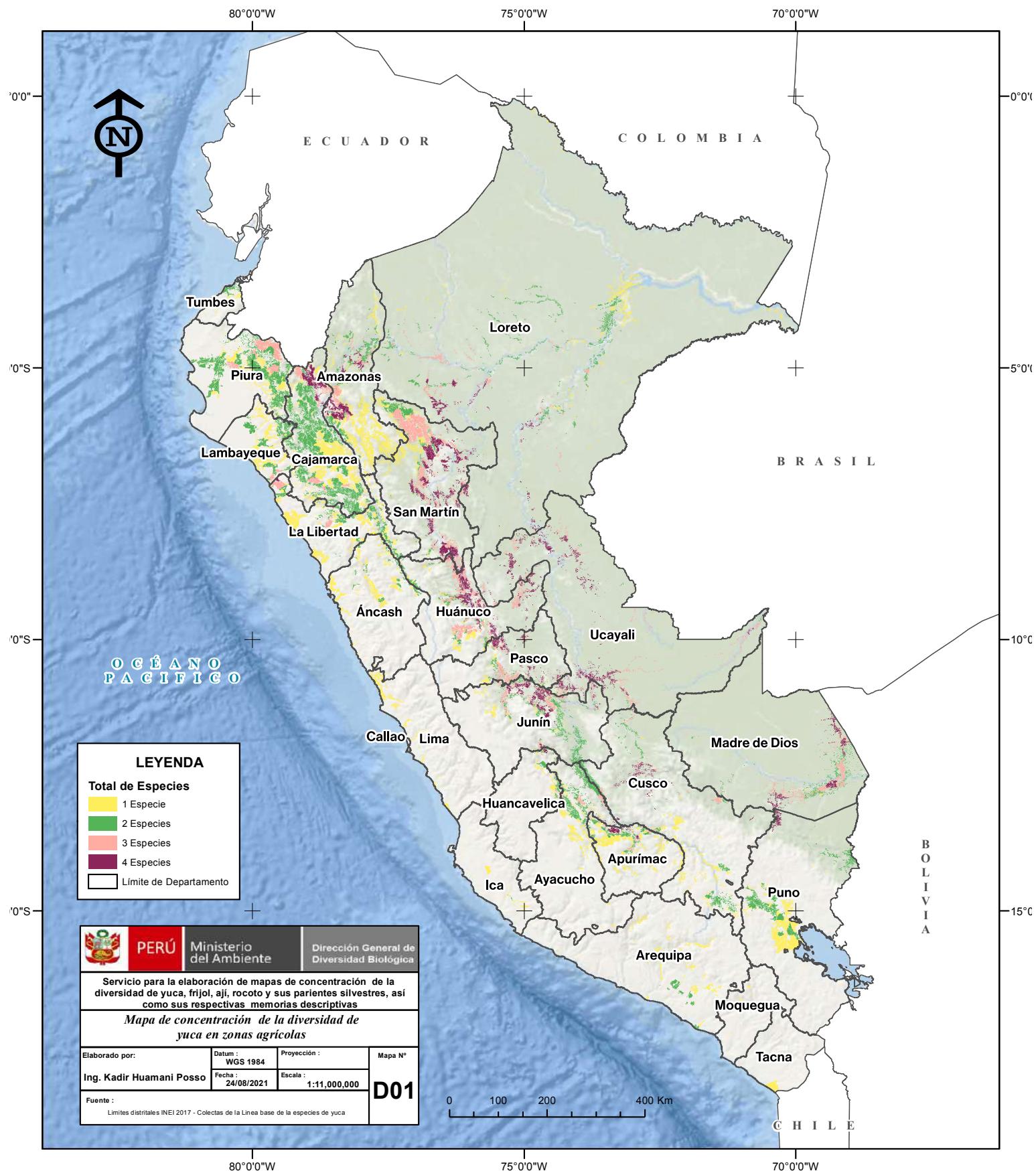


Figura 21. Mapa de concentración de la diversidad de yuca y sus especies silvestres en zonas agrícolas (2020)

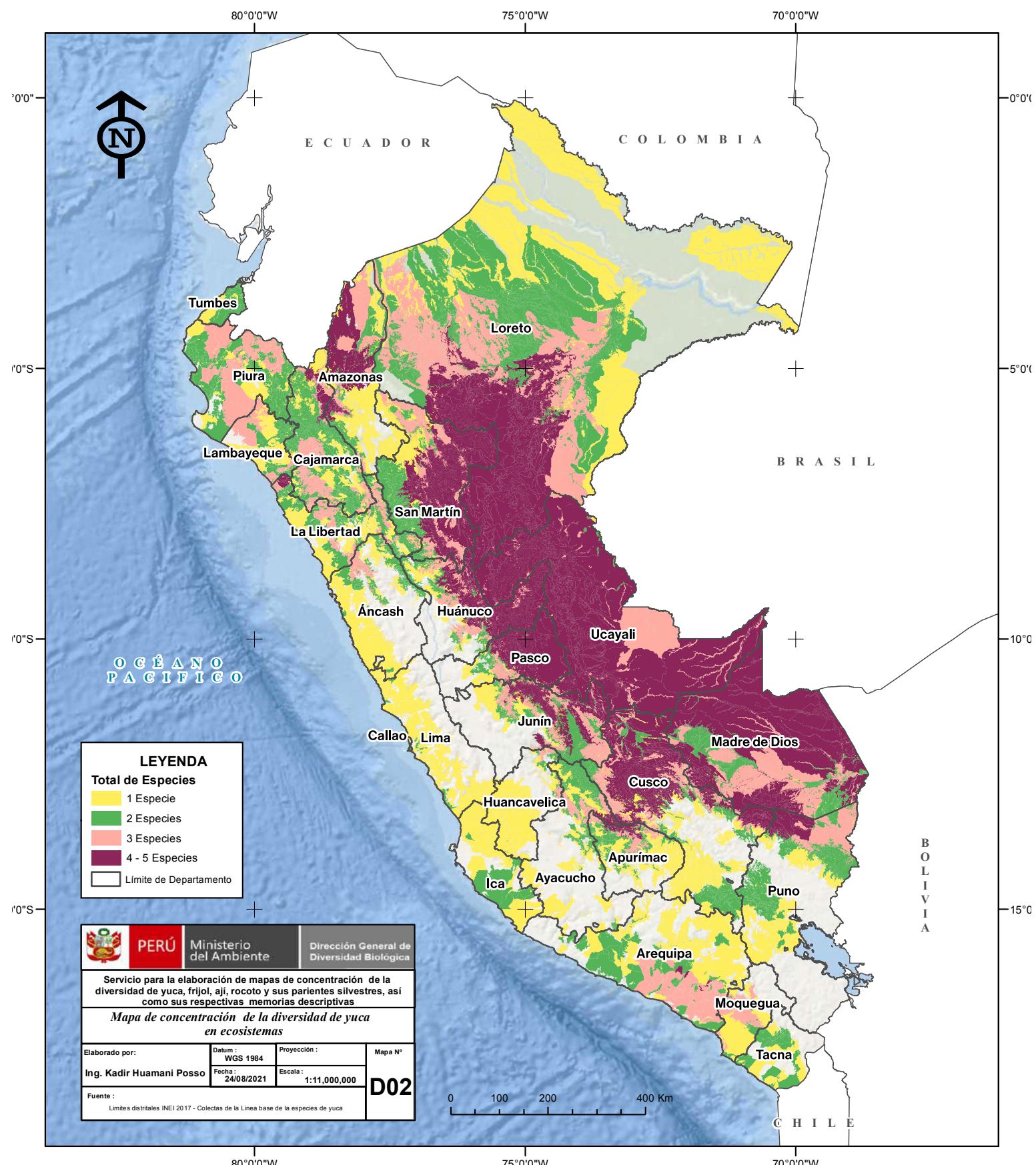
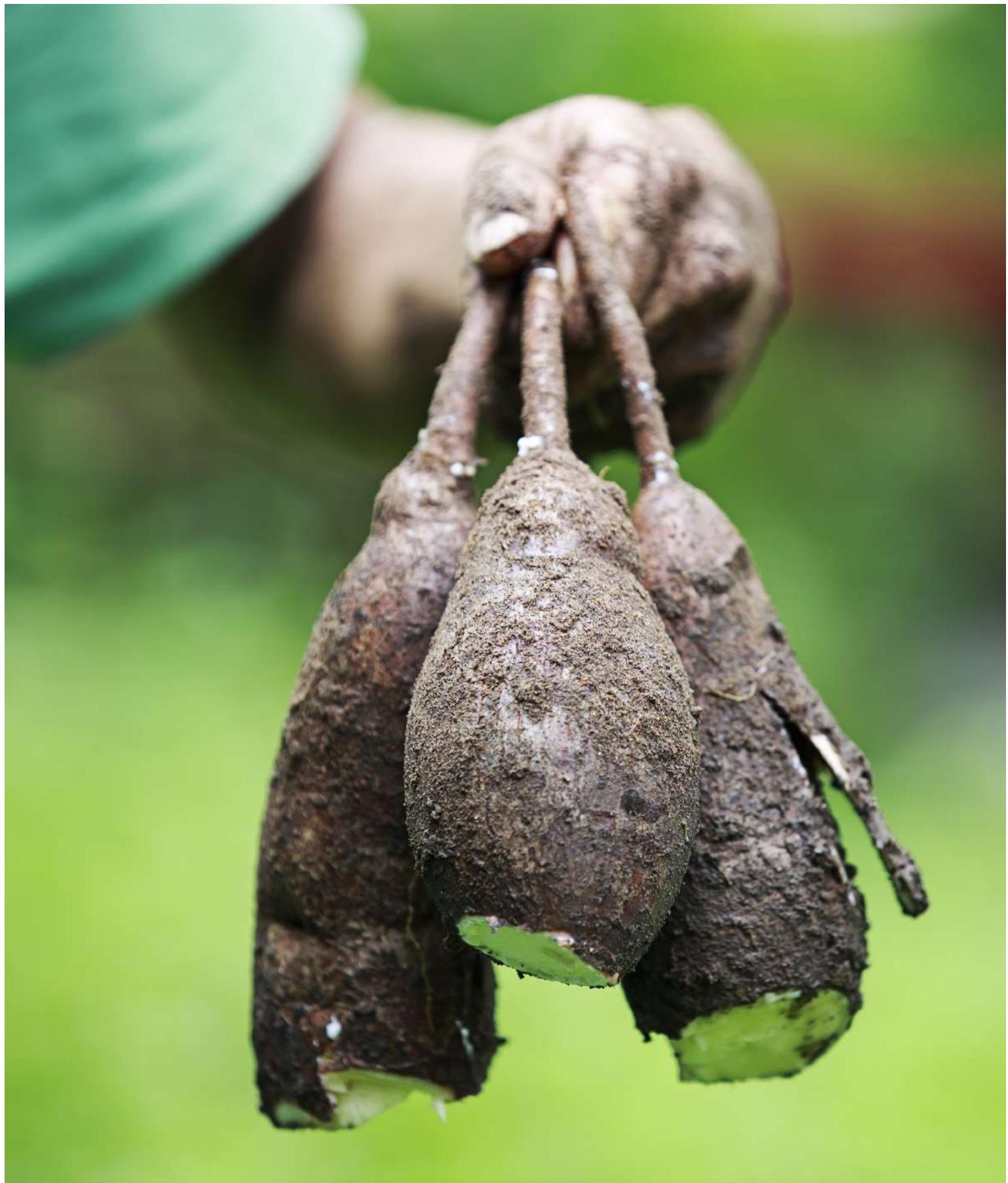


Figura 22. Mapa de concentración de la diversidad de yuca y sus especies silvestres en ecosistemas (2020)



Flujo génico y propagación

Los genes, en cualquier especie, se transportan por diferentes medios, en el caso del proceso de polinización – fertilización, tienen como vehículos al viento, insectos, aves u otros animales que visitan los campos en floración. Además, existen otros vehículos como el traslado de material de siembra entre campos o entre regiones realizado por los humanos, por lo que es también necesario caracterizar los usos y costumbres asociados al material de siembra. Para lo cual, se incluyeron en la encuesta sociocultural algunas preguntas sobre esta temática al momento de realizar la prospección a nivel nacional.

Vía sexual

Sincronización de la floración: como ya hemos visto en los experimentos en campo, diferentes variedades (que son mezclas de clones de híbridos) florecen en un amplio rango de días post siembra. Esta amplitud en el rango de floración implica una gran dificultad para la sincronización de la floración cuando se planea hacer cruzamientos o cuando se quiera evitar la coincidencia de floración que puede provocar flujo de polen y consecuentemente de genes.

Otras complicaciones para el cruzamiento están asociadas a la escasez de flores, especialmente en los tipos de yuca no ramificados. Adicionalmente, el tiempo requerido para alcanzar la madurez de las semillas es de 2 y hasta 3 meses (dependiendo de condiciones ambientales y del genotipo), de este modo, se requiere más de un año para obtener semillas de un cruce natural o planificado. Ramos et al. (2019). Por otro lado, no existe evidencia de incompatibilidad entre genotipos, que se puedan hacer cruces fácilmente, excepto los casos en que hay ausencia de flores o muy pocas de ellas. Tampoco hay evidencia de autoincompatibilidad, con lo que, inclusive, es técnicamente posible hacer autofecundaciones y obtener semillas botánicas viables.

El fruto: es una cápsula tricarpelar y cada lóculo contiene un óvulo. Se ha encontrado cápsulas con más de tres semillas (Kawano, Amaya, Daza & Ríos, 1978), pero lo más común es que el número de semillas viables sea mucho menor al esperado. El fruto alcanza la madurez luego de dos o tres meses de la polinización y presenta dehiscencia explosiva, cayendo las semillas al suelo cerca de la planta madre (Alves, 2002). Ocurrida esta situación, no será posible saber cuántas semi-



llas se habían formado dentro de ese fruto. Esta característica de dehiscencia hace que el traslado de frutos maduros que lleven consigo semillas sea casi imposible y su incidencia en el flujo de genes es mínimo.

La semilla: la habilidad de las variedades de yuca cultivada para lograr semillas ha sido reducida a través de su evolución a partir de especies silvestres (Jennings, 1962, citado por Nassar et al., 2008).

La semilla botánica no es utilizada para la propagación comercial de la yuca. Genéticamente, cualquier campo de yuca es heterogéneo, porque proviene de estacas sembradas de genotipos híbridos que se han ido generando a lo largo del proceso evolutivo luego de la domesticación con una permanente introgresión. Estos genotipos fueron combinando características de diferentes plantas de origen sexual que luego pasaban a la propagación vegetativa. Como fue en el pasado y sucedería ahora, la propagación con semilla sexual resultaría en una amplia e impredecible diversidad de genotipos, de los cuales algunos participarían con mayor frecuencia en la introgresión.

Durante una campaña de crecimiento, no es raro encontrar plántulas de semilla entre las plantas vegetativamente propagadas, las que pueden haber germinado de semillas liberadas por el propio cultivo o de semillas que se encuentran en el banco de semillas del suelo y es probable que estas nuevas plántulas sean genéticamente diferentes de su stock parental. Sin embargo, debido a que muchas de las enfermedades clave pasan de una campaña a otra por medio de la propagación vegetativa, tales plántulas pueden estar relativamente libres de enfermedad y comportarse mejor que la población propagada vegetativamente. Los agricultores cosechan estacas de estas plantas que expresan características agronómicas favorables y replantan en la siguiente estación, de esta forma se incorpora variabilidad genética producida por reproducción sexual en las variedades locales existentes. En regiones donde hay plantas de *Manihot* silvestre esta práctica puede funcionar para facilitar el flujo de genes entre plantas cultivadas y plantas silvestres cercanas. Alternativamente algunos agricultores separan estacas

para siembra de estas plántulas para multiplicarlas como una nueva variedad (OECD, 2016).

Las semillas de yuca están sujetas a un período de dormancia de diferente duración, dependiendo del genotipo. Una vez que caen al suelo devienen en dormantes formando los bancos de semillas de los cuales pueden germinar plantas (Pujol et al., 2002; Andersson & De Vicente, 2010). Las semillas pueden permanecer viables cuando se almacenan en condiciones ambientales hasta por un año, con disminución sustancial del porcentaje de germinación luego de seis meses (Kawano et al., 1978; Pérez, Ceballos, Calle, Morante, & Lenis, 2011). Para romper la dormancia, se han desarrollado varios tratamientos térmicos exitosos, incluyendo exposición a 35 °C; la escarificación ha tenido éxito variable (Pujol et al., 2002).

Las hormigas son atraídas por las semillas, las cuales portan un cuerpo aceitoso denominado carúncula. Las hormigas ayudan en la dispersión de las semillas llevándolas a sus nidos, resultando en movimientos de varios metros. Sin embargo, esta contribución parece variar por especie y por distancia a las entradas de los nidos; algunas aves, específicamente las palomas, también pueden tener un rol en la dispersión de semillas (Andersson & De Vicente, 2010).

Vía asexual

Reproducción vegetativa: debido a la natural propensión a la hibridación intervarietal e interespecífica, las variedades de yuca se preservan por medio de propagación vegetativa. Los agricultores no siembran los cultivos de yuca con semilla sexual, por lo que, muchas variedades de yuca se han adaptado a la reproducción vegetativa y florecen muy poco o nada (Lebot, 2009).

Apomixis: es un tipo de reproducción donde la producción de semilla ocurre sin fusión de gametos, generando descendencia que genéticamente es copia fiel del progenitor materno. Los frutos y semillas que la yuca produce no todas son de origen sexual debido a la apomixis y hay información que indica que el mecanismo es la aposporia, el desarrollo del gametofito a partir del esporofito sin meiosis (Nassar, 2000).



Flujo de polen

Para entender el flujo del polen es necesario conocer la polinización y las diferentes partes de una flor (Burns, 2011). Las flores de la yuca se encuentran separadas **físicamente**, las flores femeninas se encuentran en la base de los racimos y las masculinas en el extremo distal de ellos, lo que en la práctica significa entre 2 a 5 cm y **temporalmente** debido a la protoginia, que se expresa en la apertura y funcionalidad de las flores femeninas hasta 13 días antes de la apertura de las masculinas y la liberación de polen.

El polen de la yuca

En el reino vegetal, los granos de polen tienen diversos tamaños que oscilan entre 2.5 μm a 250 μm , como los del maíz y la yuca respectivamente. Lo común es que tengan un tamaño entre 20 μm y 50 μm ; esto indica que *Manihot esculenta* es una especie que tiene uno de los granos de polen más grandes. Por evolución, los granos de polen transportados por el viento son lisos y ligeros, y se producen en mayor cantidad, que aquellos que se tienen que adherir a

los animales, generalmente insectos, los cuales son de mayor tamaño, con superficies rugosas o viscosas y se producen en menor cantidad (Domínguez, 2000). En el caso de la yuca, los granos de polen son pegajosos y la polinización se realiza a través de insectos (Halsey et al., 2008).

Varias especies de abejas y avispas parecen ser los principales polinizadores de la yuca tanto en África y en América Latina, incluyendo *Apis mellifera* L., *Polybia* spp. y *Polistes* spp. (Byrne, 1984). El grupo más importante de polinizadores en muchas especies vegetales a nivel global son las abejas y con la excepción de algunas avispas, solo las abejas reúnen polen deliberadamente para llevarlos a sus enjambres. Además, exhiben lo que se llama constancia floral, por la que visitan repetidas veces una especie de planta en particular en un mismo viaje de forrajeo y esto es importante porque así un grano de polen tiene mayor probabilidad de llegar a un estigma de la misma especie (Burns, 2011).



La polinización entomófila tiene problemas, en el caso de la yuca, debido principalmente a dos fenómenos que confluyen:

- Asincronía floral, pues la floración femenina se adelanta entre 8 a 13 días a la floración masculina, como se ha observado en el país.
- La abundancia (número de individuos de una especie polinizadora presentes en el campo) y la dominancia relativa de una especie polinizadora sobre otras. Si en un campo hay baja población de abejas, la mayor cantidad de néctar puede ser forrajeada por otros insectos pequeños no polinizadores, dejando de ser atractivo para ser visitado por abejas. También hay investigadores que reportan implicancias a nivel de ecosistema por el número de plantas en parcelas pequeñas (Winfree, Reilly, Bartomeus, Cariveau, Williams & Gibb, 2018).

Normalmente la viabilidad del polen se pierde rápido luego de su liberación. Leyton (1993, citado por OECD,

2016) reportó 97 % de cuajado de semillas con polen recién colectado, 56 % con polen almacenado por 24 horas a 25 °C y solo 0.9 % luego de 48 horas de almacenamiento. Por esto los mejoradores utilizan polen para cruces dentro de una hora luego de la colección (Halsey et al, 2008).

En un estudio de variedades de yuca cultivada y seis especies y subespecies silvestres *M. anomala*, *M. dichotoma*, *M. esculenta* subsp. *flabellifolia*, *M. esculenta* subsp. *peruviana*, *M. tomentosa* y *M. violacea*, se halló que las accesiones silvestres producen más granos de polen (579-3638 granos por flor) y más grandes (132-163 µm) en comparación con la cultivada (613-1193 granos y 129-146 µm). El número de granos de polen para variedades cultivadas fue similar a *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* y *M. esculenta* subsp. *peruviana*, pero significativamente menor a las accesiones silvestres de *M. dichotoma*, *M. tomentosa* y *M. violacea* (OECD, 2016). La menor producción de polen en las variedades cultivadas de *M. esculenta*, *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* y *M. esculenta* subsp. *peruviana* podría representar una de las consecuencias de los pasos iniciales en el proceso de domesticación.

ción. El proceso favorece la propagación vegetativa de la especie en detrimento de la propagación sexual y, consecuentemente, la producción de polen.

Desde los años 1980 se tenía establecido que los estigmas de la yuca permanecían receptivos hasta por 24 horas luego de la antesis (Kawano, 1980 citado por Ramos et al., 2019) y con esa información se establecieron muchos programas de mejoramiento genético en el mundo, pero luego se observó en los cruzamientos niveles excesivamente altos de alogamia. Ahora se conoce que los estigmas normalmente se caen del pistilo después de cuatro días de la antesis (Ramos et al., 2019).

Otro de los hallazgos importantes es que la reproducción sexual de la yuca es relativamente ineficiente, incluso con flores descubiertas solo un 7 % de las polinizaciones resulta en cuajado de frutos y rinden solo un 5 % del número esperado de semillas. Esto indica que hay una gran variación genética en la capacidad reproductiva de diferentes progenitores. En la polinización libre las abejas seguirán visitando las flores varias veces particularmente en el día de antesis y la retracción de las brácteas hacia la posición de antes de la antesis reducirá probablemente la frecuencia de visita de abejas (Ramos et al., 2019).

Según la literatura el mayor forrajeo de polinizadores en la yuca se da en un radio de entre 1 a 5 m de vuelo a par-

tir de la fuente de néctar (Andersson & De Vicente, 2010). El aislamiento reproductivo de la yuca puede conseguirse efectivamente por diferentes medios incluyendo el aislamiento por distancia, destrucción de plantas antes de la floración, remoción de botones florales y embolsado de flores. Kawano et al. (1978) trabajaron con una colección grande de germoplasma como fuente de polen para eliminar sesgos respecto a la apertura de flores, potenciales incompatibilidades genéticas y limitada oferta de polen, y apareció un flujo de genes observable a 1 m, pero no encontraron flujo génico a 30 m y 500 m, sugiriendo que una distancia de aislamiento de 30 m es adecuada para asegurar el aislamiento genético en experimentos de campo.

Otras investigaciones indican que el aislamiento reproductivo de *Manihot* silvestre (la fuente de polen) y yuca silvestrada podría cumplirse utilizando una distancia de 60 m. Debido a que las especies silvestres de *Manihot* empiezan a florear más temprano y florean más profusamente que la yuca, las medidas de flujo génico de *Manihot* silvestre a cultivada podría probablemente sobreestimar el flujo real que pueda ocurrir entre ambas (Alzate, Vallejo, Ceballos, Pérez, & Fregene, 2010).

Siendo el grano de polen de la yuca uno de los más grandes del reino vegetal, es importante presentar algunas expresiones gráficas de esta realidad (figuras 23, 24, 25).

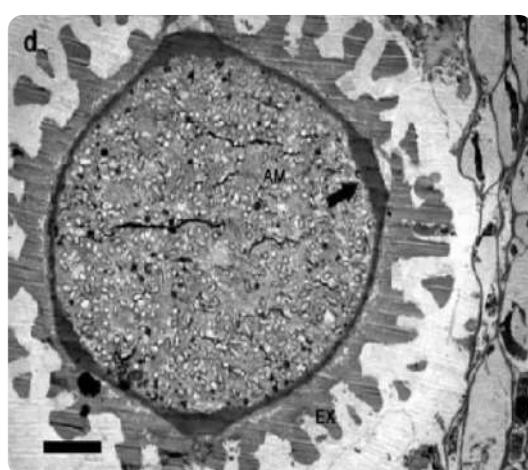


Figura 23: Ultraestructura del grano maduro de polen de *Manihot*. Se observan amiloplastos (AM) y apertura (flecha), barra = 20 μ m (Wang et al., 2010)



Figura 24: Grano de polen maduro de yuca, imagen captada del microscopio electrónico de barrido o SEM (Scanning Electron Microscope) mostrando el patrón reticulado de la exina, barra = 10 μ m (Wang et al., 2010)

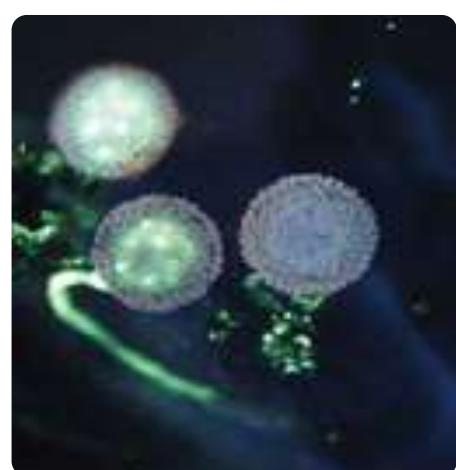


Figura 25: Granos de polen de yuca en germinación sobre el estigma, visión del tubo polínico en crecimiento, barra = 100 μ m (Ramos et al., 2019)

La yuca cultivada está catalogada como un cultivo que no depende de polinizadores (IPBES, 2016), lo cual explica el por qué no se le ha dado la importancia a este aspecto como en otros cultivos donde las producciones dependen hasta en un 90 % de polinizadores.

La literatura reporta que la yuca es una de las especies que segregá más néctar (floral y extrafloral), llegando hasta 304 Kg/ha de las que 240 Kg lo producen las flores masculinas y 64 Kg lo producen las flores femeninas, el equivalente a 127 Kg de azúcar (104 Kg de flores masculinas y 23 Kg de flores femeninas). El néctar contiene fructosa, glucosa y sucrosa en partes iguales; en el néctar no se ha detectado glucósidos cianogénicos que al igual que los azúcares solubles son sintetizados en las hojas de yuca (Hahn et al., 1994). Según esta información, las flores de la yuca deberían ser profusamente visitadas por insectos, pero en las observaciones realizadas no se ha observado que estas visitas sean particularmente masivas o intensas.

Es posible que, por la gran cantidad de néctar producido por las flores masculinas de la yuca los insectos hayan desarrollado la capacidad de diferenciarlas de las femeninas y prefieran visitar solo flores masculinas donde encuentran mayor retribución, saciando su capacidad de forraje y tener menor atracción por visitar flores femeninas, por lo que aún transportando granos de polen éstos no llegarían a los estigmas.

En el cultivo de la yuca aún hay muchos aspectos por dilucidar, particularmente respecto de la eficiencia de la polinización. La cantidad de granos de polen que llegan a alcanzar un estigma es realmente baja y el tiempo requerido para que el tubo polínico llegue al saco embrionario es sorprendentemente largo y muy variable en diferentes cruces de clones de yuca. Por otro lado, siendo esperado que un fruto diera origen a tres semillas, no siempre se obtiene esta cantidad, por lo cual se plantea que en la yuca se presentan casos engañosos de cuajado de frutos debido a la ocurrencia ocasional de frutos partenocárpicos (sin semillas) (Ramos et al., 2019).





En los experimentos de campo se observó que la captura de polen a distanciamientos entre 2 m a 4 m (dos a cuatro surcos o plantas contiguas) era nula o mínima. Los insectos polinizadores obtienen alimento de las flores que visitan, usualmente en términos de polen o néctar; en una relación mutualista las plantas obtienen en retorno servicios de polinización, en lo que en muchas especies se considera un ejemplo clásico de coevolución (Proctor, Yeo, & Lack, 2012). Sin embargo, como ya se mencionó en esta sección, la yuca cultivada no depende de la polinización para su permanencia y conservación en un ecosistema, ni para su producción como en otras especies. La reproducción sexual permitiría mantener los genes en el ecosistema, pero no mantener el genotipo alcanzado en un momento dado pues la descendencia producida por esta no daría lugar a individuos idénticos a los que el agricultor desea mantener por sus capacidades productivas.

En general, se considera que las plantas que producen granos de polen tan grandes como la yuca, tienen

que atraer a los polinizadores y han desarrollado mecanismos para ello (Burns, 2011). Sin embargo, las flores de yuca no son del todo atractivas pues su tamaño es muy pequeño, su vistosidad es mínima ya que no posee pétalos de colores brillantes o atractivos y si bien producen una gran cantidad de néctar, los nectarios no solo están en las flores pues hay nectarios extraflorales que también atraen a los insectos, pero sin ninguna utilidad respecto a la polinización. Por otro lado, los nectarios florales están ocultos gran parte del tiempo de floración, por el retraso con que abren las flores masculinas respecto de las femeninas. Todas estas circunstancias, que conforman lo que se conoce como “síndrome de polinización” permiten entender la poca prominencia de la reproducción sexual para la utilidad comercial de la yuca.

Comportamiento físico del grano de polen de yuca

El polen en general está considerado como parte de la biota atmosférica (aerobiota), que es responsable del flu-

jo de genes y contribuye en la determinación de la distribución de las especies de plantas. El polen de muchos organismos puede incrementar la eficiencia de sus trasladados tomando ventaja de las corrientes de aire, pero esto depende del peso y tamaño, aspectos que son una desventaja para el grano de polen de la yuca.

El grano de polen de la yuca, con un diámetro de 250 μm , es mucho más grande inclusive que las partículas contaminantes atmosféricas que usualmente se registran como PM10 (diámetro de 10 μm) y PM2.5 (2.5 μm). Por otro lado, en el caso de la yuca no se ha encontrado reportes sobre el contenido de humedad del grano de polen antes y después de la antesis, pero como en otras especies, es posible que se pierda un 30 % de humedad durante su exposición al ambiente y su viaje hacia un estigma, adherido al cuerpo de un insecto. El grano de polen recién emitido tiene un contenido de humedad que puede llegar al 50 % en algunas especies (Moffatt, 2012), pero esta humedad se puede perder muy rápidamente en condiciones secas, inclusive en minutos (Escobar & Pérez, 2017), condicionando también una pérdida de viabilidad. Esta reducción de humedad hace al grano de polen más trasladable, pero al mismo tiempo más susceptible de morir y dejar de ser funcional.

De acuerdo a la escala de resolución de los modelos de contaminación atmosférica, las condiciones que se dan en campos de yuca, por el tamaño del grano de polen y por la secuencia temporal en que se da la antesis, antes de la apertura total de la flor, no son aplicables en general los modelos de dispersión pues la escala micro estima el traslado en un área radial de 100 m², la escala media de hasta 0.5 Km² y la escala local hasta 4 Km² (Instituto Nacional de Ecología [INE], 2003), distancias a las que el traslado de un grano de polen de yuca es imposible que llegue.

Los polinizadores no reúnen polen con la intención de promover la reproducción sexual de las plantas, son animales que buscan alimento y parejas sexuales. En la alimentación e interacción con otros especímenes, los granos de polen se adhieren a sus cuerpos y al frotarse accidentalmente con otras flores coadyuvan a la polinización (Burns, 2011). Si el grano de polen ya está muerto o desecado no habrá germinación ni fertilización de los órganos femeninos, si se produce en poca cantidad (lo que ocurre con granos grandes de polen) también disminuirá su eficacia polinizadora.

En diversos lugares del país donde se realizó la prospección se observó regularmente la visita de insectos a las flores de yuca, como es el caso Satipo y Tumbes donde se registró a *Melipona spp.* (figuras 26 y 27), en San Martín se observó hormigas (figura 28) y en Tumbes se observaron avispas de las familias Scolidae y Vespidae (figura 29).

La visita de hormigas cumple dos funciones con respecto a la yuca, una es el traslado de restos de brácteas de las flores que caen, por las que son atraídas, y la segunda es la de diseminación de semillas, que son trasladadas a sus nidos, en lo que constituiría una posible vía de flujo de genes. Los productores de yuca en el Perú consideran a las hormigas, principalmente al género *Atta*, como plaga clave que en algunos casos llegan a defoliar plantas.





Figura 26: Flores de yuca visitadas por *Melipona spp.* en Tumbes

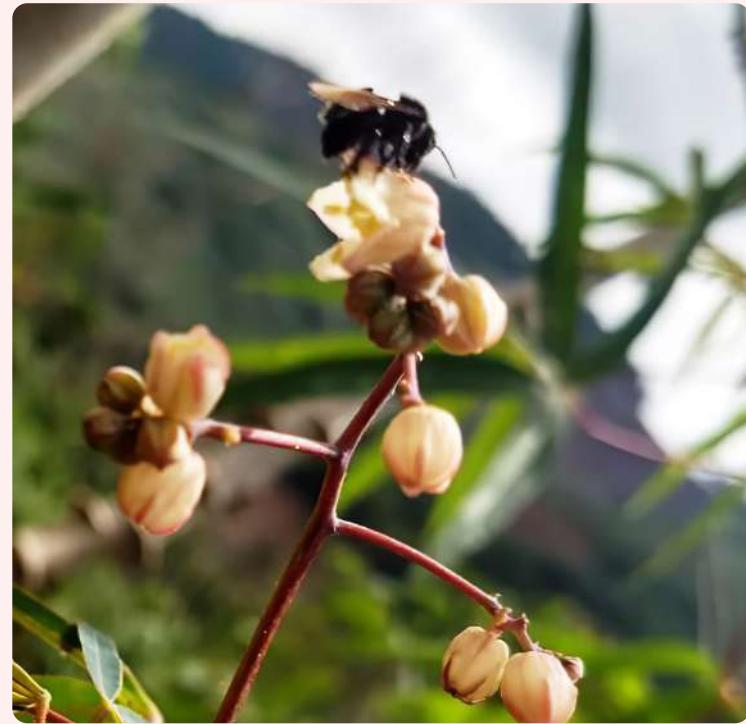


Figura 27: Flores de yuca visitadas por *Melipona spp.* en Satipo



Figura 28: Flores femeninas de yuca visitadas por hormigas en San Martín

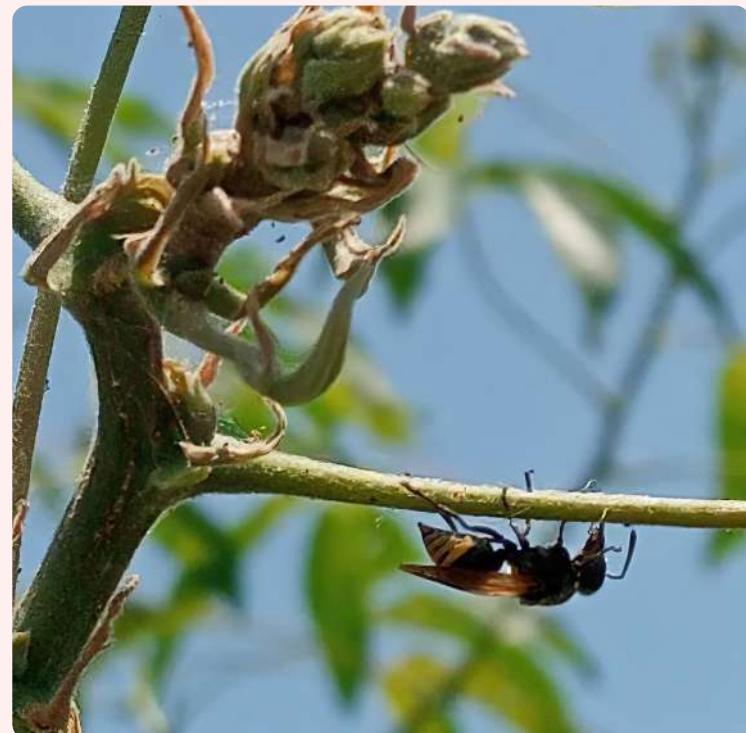


Figura 29: Flores de yuca visitadas por avispas de la familia Vespidae en Tumbes

En el levantamiento de información del presente estudio sobre organismos relacionados a la yuca, el 10 % de las especies corresponde a polinizadores, principalmente abejas y avispas de las familias Apidae, Scolidae, Halictidae, Sphecidae, así como polinizadores de otros grupos (Melyridae). Otras especies colectadas en las regiones muestreadas son: *Bombus morio*, un abejorro considerado eficiente en polinizar flores, así como *Paratrigona lineata*, abeja pequeña sin aguijón, consumidora de polen y de muy relativa eficiencia polinizadora. Estas dos últimas especies han sido reportadas como polinizadores de especies silvestres de yuca en Brasil.

En conclusión, el flujo de polen en condiciones naturales en los sitios experimentales no tiene niveles importantes, la autopolinización y polinización cruzada es mínima en las primeras floraciones si se tiene en cuenta la protoginia de hasta 13 días. Si el polen se encuentra en mayor cantidad a 1 m de distancia de la flor emisora y la yuca se siembra con distanciamientos entre 1.0 y 1.5 m, la cantidad que pueda llegar de polen a una planta o surco adyacente en una plantación comercial sería baja. Luego este polen tiene que superar otras barreras como la protoginia misma, la antesis antes de abrir las flores masculinas, la poca cantidad de granos de polen grandes producidos, para recién llegar a alcanzar un estigma. Asimismo, la actividad de polinizadores es muy relativa, se diría que, hasta mínima, dado que la flor de la yuca es pequeña, no tiene verdaderos pétalos ni colores atractivos, tiene nectarios florales y extraflorales que pueden saciar y confundir a los insectos visitantes para forrajar, son otros factores en contra de facilitar el flujo de polen y consecuentemente de genes por esta vía.

Otras condiciones que se contraponen con el flujo de polen y que eventualmente podrían producir contaminación son las variedades, debido a que no todas florean, y el porcentaje de flores con fertilización exitosa que luego dé lugar al desarrollo de frutos y su posterior desarrollo de semillas viables es muy bajo. Por otro lado, si la domesticación se realizó hace unos 7000 años, definitivamente no fue por la capacidad de florear de la planta.

Cruzabilidad

La cruzabilidad es la capacidad de una planta o una especie de tener cruzamientos efectivos con otras plantas o espe-

cies produciendo híbridos y descendencia fértil. Hay barreras a la cruzabilidad que han sido reportadas en la yuca como la autoincompatibilidad, la androesterilidad, el aborto de frutos, la no viabilidad de semillas, que se requiere evaluar en la perspectiva de diseñar un plan experimental específicamente para determinar su incidencia.

Desde el enfoque de bioseguridad de esta línea de base, la cruzabilidad debe ser evaluada en la perspectiva de que los genes de una planta GM puedan llegar por polinización a una flor receptiva femenina de una variedad no GM o de una especie silvestre; por esta razón se ha identificado en la prospección en qué lugares del país se encuentran especies silvestres, para previa identificación determinar si se cuenta con publicaciones o investigaciones respecto a sus particularidades reproductivas sexuales a nivel del Perú o en el mundo, y si aún no ha sido así, establecer una agenda a futuro que permita desarrollar este conocimiento.

Genética y cruzabilidad

Todas las especies de *Manihot* tienen el mismo número cromosómico $2n = 36$ y las especies generalmente tienen meiosis diploide normal. Aunque *M. esculenta* ha sido descrita como un allotetraploide con número básico $1n = 9$, estudios sobre el comportamiento meiótico de varios genotípos de yuca observaron 18 bivalentes típicos de un diploide (Umanah & Hartmann, 1973).

El genoma de la yuca es altamente heterozigota debido a su naturaleza de polinización cruzada. El nivel de heterocigosis de la yuca está entre los más altos encontrados en las plantas. Esta alta heterozigocidad puede explicar la severa depresión por endocría observada en este cultivo (Wang et al., 2014). Sin embargo, por genética de poblaciones, la estructura genética de una población de yuca está formada por una mezcla de híbridos fijados como clones con ancestros comunes. Lo que se ha observado en campo, en el Perú, nos da un indicio de que hay permanentemente hibridación entre diferentes variedades que ocupan un territorio geográfico donde muy eventualmente intervendría una especie silvestre pues no se ve que compartan los espacios dedicados a la producción comercial de la yuca cultivada.

El nivel de hibridación que se ha evidenciado entre yuca y sus parientes silvestres sugiere que las barreras a la hibridación son débiles, no hay sistemas de incompatibilidad identificados en *Manihot* que prevengan o inhiban el cruzamiento entre especies y se ha observado a los cromosomas de yuca cultivada apareándose con aquellos incluso de parientes distantes (Byrne, 1984). Asimismo, se han registrado híbridos naturales de *M. esculenta* y *M. glaziovii* (Lefevre & Charrier, 1993).

Por otro lado, Lozada (1991) comenta que el género *Manihot* es de origen reciente y que continúa el proceso evolutivo de fijación de especies. Las barreras al cruzamiento son frágiles o no existen, de modo que, en el género hay una gran reserva genética que puede utilizarse para mejorar la especie cultivada. Muchas especies consideradas morfológicamente distintas pueden cruzarse y producir descendencias fértiles, por lo tanto, pertenecerían al pool génico primario o secundario. Por ahora hay pocos resultados concretos, pero existen evidencias que no niegan esa posibilidad. Para un cruzamiento dirigido en yuca es más importante considerar el genotipo del progenitor femenino, debido que éste es esencial para transmitir características deseables a las generaciones futuras, transmitiendo la mitad de su material genético a su descendencia y generando descendientes con diversidad genética. Esto es crucial para la evolución y adaptación de las especies, así como para reemplazar combinaciones genéticas menos favorables.

Se ha desarrollado un programa de mejoramiento (Instituto Agronómico de Campinas, Brasil) con clones colectados de Minas Gerais y São Paulo, en donde es normal observar el crecimiento de especies silvestres de *Manihot* muy cerca a clones cultivados, condiciones en que es frecuente la hibridación interespecífica natural. A lo largo del tiempo, plántulas de estas progenies de cruces naturales crecen simultáneamente y son incorporadas en la selección de estacas para su propagación vegetativa por los agricultores. Estos clones han dado lugar a algunas de las líneas más exitosas en la historia de la yuca, habiendo sido probados hasta en 70 localidades diferentes mostrando la mayor productividad en relación a otros. Los materiales así logrados han tenido niveles similares de rendimiento a los liberados por el CIAT, en una experiencia de mejoramiento exitoso

bastante reconocido. Esto indica que la cruzabilidad entre especies cultivadas y silvestres es un fenómeno real que es aprovechado para el mejoramiento genético convencional con grandes ventajas, por lo que se continúa trabajando en otras zonas de Brasil donde los parientes silvestres crecen naturalmente y aún no han sido aprovechados como fuente de genes. A mediados de los 1970 se colectó especies silvestres, se realizó la hibridación interespecífica sistemática y los híbridos se utilizaron en Brasilia y también fueron donados al IITA en Nigeria (Nassar, 2006).

Las especies silvestres que han mostrado hibridación natural exitosa con la yuca cultivada son: *M. pseudoglaziovii* Pax & Hoffmann, cuyos híbridos se han retrocruzado con *M. esculenta*, *M. glaziovii* Muell. Arg que participó en la intrusión de genes de resistencia al mosaico, *M. anomala* Pohl. que se retrocruzó con *M. esculenta* y dio lugar a resistencia a insectos, *M. oligantha* Pax & Haffmann cuyo híbrido con *M. esculenta* duplicó el contenido proteico, *M. neusana* Nassar cuyo híbrido con *M. esculenta* produce abundante follaje para forraje, así como *M. aesculifolia* ha dado lugar a híbridos que se han poliploidizado y se utilizan en retrocruzadas y producción de triploides (Nassar, 2006).

Un aspecto que también se da en la naturaleza es el flujo de genes de una especie cultivada a una especie silvestre, si bien esto no se ha estudiado en la yuca, se pueden producir dos efectos: la asimilación genética (es decir el reemplazo de genes en las poblaciones silvestres por genes de la población cultivada) y la disminución demográfica (por la cual una población silvestre encoge su tamaño porque los híbridos silvestre - cultivado son menos fértiles). En algunos cultivos (como en arroz en Taiwán) este tipo de flujo de genes incrementa el riesgo de extinción de una población silvestre por su menor fertilidad y una derivación hacia caracteres de la especie cultivada, la especie silvestre pura con el paso del tiempo puede entonces desaparecer (De Vicente, 2005).

En la naturaleza todas las especies silvestres de yuca se propagan por semillas, pero aún se requiere estudios en el comportamiento de la polinización y la conservación de sus semillas (CIAT, 2010). Las especies de yuca varían mucho en su capacidad de producir semilla, evidenciando problemas de posible deriva genética. Al respecto el CIAT (2010)

reportó que la Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria, Embrapa (por sus siglas en portugués), realizó una colección de semillas de especies silvestres en Brasil y el número de semillas que podían colectar varió entre 11 para *M. irwinii* y 16,503 semillas para *M. peruviana*.

Lozada (1991) cita cruzamientos exitosos entre *M. esculenta* y *M. glaziovii*, *M. dichotoma*, *M. catingae*, *M. melanobasis*, *M. saxicola*, y *M. anomala*. Cruces con *M. pringlei*, *M. caeruleascens*, *M. pohlii* no fueron satisfactorios o no produjeron semilla; también se reportan resultados contradictorios en los cuales para algunos investigadores han sido positivos, mientras que para otros no, como es el caso de cruces con *M. glaziovii* y *M. pseudoglaziovii*.

Las subespecies silvestres *M. esculenta* subsp. *flabellifolia* y *M. esculenta* subsp. *peruviana* así como *M. prurinosa* han sido identificadas como parientes cercanos a la yuca cultivada y que son interfériles con ella (Olsen & Schaal, 2007; Andersson & De Vicente, 2010). Varias otras especies han sido incluidas en un pool génico secundario de la yuca y son posibles cruces experimentales entre todas ellas, aunque los híbridos F1 tienden a ser estériles (Andersson & De Vicente, 2010) (tabla 5 y 6).



Tabla 5 Especies dentro del pool génico secundario de la yuca

Species	Origen y distribución
<i>M. carthagrenensis</i> ssp. <i>carthagrenensis</i> (Jacq.) Mull. Arg.	Venezuela, Bolivia, Colombia, Argentina, Paraguay, Trinidad y Tobago y Antillas
<i>M. carthagrenensis</i> ssp. <i>Glaziovii</i> (Mull. Arg.) Allem (<i>M. glaziovii</i> Mull. Arg.)	Nativa a Brasil, cultivada y naturalizada en África, Asia, e Islas del Pacífico
<i>M. carthagrenensis</i> ssp. <i>hahnii</i> Allem	Brasil
<i>M. aesculifolia</i> (Kunth) Pohl	México, Costa Rica, Bélice, Panamá, El Salvador y Guatemala
<i>M. anomala</i> Pohl	Brasil, Bolivia, Perú, Argentina y Paraguay
<i>M. brachyloba</i> Mull. Arg.	A través de Centro y Sud América (de Nicaragua a Brasil)
<i>M. chlorosticta</i> Standl. & Goldman	México
<i>M. dichotoma</i> Ule	Brasil
<i>M. epruinosa</i> Pax & K. Hoffm.	Brasil
<i>M. gracilis</i> Pohl	Brasil
<i>M. leptophylla</i> Pax & K. Hoffm.	Brasil, Ecuador y Perú
<i>M. pilosa</i> Pohl	Brasil
<i>M. pohlii</i> Wawra	Brasil
<i>M. tripartita</i> (Spreng.) Mull. Arg.	Brasil, Bolivia y Paraguay
<i>M. triphylla</i> Pohl	Brasil

Fuente: Andersson & De Vicente (2010)

Tabla 6 Posibilidades de cruces entre algunas especies de *Manihot*

Progenitor masculino	Progenitor femenino	Produce semilla viable	Tratamiento especial o tipo de cruce	Referencia
<i>M. esculenta</i>	<i>M. pohlii</i>	No	Sin polen mentor*	Nassar et al., 1996
<i>M. pohlii</i>	<i>M. esculenta</i>	Sí	Con polen mentor	Nassar et al., 1996
<i>M. neusana</i>	<i>M. pseudoglaziovii</i>	Sí	Cruce natural	Nassar (1989), cit. por Nassar et al. (1996)
<i>M. neusana</i>	<i>M. glaziovii</i>	Sí	Cruce natural	Nassar (1989), cit. por Nassar et al. (1996)
<i>M. neusana</i>	<i>M. tripartita</i>	Sí	Cruce natural	Nassar (1989), cit. por Nassar et al. (1996)
<i>M. neusana</i>	<i>M. caeruleascens</i>	Sí	Cruce natural	Nassar (1989), cit. por Nassar et al. (1996)
<i>M. neusana</i>	<i>M. salicifolia</i>	Sí	Cruce natural	Nassar (1989), cit. por Nassar et al. (1996)
<i>M. neusana</i>	<i>M. pohlii</i>	Sí	Cruce natural	Nassar (1989), cit. por Nassar et al. (1996)
<i>M. neusana</i>	<i>M. esculenta</i>	Sí	Cruce natural	Nassar (1989), cit. por Nassar et al. (1996)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. esculenta</i> subsp. <i>flabelifolia</i>	Sí	Artificial	Silveira et al. (2018)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. esculenta</i> subsp. <i>peruviana</i>	Sí	Artificial	Silveira et al. (2018)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. glaziovii</i>	Sí	Artificial	Lozada (1991)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. dichotoma</i>	Sí	Artificial	Lozada (1991)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. catingae</i>	Sí	Artificial	Lozada (1991)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. melanobasis</i>	Sí	Artificial	Lozada (1991)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. saxicola</i>	Sí	Artificial	Lozada (1991)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. anomala</i>	Sí	Artificial	Lozada (1991)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. pringlei</i>	No	Artificial	Lozada (1991)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. carulescens</i>	No	Artificial	Lozada (1991)
<i>M. esculenta</i>	<i>M. pohlii</i>	No	Artificial	Acosta (1991)
<i>M. reptans</i>	<i>Manihot</i> spp.	Sí	Cruce natural	Nassar (2000)

*Polen mentor es polen muerto del progenitor femenino, se evita autopolinización y se supera barrera estigmática a cruce interespecífico.



Como sucede en otras especies que se propagan clonalmente, la polinización cruzada en esta especie, tiene también probabilidades de producir gametos diploides, con lo cual es también probable que se formen triploides y tetraploides en la reproducción sexual, los cuales normalmente tienen mayor desarrollo y producción que las plantas diploides, asimismo, pueden ser fácilmente fijados por la reproducción asexual predominante.

En algunos lugares como Tocache se ha evidenciado la presencia de plantas voluntarias provenientes de semillas sexuales, por lo general de débil y lento crecimiento, las cuales no son retiradas del campo por los productores porque conocen que eventualmente — si supera esa debilidad — producirá también yuca para alimentarse. Este es un nuevo factor de riesgo porque si es un híbrido que el productor ve como prometedor, será considerado como fuente de estacas para la siembra de la próxima campaña.

En el Perú no se ha estudiado la cruzabilidad entre las especies de *Manihot* que se tienen, por ello es importante precisar lugares donde se encuentran las especies silvestres para diseñar a futuro investigaciones que amplíen el conocimiento sobre la cruzabilidad. En la tabla 7 se presenta la distribución actual a nivel de distritos, en los que también se encuentra la especie cultivada, donde es muy probable que estén ocurriendo permanentemente cruzamientos efectivos no monitoreados pero que se expresan en el hallazgo de plantas voluntarias con características de híbridos.

Tabla 7 Distribución de las especies silvestres de *Manihot* encontradas en la prospección en 15 departamentos del Perú, 2020

Departamento	Provincia	Distrito	Especie	Nombre común
San Martín	Mariscal Cáceres	Juanjuí	<i>Manihot peruviana</i>	Sacha yuca
San Martín	El Dorado	San José de Sisa	<i>Manihot peruviana</i>	Sacha yuca
San Martín	Lamas	Caynarachi	<i>Manihot brachyloba</i>	Yuquilla
San Martín	Lamas	Caynarachi	<i>Manihot peruviana</i>	Yuquilla
San Martín	Lamas	Caynarachi	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuquilla
San Martín	Lamas	Lamas	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	Sacha rumo
Junín	Chanchamayo	Chanchamayo	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	Yuca de monte
Pasco	Oxapampa	Puerto Bermúdez	<i>Manihot brachyloba</i>	Yuca de venado
Ucayali	Padre Abad	Irazola	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	Yuca de venado
Ucayali	Coronel Portillo	Masisea	<i>Manihot peruviana</i>	Yuca de monte
Ucayali	Padre Abad	Padre Abad	<i>Manihot brachyloba</i>	Sacha de monte
Ucayali	Atalaya	Raymondi	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de venado
Ucayali	Atalaya	Sepahua	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de venado
Ucayali	Atalaya	Tahuania	<i>Manihot brachyloba</i>	Yuca de monte
Madre de Dios	Tambopata	Inambari	<i>Manihot brachyloba</i>	Yuca de monte
Madre de Dios	Tambopata	Inambari	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte
Madre de Dios	Tahuamanu	Tahuamanu	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte
Madre de Dios	Tahuamanu	Iberia	<i>Manihot brachyloba</i>	Yuca de monte
Madre de Dios	Tahuamanu	Ifiapari	<i>Manihot brachyloba</i>	Yuca de monte
Madre de Dios	Manu	Madre de Dios	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte

Tabla 7 Distribución de las especies silvestres de *Manihot* encontradas en la prospección en 15 departamentos del Perú, 2020

Departamento	Provincia	Distrito	Especie	Nombre común
Loreto	Requena	Requena	<i>Manihot brachyloba</i>	Especie silvestre
Loreto	Ucayali	Contamana	<i>Manihot brachyloba</i>	Especie silvestre
Loreto	Ucayali	Vargas Guerra	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte
Ayacucho	Huanta	Llocogua	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte
Ayacucho	Huanta	Sivia	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte
Ayacucho	La Mar	Anco	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte
Ayacucho	La Mar	Ayna	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte
Cusco	Calca	Yanatile	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	Yuca de monte
Cusco	La Convención	Echarate	<i>Manihot peruviana</i>	Yuca de monte
Cusco	La Convención	Kimbiri	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca de monte
Cusco	La Convención	Quellouno	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	Yuca yuca
Cusco	La Convención	Vilcabamba	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	Yuca yuca
Cusco	Paucartambo	Kosñipata	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca yuca
Cusco	Quispicanchis	Camanti	<i>Manihot brachyloba</i>	Yuca yuca
Puno	Carabaya	Ayapata	<i>Manihot peruviana</i>	Yuca yuca
Puno	Carabaya	San Gabán	<i>Manihot brachyloba</i>	Yuca yuca
Puno	Sandia	San Pedro de Putina Punco	<i>Manihot leptophylla</i>	Yuca yuca

Flujo de semilla

Desde un enfoque de bioseguridad es importante considerar el estado del conocimiento del productor de yuca respecto de los temas de biología floral, polinización y semilla sexual, aspectos vinculados a la potencial interacción entre formas GM y variedades locales de yuca en diversas partes del país. Con esa finalidad, se ha incluido en la encuesta realizada con ocasión de la prospección distrital, un grupo de preguntas para conocer la percepción del agricultor.

Los productores de yuca presentes en el Perú tienen preferencias por ciertas variedades, siendo el criterio principal la calidad y cantidad de raíces con fines de alimentación y venta. Se considera como variedades a aquellas locales o nativas que son utilizadas y seleccionadas por el agricultor. En el Perú no se tiene el registro de variedades mejoradas obtenidas por un proceso convencional de mejoramiento genético. No obstante, para la apreciación de la diversidad de variedades que se encuentra, se emplea el criterio de la “variedad nominal” en donde el nombre identifica a una variedad reconocida por los productores en cada zona.

Los resultados nos muestran que el 100 % de productores encuestados emplea estacas de tallo como su material de siembra, y en cuatro de los cinco departamentos donde se instalaron los campos experimentales (Tumbes, Piura, San Martín, Junín y Madre de Dios), emplean su propio material para las siguientes siembras, solo en Madre de Dios es importante conseguir el material de otros productores locales.

En la mayoría de departamentos, los productores conocen la flor y el fruto de la yuca, solo en el caso de Tumbes, un 11 % indica no conocerlos. Tienen conocimiento también de la capacidad de floración de la variedad que han sembrado, aunque en Tumbes es mayor el desconocimiento de esta característica (33 %), algunos inclusive, reportan a los cuántos días se presenta la floración (lo cual está muy asociado a una etapa importante de la fenología de la yuca como es el inicio de ramificación). En Piura un 9 % y en Madre de Dios un 14 % de los productores manifiestan no conocer este dato, pero sí conocen a los cuántos días hay frutos. Este conocimiento es menor en Madre de Dios donde un 57 % no conoce el momento de floración.

Sobre el conocimiento de lo que hay dentro de los frutos de la yuca, la mayoría expresa que se encuentran las semillas, a excepción de Tumbes y Madre de Dios que lo ignoran (67 % y 14 % respectivamente). Alrededor del 10 % de encuestados indica que han sembrado semillas provenientes del fruto en Tumbes, Piura y San Martín (11 %, 9 % y 8 % respectivamente). Esto puede tener una explicación en el hábito de dehiscencia que tiene el fruto y que saben que no todas las semillas son viables, posiblemente por dormancia o porque no han desarrollado adecuadamente.

Es difícil que los gametos de una planta de yuca GM lleguen a un campo de plantas convencionales, por el tamaño y peso del grano de polen, pero no es totalmente imposible, y este escaso conocimiento del agricultor es fundamental para apreciar los efectos que podrían tener los OVM una vez liberados al ambiente, porque los agricultores que cultivan yuca desconocen una de las principales vías de posible flujo de genes como es la reproducción sexual. Como ha sido un uso por cientos de años, la aparición de una planta voluntaria, generalmente híbrido, permite al agricultor apreciar su ventaja sobre el cultivo de propagación vegetativa, si esto ocurre, tomará estacas de estas plantas para su material de siembra de la próxima campaña. El agricultor volvería a sacar estacas de tallo de estas plantas y las volvería a utilizar para una siguiente siembra, sin darle importancia a los posibles híbridos que se presentarían en los campos. Inclusive los híbridos podrían ser preferidos, si muestran un vigor híbrido o que tengan mayor producción que la variedad anterior, abandonando así a las variedades progenitoras que no podrían superar a su F1, manteniendo asexualmente al híbrido, lo que es casi seguro que suceda. Aquí el efecto no sería solo la introgresión de los transgenes en las variedades locales, desde el enfoque de la protección a la diversidad del cultivo, sino también generaría su reemplazo.

Eventualmente, ante una introgresión o reemplazo, una zona en pocos años se podría convertir en una zona solo con híbridos de las variedades locales y los OVM, fijados clonalmente por la reproducción vegetativa. Estas consecuencias, fruto del conocimiento agrícola de los productores, no pueden ser controladas por decretos, se requiere una gran acción de educación y concientización, que ten-

dría puntos débiles porque las decisiones de siembra pasan principalmente por el tema económico, mayor rendimiento, mayor ingreso, más alimento, etc.

Elección de variedades y material de siembra

Desde un enfoque de conservación de la diversidad genética de la yuca y abastecimiento de semillas, es importante apreciar el conocimiento de los productores que practican una agricultura tradicional en sus sistemas productivos. Para tal efecto se incluyó en las encuestas una serie de preguntas relacionadas a variedades o denominaciones locales y al material de siembra de la yuca que cultivan en sus chacras.

Una variedad vegetal es un conjunto de individuos botánicos cultivados que se distinguen por determinados caracteres morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos, que se pueden perpetuar por reproducción, multiplicación o propagación (Comisión del Acuerdo de Cartagena, 1993). Esta definición se aplica perfectamente a las variedades locales y a las variedades obtenidas por el mejoramiento genético convencional y es así como lo entienden los campesinos.

Las variedades recolectadas en regiones donde el cultivo se originó o diversificó se denominan variedades nativas o autóctonas o tradicionales, o aquellas variedades que usan los agricultores tradicionalmente y que no han pasado por ningún proceso de mejoramiento sistemático y científicamente controlado y cuya semilla es producida por los mismos agricultores (INIEA, 2006).

La agricultura tradicional es un sistema de producción basado en conocimientos y prácticas ancestrales, que han sido desarrollados a través de muchas generaciones y tienen valor cultural y social en las poblaciones nativas y ha sido sostenible en el tiempo.

Durante el desarrollo de la línea de base se registraron 92 variedades nominales en los 15 departamentos prospectados, la región donde se registró la mayor presencia de variedades nominales fue San Martín con 33 variedades, seguido de Amazonas con 20 variedades y en tercer lugar Cajamarca con 18 variedades. La región con el menor

número de variedades nominales fue Tumbes con solo 5 registradas.

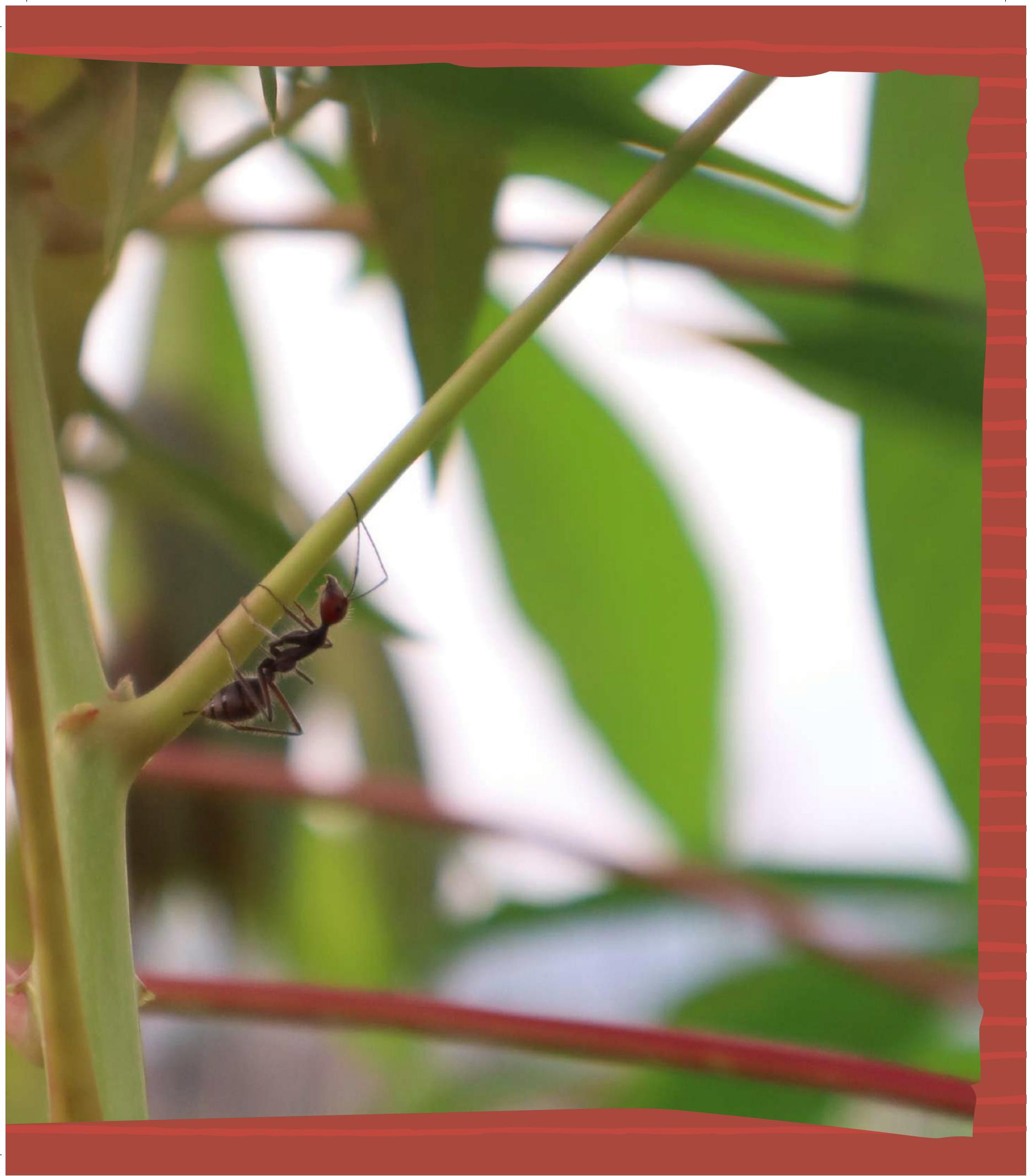
Estas variedades nominales son fácilmente identificadas a nivel local por algunos caracteres clave, como el caso del color del parénquima que es predominantemente “amarillo” o “blanco”, siendo estas variedades las más registradas con 249 y 236 puntos de prospección respectivamente. Otros nombres refieren al color de los tallos (palo blanco, palo verde, palo morado, etc.), así también nombres que hacen referencia al lugar de procedencia de la semilla (colombiana, machala, machaleña, tarapoteña, etc.)

Es importante resaltar que los conocimientos de la agricultura tradicional, para el cultivo de yuca en nuestro país, han sido transmitidos de generación en generación, desde acciones básicas como el manejo y forma de obtención de las semillas, pasando por la siembra, las prácticas culturales, la cosecha y el aprovechamiento a través de diversos usos que se han desarrollado para las raíces comestibles y su principal componente, el almidón.



3

Organismos y microorganismos asociados al cultivo de la yuca





El cultivo de yuca presenta un alto grado de atracción para una diversidad de organismos entre los que se encuentran a los fitófagos, parasitoides, predadores, polinizadores y saprófagos. Los fitófagos se alimentan del cultivo, los parasitoides y predadores son controladores naturales de algunos fitófagos, los polinizadores forrajean en los campos de yuca, tanto por el néctar de las flores como por los nectarios extraflorales y los saprófagos se alimentan de plantas y animales en descomposición o de excrementos, transformando estos en sustancias más simples.

La yuca es hospedante de microorganismos patógenos como hongos, bacterias, virus, micoplasmas y espiroplasmas que afectan al cultivo. Además de otros microorganismos que interactúan como benéficos, antagonistas, que cumplen funciones importantes en procesos físico-químicos y biológicos del suelo, siendo la rizósfera la más habitada por estos. La evaluación de los organismos y microorganismos relacionados al cultivo de yuca se realizó en 15 departamentos del país.

3.1 Caracterización de la entomofauna

En el cultivo de yuca, de acuerdo a las observaciones de campo y a la literatura reportada, se encuentran 170 especies de organismos relacionados, que se presentan en la tabla 8. En las evaluaciones realizadas se observó daños ocasionados a las plantas de yuca por diversos insectos fitófagos pero en bajas proporciones, registrándose principalmente a *Atta cephalotes* (L) [Hymenoptera: Formicidae] conocida como hormiga cortadora de hojas, curuhunsi o coqui afectando un 2.61 % de las plantas evaluadas, *Erinnyis ello* (L) [Lepidoptera: Sphingidae] [figura 35] llamado gusano cachón afectando a un 1.8 % de plantas, *Chilomina clarkei* (Amsel) [Lepidoptera: Pyralidae] (figuras 30 y 31) conocida como barrenador del tallo con 1.61 % de plantas afectadas e *Hyperdiplosis* sp. (figura 33) con 0.62 % conocida como agalla. De todos ellos se reporta como plaga a *E. ello* (Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [Senasa], 2017) y *Atta cephalotes* (Delgado & Couturier, 2004) las cuales necesitan de un método de control para que no causen daño económico.

El método más utilizado para el control de plagas en campos comerciales es el químico. En algunas comunidades nativas se hace la colecta manual del gusano cachón (*E. ello*) que se emplea para el consumo humano. Existe también el control natural de las plagas de yuca como los parasitoides de la familia Trichogrammatidae (*Trichogramma* spp.), predado-

res de la familia Chrysopidae (*Chrysoperla externa* [Hagen]) y chinches de la familia Pentatomidae (*Podisus* sp.). Además de entomopatógenos como *Bacillus thuringiensis* Berliner, baculovirus y hongos como *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin, entre otros.

Las principales enfermedades que afectan al cultivo de la yuca son el mosaico común de la yuca (cassava common mosaic disease – CsCMD) causada por el virus del mosaico común (common mosaic virus - CsCMV); el mosaico de las nervaduras de la yuca (cassava veins mosaic disease – CVMD) causada por el virus del mosaico de las nervaduras (cassava vein mosaic virus – CSVMV) (Calvert & Cuervo, 2002), el pie negro ocasionado por *Rosellinia cecatrix* Prill (Meza, 2014), la mancha parda de la hoja causada por *Mycosphaerella henningsii* Sivan., (Senasa, 2020), la pudrición bacteriana ocasionada por *Xanthomonas manihotis* (Xam) (López, Restrepo, & Verdier, 2006), entre otras.

Del trabajo de campo se colectaron muestras entomológicas que fueron identificadas por especialistas del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, así como también muestras con signos y síntomas de enfermedades para su identificación en el Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología “Marino Tabusso” de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

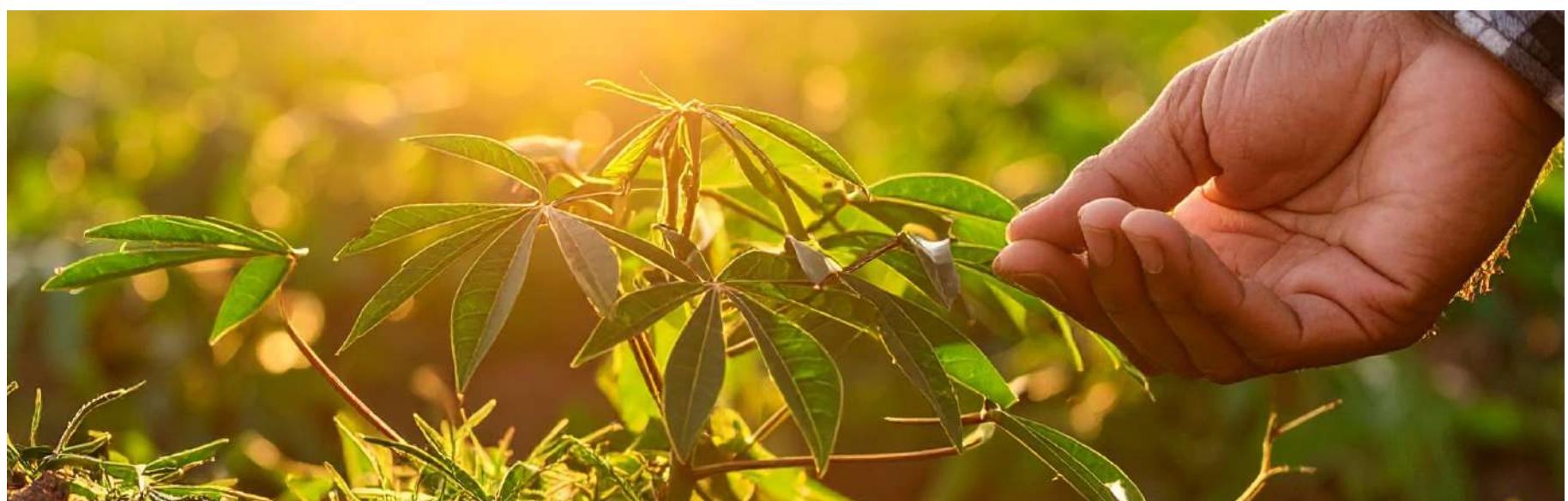




Figura 30. Daño del barrenador del tallo (*Chilomina clarkei*)



Figura 31. Gusano barrenador del tallo (*Chilomina clarkei*)



Figura 33. Daño Insecto formador de la agalla (*Hyperdiplosis sp.*)



Figura 32. Daño de Insecto gallina ciega (*Tomarus sp.*)



3.2 Organismos y microorganismos blanco

Se considera como organismos y microorganismo blanco aquellos para cuyo control está destinada la producción de un determinado OVM (MINAM, 2016). Para el control de los organismos que afectan al cultivo de yuca, no existen eventos aprobados de plantas genéticamente modificadas (International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, 2020). Sin embargo, existen investigaciones en *Manihot esculenta* resistente a la mosca blanca *Aleurotrachelus socialis* Bondar (Hem.: Aleyrodidae) mediante la tecnología del ADN recombinante (Cuervo & Duran, 2011); resistencia al barrenador del tallo *Chilomina clarkei* mediante la incorporación del gen cry1AB vía *Agrobacterium tumefaciens* Smith and Townsend en plantas de yuca (Fregene, Tohme, Roca, Chavarriaga, Escobar & Ceballos, 2002).

Para el país, las especies con potencial para el desarrollo de un OVM son *Atta cephalotes* conocida como hormiga cortadora de hojas, curuhunsi o coqui y *Erinnys ello* conocido como gusano cachón, especies que más afectan al cultivo de yuca.

De la colecta realizada en los campos de cultivo de yuca se identificaron 102 especies de fitófagos, siendo los principales: *Atta cephalotes* (figura 34), *Erinnys ello* (figura 35), *Rhynchophorus palmarum* (figura 36), *Dysdercus peruvianus* (figura 37), *Diabrotica speciosa*, *Diabrotica sinuata*, *Anastrepha* sp., *Nasutitermes* sp., *Tomarus* sp., *Metamasius hemipterus*, *Phthiacnemia picta*, *Edessa* sp., *Chilomina clarkei*, *Hyperdiplosis* sp.

Por otro lado, se han desarrollado eventos genéticamente modificados para el control de enfermedades confiriendo resistencia al virus del mosaico africano ACMV (African cassava mosaic virus), a la enfermedad del estriado marrón (cassava brown streak disease CBSD), del mosaico de la yuca (cassava mosaic disease CMD) y resistencia a la bacteriosis vascular de la yuca (cassava bacterial blight CBB) causado por *Xanthomonas axonopodis* pv. *manihotis* (Xam). Así como también eventos para incrementar la capacidad fotosintética y los niveles de zinc y hierro (CIISB, 2020; Fregene et al., 2002).



Figura 34. *Atta cephalotes*

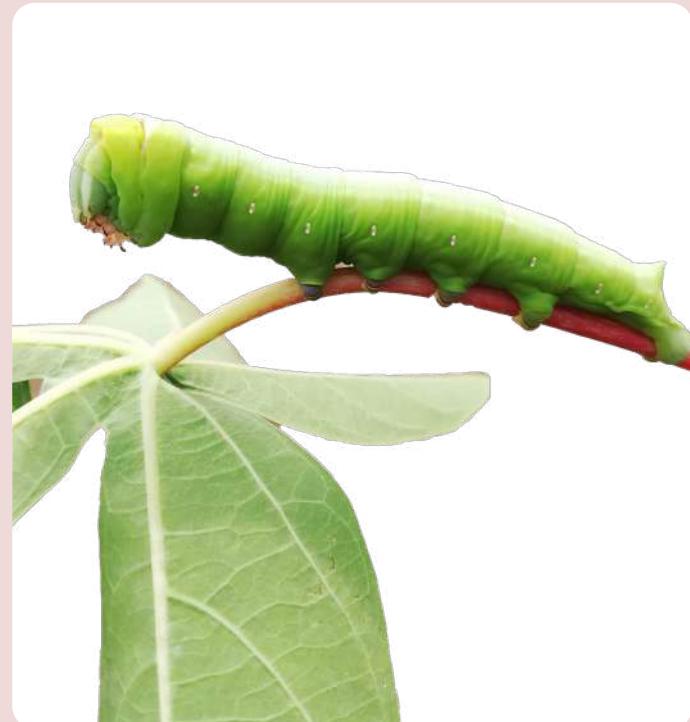


Figura 35. *Erinnys ello*



Figura 36. *Rhynchophorus palmarum*



Figura 37. *Dysdercus peruvianus*

3.3 Organismos y microorganismos no blanco

Son todos aquellos que comparten el mismo ambiente y que no son el objetivo del control para el que han sido desarrollados los OVM, pero que interactúan con ellos o que podrían verse expuestos a los elementos de la biotecnología moderna para el manejo agronómico que vienen asociados a su cultivo (MINAM, 2016). Dentro de ellos se encuentra también organismos fitófagos, parasitoides que viven a expensas de un hospedero, predadores que se alimentan de una presa y polinizadores que se alimentan del néctar de las flores y durante su visita pueden trasladar polen, microorganismos patógenos como hongos, bacterias, virus, micoplasmas y espiroplasmas, microorganismos benéficos como entomopatógenos, antagonistas de la rizósfera en las que cumplen funciones importantes en los procesos físico-químicos y biológicos del suelo.

Los parasitoides, son agentes del control natural, que viven a expensas de sus hospederos. Destacan en este grupo los parasitoides *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich (Hymenoptera: Aphelinidae) de las moscas blancas *Trialeurodes variabilis* (Quaintance) [Hemiptera: Aleyrodidae] (Aliaga, 2012). Actualmente el uso de parasitoides como *Trichogramma pretiosum* (Riley) *T. maranobai* (Brun) y *T. dendrolimi* (Matsamura) [Hymenoptera: Trichogrammatidae] son utilizados para el control del gusano cachón *Erinnyis ello* (Senasa, 2017). Además, se reporta a *Tetrastichus* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) y *Dimeromicrus auriceps* (Ashmead) [Hymenoptera: Torymidae] como parasitoides del insecto formador de la agalla *Hyperdiplosis* sp. (Korytkowski & Sarmiento, 1961); *Encarsia tabacivora* Viggiani [Hymenoptera: Aphelinidae] parasitoide de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Supanta, 2017); *Cotesia congregata* (Say) [Hymenoptera: Braconidae] y *Gonia peruviana* Townsend (Diptera: Tachinidae) como parasitoides de gusanos de tierra, gusanos cortadores (Caldas, 2010). Durante la prospección del año 2020 se identificó las siguientes especies: *Gonia* sp. (figura 38), *Hoplomutilla* sp. (Hymenoptera: Mutillidae), *Agripon* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae), *Eiphosoma* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) entre otras.





Figura 38. *Gonia* sp.

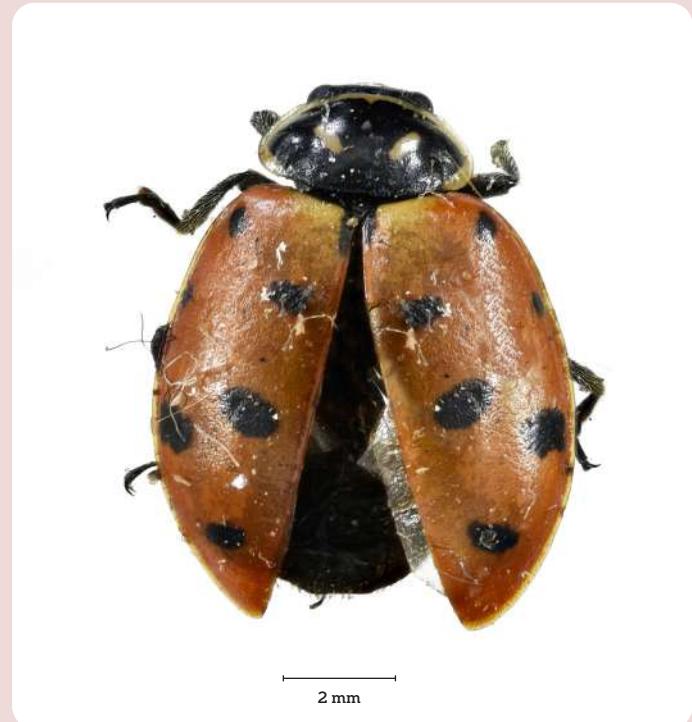


Figura 39. *Hippodamia convergens*



Figura 40. *Cyclonedada sanguínea*



Figura 41. *Toxomerus* sp.



Los predadores consumen otros insectos siendo también agentes del control natural; destaca el ácaro de la familia Phitoseiidae, que es utilizado para el control de *Mononychellus tanajoa* (Bondar) y *Mononychellus caribbeanae* (McGregor) [Senasa, 2020], la familia Chrysopidae que controla mosca blanca, huevos y larvas de lepidópteros y trips (Senasa, 2014). En la tabla 8 se tiene una lista más amplia de predadores entre ellas *Hippodamia convergens* Guerin-Meneville (figura 39), *Cycloneda sanguínea* L. (figura 40), *Toxomerus* sp. (figura 41).

Los polinizadores forrajean en los campos de yuca, tanto por el néctar de las flores como por los nectarios extraflorales que tiene la yuca, cultivo para el que la polinización no es directamente importante para la producción de alimentos, ya que las plantas se reproducen vegetativamente. Sin embargo, los polinizadores aumentan la producción de semillas y esto es importante para el mejoramiento genético. Las principales especies identificadas en la colecta fueron *Apis mellifera*, *Trigona* sp. (Hymenoptera: Apidae),

Polybia sp. (Hymenoptera: Vespidae), *Augochlora* sp. (Hymenoptera: Halictidae) [figura 42], *Astylus* sp. (Coleoptera: Melyridae) [figura 43], *Megachile* sp. (Hymenoptera: Megachilidae) [figura 44].

Se colectaron también saprófagos, insectos que se alimentan de plantas y animales en descomposición o de excrementos, encontrándose especies de Diptera como *Cyphomyia* sp. (figura 45) y otras especies de Coleoptera.

Las muestras colectadas, que sirvieron para la identificación de las especies presentes en el cultivo de la yuca, fueron depositadas en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (figura 46). En las tablas 8 y 9 se presentan todos los organismos y microorganismos relacionados al cultivo de la yuca presentes en el Perú.

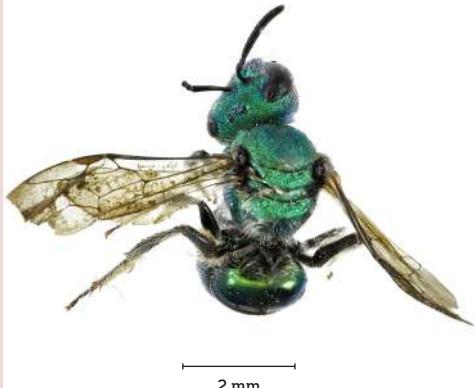


Figura 42. *Augochlora* sp.



Figura 43. *Astylus* sp.



Figura 44. *Megachile* sp.



Figura 45. *Cyphomyia* sp.



Figura 46. Muestras entomológicas depositadas en el Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Tabla 8 Organismos asociados al cultivo de la yuca según grupo funcional (Aliaga, 2012; Anteparra, 2012; Delgado & Couturier, 2004; Huahuasoncco, 2017; INIA, 2014; Korytkowski & Sarmiento, 1961; Lizárraga, García & Burgos, 2008; Maquera & Santisteban, 1987; Meza, 2014; Miro & Castillo, 2010; Ortiz, 1977; Rasmussen, 2003; Rasmussen & Lamas, 2011; Redolfi, 1995; Rojas, 2013; Senasa, 2013, 2017, 2020, 2022; Supanta, 2017; Vargas, 1983)

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Especie
Fitófago				
	Blattodea	Termitidae	Termitas	<i>Nasutitermes</i> sp.
	Orthoptera	Ripipterygidae	Escarabajo chinche	<i>Ripipteryx</i> sp.
				<i>Aleurotrachelus socialis</i> (Bondar)
				<i>Aleurothrixus floccosus</i> (Maskell)
		Aleyrodidae	Mosca blanca	<i>Trialeurodes variabilis</i> (Quaintance)
				<i>Trialeurodes vaporariorum</i> Westwood
				<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)
			Cochinilla harinosa	<i>Planococcus citri</i> Risso
		Pseudococcidae	Queresa	<i>Ferrisia virgata</i> Cock
				<i>Paracoccus marginatus</i> Williams and Granara de Willink
			Chicharrita	<i>Neocoeliidiinae</i> sp.
				<i>Macugonalia</i> sp.
				<i>Pseudometopia amblardii</i> (Signoret)
				<i>Pseudometopia phalaesia</i> (Distant)
				<i>Xerophloea</i> sp.
				<i>Gypona glauca</i> (Fabricius)
		Cicadellidae	Cigarrita	<i>Dilobopterus</i> sp.
Insecta				<i>Cicadellini</i>
				<i>Sibovia</i> sp.
		Hemiptera		<i>Molomea</i> sp.
				<i>Agallia</i> sp.
				<i>Coelidiinae</i>
				<i>Acrogonia virescens</i> (Metcalf)
			Pulga	<i>Raphirhinus phosphoreus</i> (Linnaeus)
				<i>Catorhintha</i> sp.
				<i>Phthiacnemia picta</i> (Drury)
		Coreidae	Chinche	<i>Merocoris</i> sp.
				<i>Leptoglossus</i> sp.
				<i>Chariesterus</i> sp.
				<i>Hypselonotus</i> sp.
			Diablito	<i>Membracis</i> sp.
		Membracidae	Insecto raro	<i>Platycotis</i> sp.
				<i>Cyphonnia clavata</i> (Fabricius)
			Saltador	<i>Tolania</i> sp.
				<i>Heteronotus</i> sp.

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Especie
Fitófago				
Hemiptera	Pentatomidae	Chinche		<i>Acledra</i> sp.
				<i>Mormidea</i> sp.
	Pyrrhocoridae	Chinche verde		<i>Edessa</i> sp.
				<i>Dysdercus</i> sp.
	Tingidae	Chinche apestoso		<i>Dysdercus peruvianus</i> Guérin-Méneville
		Chinche de encaje		<i>Vatiga manihotae</i> (Drake)
	Cerambycidae	Tostadero de la montaña		<i>Gargaphia nigrinervis</i> Stål
		Escarabajo		<i>Chlorida</i> sp.
		Tortuguilla		<i>Susuacanga</i> sp.
Insecta	Chrysomelidae			<i>Colaspis</i> sp
				<i>Typophorus nigritus</i> (Fabricius)
				<i>Diabrotica sinuata</i> (Olivier)
				<i>Diabrotica speciosa</i> Germar
				<i>Diabrotica decempunctata</i> (Latreille)
		Escarabajo		<i>Acalymma bivittulum</i> (Kirsch)
				<i>Asphaera albomarginata</i> (Latreille)
				<i>Parasyphraea ultrasimilis sublaevis</i> (Bechyné)
				<i>Omophoita aequinoctialis</i> (Linnaeus)
				<i>Gynandrobrotica conchula</i> (Erichson)
Coleoptera	Curculionidae			<i>Metallactus</i> sp.
				<i>Stolas cruentata</i> (Erichson)
		Gorgojo		<i>Copturus aurivillianus</i> (Heller)
				<i>Metamasius hemipterus</i> (Linnaeus)
				<i>Compsus divisus</i> (Hustache)
		Picudo		<i>Pantomorus</i> sp.
				<i>Rhynchophorus palmarum</i> (Linnaeus)
		Picudo negro		
				<i>Erotylus</i> sp.
Scarabaeidae	Erotylidae	Chinche		<i>Calopteron</i> sp.
	Lycidae	Escarabajo		<i>Canthon monilifer</i> Blanchard
		Gallina ciega		<i>Tomarus peruvianus</i> Endrödi

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Especie
		Fitófago		
		Arctiidae	Mariposa nocturna	<i>Correbida</i> sp.
		Erebidae	Polilla	<i>Cosmosoma auge</i> (Linnaeus) <i>Poliopastea</i> sp.
				<i>Chioides catillus catillus</i> (Cramer) <i>Polites vibex praeceps</i> (Scudder) <i>Xenophanes tryxus</i> (Stoll)
		Hesperiidae		<i>Pompeius pompeius</i> (Latreille) <i>Urbanus dorantes dorantes</i> (Stoll) <i>Pyrgus brenda</i> Evans
				<i>Vehilius stictomenes stictomenes</i> (Butler) <i>Leptotes</i> sp.
		Lycaenidae		<i>Calycopis bactra</i> (Hewitson) <i>Calycopis</i> sp.
	Lepidoptera		Mariposa	<i>Dione juno juno</i> (Linnaeus) <i>Anartia jatrophe jatrophe</i> (Linnaeus) <i>Anartia amathea sticheli</i> Fruhstorfer
				<i>Actinote pellenea epiphaea</i> Jordan <i>Cissia penelope</i> (Fabricius) <i>Hermeuptychia</i> sp.
		Nymphalidae		<i>Battus polydamas streckeranus</i> (Honrath) <i>Phoebis sennae marcellina</i> (Cramer) <i>Ascia monuste orseis</i> (Godart)
				<i>Chilomina clarkei</i> (Amsel) <i>Arsenura ciocolatina</i> Draudt
		Pieridae		<i>Sphingidae</i> Gusano cachón <i>Cecidomyiidae</i> Insecto formador de la agalla
				<i>Erinnys ello</i> (Linnaeus) <i>Hyperdiplosis</i> sp.
		Pyralidae	Polilla	
		Saturnidae	Mariposa	
		Sphingidae	Gusano cachón	
		Cecidomyiidae	Insecto formador de la agalla	
		Lonchaeidae	Barrenador de brotes	
	Diptera			<i>Silba pendula</i> (Bezzi) <i>Silba batesi</i> Curran
				<i>Anastrepha manihoti</i> (Lima)
		Tephritidae	Mosca de la fruta	<i>A. pickeli</i> Costa Lima <i>A. striata</i> Schin
				<i>Cephalotes atratus</i> Linnaeus
				<i>Camponotus senex</i> Smith
				<i>Pseudomyrmex gracilis</i> Fabricius
				<i>Dolichoderus abruptus</i> Smith
	Hymenoptera	Formicidae	Hormiga	<i>Camponotus integellus</i> Forel
				<i>Dorymyrmex</i> sp.
				<i>Acromyrmex hispidus</i> Santachi
				<i>Atta cephalotes</i> (Linnaeus)
				<i>Atta sexdens fuscata</i> (Santschi)
	Thysanoptera	Thripidae	Trips	<i>Frankliniella williamsi</i> (Hood)

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Especie
Fitófago				
Arachnida	Acarina	Tetranychidae	Ácaro	<i>Tetranychus cinnabarinus</i> (Boisduval)
			Arañita roja	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)
				<i>Oligonychus peruvianus</i> (McGregor)
			Ácaro	<i>Mononychellus tanajoa</i> (Bondar)
				<i>Mononychellus caribbeanae</i> (McGregor)
NEMATODOS				
Secernentea	Tylenchida	Aphelenchida	Aphelenchidae	<i>Aphelenchus</i> sp.
			Hoplolaimidae	<i>Helicotylenchus</i> sp.
			Meloidogynidae	<i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid & White) Chitwood
			Tylenchidae	<i>Meloidogyne</i> sp.
Parasitoides				
Insecta	Diptera	Tachinidae	Mosca	<i>Gonia</i> sp.
				<i>Gonia peruviana</i> Townsend
		Aphelinidae	Avispilla	<i>Encarsia tabacivora</i> (Viggiani)
				<i>Eretmocerus aleurodiphaga</i> (Riosbec)
				<i>Eretmocerus eremicus</i> (Ros & Zolnerowich)
	Hymenoptera	Platygastroidea	Avispilla	<i>Amitus aleurodinis</i> (Haldeman)
		Trichogrammatidae	Avispilla	<i>Trichogramma pretiosum</i> (Riley)
				<i>Trichogramma dendrolimi</i> (Matsamura)
		Eulophidae	Avispa	<i>Trichogramma marandobai</i> (Brun)
		Torymidae	Avispa	<i>Tetrastichus howardi</i> (Olliff)
		Braconidae	Avispita	<i>Dimeromicrus auriceps</i> (Ashmead)
		Mutillidae	Hormiga	<i>Cotesia congregata</i> (Say)
		Ichneumonidae		<i>Hoplomutilla</i> sp.
				<i>Eiphosoma</i> sp.
				<i>Agripon</i> sp.

Predadores

Neuroptera	Chrysopidae	Crisopa	<i>Chrysoperla externa</i> (Hagen)
	Pentatomidae	Chinche Escudo	<i>Podisus nigrispinus</i> (Dallas)
Hemiptera	Reduviidae	Chinche	<i>Zelus</i> sp.
		Chinche	<i>Ricolla</i> sp.
	Carabidae	Escarabajo Tigre	<i>Odontocheila</i> sp.
			<i>Psyllobora confluens</i> (Fabricius)
			<i>Stethorus tridens</i> (Gordon)
			<i>Hippodamia convergens</i> Guerin-Meneville
			<i>Mononeda ostrina</i> (Erichson)
			<i>Cycloneda sanguinea</i> (Linnaeus)
Coleoptera	Coccinellidae	Mariquita	<i>Psyllobora</i> sp.
Insecta			<i>Cyrea</i> sp.
			<i>Cyrea agnes</i> Canepari & Gordon
			<i>Eriopis connexa</i> (Germar)
			<i>Coleomegilla maculata</i> (De Geer)
			<i>Harmonia Axyridis</i> (Pallas)
	Lampyridae	Chinche	<i>Vesta</i> sp.
Diptera	Stratiomyidae	Avispa	<i>Hoplitomyia</i> sp.
	Syrphidae		<i>Toxomerus</i> sp.
	Mutillidae	Hormiga	<i>Timulla</i> sp.
	Sphecidae		<i>Eremnophila</i> sp.
Hymenoptera		Avispa	<i>Polistes versicolor</i> (Oliver)
	Vespidae		<i>Phthiacnemia picta</i> (Drury)
			<i>Polistes</i> sp.
Arachnida	Acari	Phytosidae	<i>Neoseiulus californicus</i> (McGregor)
		Ácaro	<i>Euseius stipulatus</i> (Athias-Henriot)

Polinizadores

Insecta	Hymenoptera	Apidae	Chochito	<i>Astylus</i> sp.
			Abeja negra	<i>Trigona</i> sp.
			Abejas sin aguijón	<i>Melipona</i> sp.
			Abeja negra	<i>Melipona ilota</i> (Cockerell)
			Abejas sin aguijón	<i>Melipona mimetica</i> (Cockerell)
			Abeja ceniza	<i>Melipona grandis</i> (Guérin)
			Ronsapilla	<i>Melipona ebúrnea</i> (Friese)
			Abejas sin aguijón	<i>Melipona lateralis</i> Erichson
				<i>Melipona pseudocentris</i> Cockerell
			Abeja	<i>Apis mellifera</i> Linnaeus
Insecta	Hymenoptera	Vespidae	Abejorro, ronsapa	<i>Bombus morio</i> (Swederus)
			Abejorro	<i>Paratrigonata lineata</i> (Lepeletier)
			Avispas	<i>Polybia ignobilis</i> (Haliday)
			Avispa de miel	<i>Polybia occidentalis</i> (Olivier)
			Avispas	<i>Polistes versicolor</i> (Oliver)
			Avispas	<i>Polybia</i> sp.
			Halictidae	<i>Augochlora</i> sp.
			Megachilidae	<i>Megachile trichrootricha</i> Moure
			Abeja	

Saprófagos

Insecta	Coleoptera	Staphylinidae	Culebrilla	<i>Paederus</i> sp.
		Tenebrionidae	Picudo	<i>Strongylium haemorrhoidale</i> Fabricius
	Diptera	Stratiomyidae	Mosca	<i>Cyphomyia</i> sp.



Tabla 9 Microorganismos asociados al cultivo de la yuca (Álvarez & Llano, 2002; Calvert & Cuervo, 2002; Ceballos & Domínguez, 1977; INTA, 2016; Meza, 2014; Senasa, 2020, 2022).

Clase	Orden	Familia	Nombre común	Nombre científico
Virus				
	Tymovirales	Alphaflexiviridae	Virus del mosaico común de la yuca	Potexvirus: Cassava common mosaic virus (CsCMV)
		Cavemovirus	Virus del mosaico de las nervaduras de la yuca	Cassava vein mosaic virus - CVMV
Hongos				
Sordariomycetes	Xylariales	Xylariaceae	Pie negro	<i>Rosellinia</i> sp.
Dothidomycetes	Capnodiales	Mycosphaerellaceae	Mancha parda de la hoja	<i>Cercospiridium henningsii</i> (Allesch)
			Añublo pardo fungoso	<i>Cercospora vicosae</i> (A.S. Mull. & Chupp)
	Myriangiales	Elsinoaceae	Sarna o super alargamiento de la yuca	<i>Sphaceloma manihoticola</i> (Bitanc & Jenkins)
Bacterias				
Gamma Proteobacteria	Enterobacterales	Erwiniaceae	Bacteriosis del tallo	<i>Erwinia carotovora</i> (Smith)
	Xanthomonadales	Xantomonadaceae	Pudrición bacteriana	<i>Xanthomonas manihotis</i> (Arthaud-Berthet)
Mollicutes	Acholeplasmatales	Acholeplasmataceae	Cuero de sapo	<i>Fitoplasma</i> o <i>reovirus</i>

Microorganismos de suelo

El suelo es uno de los hábitats microbianos que presenta mayor biodiversidad. Se estima que alberga entre 10^9 y 10^4 microorganismos y especies diferentes por gramo de suelo respectivamente, estos microorganismos pueden interactuar en la rizósfera con las raíces de las plantas, de modo que los exudados radicales, ricos en compuestos orgánicos les aportan gran variedad de nutrientes para llevar a cabo sus actividades metabólicas (Gonzales & Fuentes, 2017).

Durante la prospección realizada se identificaron cuatro grupos funcionales de microorganismos que se colectó en 14 departamentos del Perú: aerobios mesófilos viables, mohos y levaduras, actinomicetos y bacterias fijadoras de vida libre.

Comparando los suelos con y sin cultivo de yuca, se observó que la población microbiana en el suelo sin cultivo es significativamente menor a la de suelo con cultivo. Los factores como humedad y temperatura tienen repercusiones sobre la actividad microbiana del suelo, y a pesar que ambos suelos provienen de la misma región, estos estarían influenciados directamente por el manejo que tienen los suelos cultivados, lo que favorece el crecimiento de las poblaciones microbianas (Pahuara & Zuñiga, 2001).

En relación con los aerobios mesófilos viables, los departamentos de Pasco y San Martín presentaron las menores poblaciones en suelo con cultivo (5.85 y 6.17 ULog respectivamente) mientras que, los departamentos de Cajamarca y La Libertad presentaron las poblaciones más altas reportadas (6.92 y 6.96 ULog respectivamente). Este resultado es importante puesto que se ha reportado que, a mayor población, se da una mayor actividad microbiana; asimismo, que los mayores valores se encuentran a una temperatura de 27.5 °C, 18 % de HR y 7.8 de pH, cercano a la neutralidad (Ramos & Zuñiga, 2008).

En las poblaciones de bacterias fijadoras de vida libre, como *Azospirillum* y *Azotobacter*, los departamentos de San Martín, Cusco, Puno y Ayacucho no presentaron diferencias entre los suelos con y sin cultivo. En los departamentos de Huánuco, Piura, Loreto, La Libertad, Cajamarca y Ucayali hubo poblaciones mayores en los suelos con cultivo en relación con los suelos sin cultivo, esta diferencia podría estar influenciada por la fertilización que se realiza en el cultivo, puesto que se ha reportado que niveles altos de fósforo favorecen la presencia de *Azotobacter* en el suelo (Calvo, Reymundo, & Zuñiga, 2008). También se observó que, no se presentaron poblaciones en los suelos de los departamentos de Junín y Pasco (menores a 3 ULog) y el departamento con mayor población para este parámetro fue Piura (6.46 ULog).

A pesar de que los Actinomicetos son los más abundantes en los campos, los valores reportados fueron bajos, encontrándose las mayores poblaciones en los departamentos de Huánuco (6.28 ULog) y Piura (6.40 ULog); y las menores poblaciones estuvieron en los departamentos de Pasco (5.57 ULog) y Ayacucho (5.70 ULog) (Calvo, Reymundo, & Zúñiga, 2008).

En cuanto a mohos y levaduras, los departamentos de Piura y Madre de Dios presentaron las poblaciones más altas (5.43 y 5.42 ULog respectivamente), mientras que los departamentos con menores poblaciones fueron Tumbes y Ayacucho (4.32 y 4.25 ULog).

En el anexo 4 se presenta un mapa con la localización de los lugares de muestreo para microorganismos, y en el anexo 6 se presenta el resultado de análisis de los cuatro grupos funcionales para los 15 departamentos estudiados, tanto de muestras en suelo con y sin cultivo de yuca.

4

Regiones naturales y agroecosistemas donde se desarrolla la yuca y sus parientes silvestres







El Perú, uno de los países megadiversos del mundo, posee una diversidad de ecosistemas y agroecosistemas donde crecen y se desarrollan los parentes silvestres y variedades cultivadas de la yuca adaptadas a estos diferentes ambientes. El género *Manihot* comprende varias especies de clima templado a cálido, por lo que en nuestro país las hemos encontrado en las regiones naturales, chala, yunga marítima y fluvial, rupa rupa y omagua, de acuerdo a la clasificación de Pulgar Vidal (Pulgar-Vidal, 2014).

Los ecosistemas naturales que observamos actualmente son el resultado de la evolución conjunta, durante millones de años, de una enorme diversidad de especies, las cuales se encuentran en cambio permanente y con los procesos de selección natural continuos. Un ecosistema es más estable cuanto menor sea su artificialización (Restrepo, Angel, & Prager, 2000).

Todos en el mundo dependen completamente de los ecosistemas de la tierra y de los servicios que brindan, como alimentos, agua, manejo de enfermedades, regulación del clima, realización espiritual y disfrute estético. Durante los últimos 50 años, los seres humanos han cambiado estos ecosistemas de manera más rápida y extensa que en cualquier período de tiempo comparable en la historia de la humanidad, en gran parte para satisfacer las crecientes demandas de alimentos, agua dulce, madera, fibra y combustible. Esta transformación del planeta ha contribuido al bienestar humano y el desarrollo económico, pero no todas las regiones y grupos de personas se han beneficiado de este proceso; de hecho, muchos han resultado perjudicados. Los costos totales asociados con estas ganancias recién ahora se están haciendo evidentes (Millenium Ecosystem Assessment, 2005).

4.1 Regiones naturales asociadas al cultivo de la yuca y sus parientes silvestre

La clasificación más simple del territorio peruano lo divide en tres macro regiones: costa, sierra y selva. Todo el espacio peruano actual podría haber sido una gran llanura sino hubiese sido que, desde hace poco más de 100 millones de años, producto de procesos geológicos, empezó a levantarse lo que hoy conocemos como Cordillera de los Andes. Este macizo — que a manera de espina dorsal recorre todo el Perú de norte a sur — constituye tanto la identidad como el reto de vivir en un territorio sumamente complejo y variado (Montenegro, 2014).

Los ecosistemas son un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (MINAM, 2018). El cambio climático, la deforestación y por ende la destrucción de hábitats, la contaminación, cambio de uso de los suelos, generan la pérdida de ecosistemas donde crecen y se desarrollan las especies silvestres. En el caso de la yuca, estas serían las causas principales por las cuales no se hallaron evidencias de otras especies silvestres registradas para el Perú desde 1766 hasta 1973³ entre ellas: *Manihot angustiloba*, *M. carthagrenensis*, *M. anomala* y *M. condensata*.

4.1.1 Distribución del género *Manihot* en las regiones naturales

Manihot esculenta es la especie cultivada que prospera en una variada gama de climas cálidos: cálidos húmedos y cálidos secos, ya que se puede cultivar desde el nivel del mar hasta los 2500 m s. n. m. abarcando las regiones naturales de costa o chala, yunga (marítima y fluvial), selva alta y selva baja; estas regiones tienen características climáticas que hacen posible el crecimiento y desarrollo de esta especie.

Las especies silvestres del género *Manihot*, son de crecimiento espontáneo, desarrollándose principalmente en la región de selva baja, algo menos en selva alta, y menos en la yunga fluvial; su crecimiento y desarrollo está ligado a las condiciones favorables de temperatura, humedad y suelo, así como a una menor incidencia de actividades antrópicas que no interrumpan su normal desarrollo y crecimiento.



³ www.tropicos.org, Missouri Botanical Garden, visitado el 3 de marzo del 2021

La distribución de las especies registradas en campo durante la prospección realizada entre setiembre 2019 y noviembre 2020 se muestra en la tabla 10.

Tabla 10 Registro de puntos de prospección con presencia de especies de yuca según región natural, prospección nacional 2019 - 2020Descripción de las regiones naturales donde se encuentran las especies de *Manihot* según Pulgar Vidal

n.º	Especies	Regiones naturales (Pulgar Vidal)					Total registros
		Costa	Yunga marítima	Yunga fluvial	Selva alta	Selva baja	
1	<i>Manihot esculenta</i>	104	105	450	432	842	1933
2	<i>Manihot leptophylla</i>	0	0	1	8	12	21
3	<i>Manihot anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	0	0	1	12	2	15
4	<i>Manihot brachyloba</i>	0	0	0	2	20	22
5	<i>Manihot peruviana</i>	0	0	0	10	15	25
TOTAL DE REGISTROS		104		555		464	891
TOTAL DE ESPECIES		1	1	3	5	5	2016

Pulgar Vidal (2014) define a la región natural como un área continua o discontinua, en la cual son comunes o similares el mayor número de factores del ambiente natural y que, dentro de dichos factores, el hombre tiene el rol de ser el más activo agente modificador de la naturaleza. Divide al territorio peruano en ocho regiones naturales, pisos ecológicos o pisos altitudinales. Estas regiones se extienden a ambos flancos de la cordillera y para su clasificación se tiene en cuenta criterios altitudinales, ecológico, climático, topográficos y la actividad humana.

Durante las prospecciones se encontró la yuca cultivada *M. esculenta*, y las especies silvestres *M. leptophylla*, *M. anomala* subsp. *pavoniana*, *M. brachyloba* y *M. peruviana* en cuatro regiones naturales, como se detalla a continuación:

Región costa o chala

En la región costa se encontró la especie cultivada (*M. esculenta*) en 104 puntos de prospección, en Tumbes, Piura y La Libertad, entre 0 m s. n. m. en el distrito de Corrales (departamento de Tumbes) y 500 m s. n. m. en el distrito de Paimas (departamento Piura) (figura 47).

Los productos límites para esta región (aquellos frutos resultantes de la agricultura que sólo se producen hasta di-

cha zona, o que no pueden ser cultivados en la región más alta, aun cuando puedan producirse en las regiones más bajas (Pulgar Vidal, 2014) son coco y la palma datilera (originaria del África) y como actividades económicas principales la pesca, agricultura, comercio e industria.

Región yunga

En la yunga marítima no se registró la presencia de ninguna especie silvestre y en la región yunga fluvial se registraron *M. leptophylla* y *M. anomala* subsp. *pavoniana*, con un registro cada una (figura 48).

M. esculenta se encontró en 555 puntos de prospección, en Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, La Libertad, Pasco, Piura, Puno y San Martín, ubicados en altitudes entre 513 m s. n. m. en el distrito de Jaén (Cajamarca) y 2487 m s. n. m. en el distrito de Cochurco (La Libertad).

Los productos límites de esta región son palto, lúcumo, chirimoyo, guayabo y ciruelo. Entre los productos importados tenemos naranja, limonero, lima, toronja, mandarina y caña de azúcar, siendo la agricultura frutícola la principal actividad económica.

La selva alta o rupa rupa

En la región selva alta se registraron 32 puntos de prospección correspondientes a especies silvestres: *M. leptophylla*, *M. anomala* subsp. *pavoniana*, *M. brachyloba* y *M. peruviana*, con 8, 12, 2 y 10 registros respectivamente (tabla 11).

M. esculenta se registró en 432 puntos de prospección de Amazonas, Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, Pasco, Puno y San Martín entre los 401 m s. n. m. en el distrito de El Milagro (Amazonas) y 1000 m s. n. m. en el distrito de Chirinos (Cajamarca) (figura 49).

Los productos límite de la selva alta son el cube o barbasco, árbol de pan, caucho débil, palma de aceite, bombojaje, yarina, tamshi, toro urco, etc. Las actividades económicas más importantes que se desarrollan en esta región son la explotación forestal, agricultura y ganadería.

La selva baja u omagua

En la selva baja se registró las cuatro especies silvestre en 49 puntos, así como también se concentró el mayor número de registros correspondientes a *M. esculenta*, en 842 puntos de prospección en Amazonas, Huánuco, Junín, Loreto, Madre de Dios, Pasco, Puno, San Martín y Ucayali, entre los 58 m s. n. m. en el distrito de Pebas (Loreto) y 398 m s. n. m. en el distrito de Agua Blanca (San Martín) (figura 50).

Los productos límite de la selva baja son castaña, caoba y el jebe fino. Las actividades económicas más importantes que desarrollan en esta región son la explotación forestal, minería (petróleo y gas) agricultura, pesca y ganadería.

Tabla 11 Presencia de especies del género *Manihot* por región natural y departamento, 2020.

n.º	Departamento	Regiones naturales (Pulgar Vidal)										Total	
		Costa		Yunga marítima		Yunga fluvial		Selva alta		Selva baja			
		C	S	C	S	C	S	C	S	C	S		
1	Amazonas	-	-	-	-	75	0	43	0	73	0	191	
2	Ayacucho	-	-	-	-	9	1	43	4	0	0	57	
3	Cajamarca	-	-	67	0	189	0	25	0	0	0	281	
4	Cusco	-	-	-	-	21	1	59	10	0	0	91	
5	Huánuco	-	-	-	-	12	0	36	0	26	0	74	
6	Junín	-	-	-	-	11	0	40	4	5	0	60	
7	La Libertad	18	0	-	-	31	0	0	-	-	-	49	
8	Loreto	-	-	-	-	-	-	-	0	317	7	324	
9	Madre de Dios	-	-	-	-	-	-	-	0	68	9	77	
10	Pasco	-	-	-	-	20	0	5	0	35	2	62	
11	Piura	39	0	38	0	18	0	0	0	0	0	95	
12	Puno	-	-	-	-	43	0	16	4	1	0	64	
13	San Martín	-	-	-	-	21	0	165	10	248	15	459	
14	Tumbes	47	0	-	-	-	-	-	-	-	-	47	
15	Ucayali	-	-	-	-	-	-	-	0	69	16	85	
TOTAL		104	0	105	0	450	2	432	32	842	49	216	
		5.16 %	0.00 %	5.21 %	0.00 %	22.32 %	0.10 %	21.43 %	1.59 %	41.77 %	2.43 %	100.00 %	

C = especie cultivada, S = especies silvestres de *Manihot*

Las diferentes especies, tanto la cultivada como las silvestres, están presentes en las regiones naturales de acuerdo a la adaptación que han desarrollado a cada una de sus condiciones climáticas y geográficas predominantes y al conjunto de otras especies con las que cohabitan en el ecosistema; en ese sentido, es interesante observar esta distribución que para las especies silvestres se orienta principalmente hacia la selva (tabla 12).

Cada una las regiones naturales, donde crecen y se desarrollan las plantas del género *Manihot*, presenta un paisaje, clima, flora circundante y fauna característica, que se describen en la tabla 13.

Tabla 12 Número de registros de presencia del género *Manihot* en las regiones naturales

n.º	Especies	Regiones naturales (Pulgar Vidal)					Total
		Costa o chala	Yunga marítima	Yunga fluvial	Selva alta o rupa rupa	Selva baja u omagua	
1	<i>M. esculenta</i>	104	105	450	432	842	1933
2	<i>M. leptophylla</i>	0	0	1	8	12	21
3	<i>M. anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	0	0	1	12	2	15
4	<i>M. brachyloba</i>	0	0	0	2	20	22
5	<i>M. peruviana</i>	0	0	0	10	15	25
Total especies		1	1	3	5	5	2016



Tabla 13 Descripción de las regiones naturales donde se encuentran las especies de *Manihot*

N.º	Regiones naturales	Paisaje	Clima	Flora	Descripción	Fauna
1	Costa o chala	<p>La costa o chala está situada desde el nivel del mar hasta los 500 m, es una faia longitudinal con angosta y conformada por un vasto desierto de arenas y paisaje gris, en su relieve presenta una serie de variantes pues se pueden distinguir el delta formado por los ríos Tumbes y Zarumilla, llanuras, quebradas secas poco profundas, que se activan solo en los meses de verano, debiendo a las lluvias que se presentan en esta época del año. La hidrografía con ríos que forman valles costeros donde prosperan diferentes agroecosistemas, gracias a la acción del hombre que construyó represas como Poechos, San Lorenzo y Galito Ciego.</p>	<p>El clima en la costa norte, comprendida entre Tumbes y Piura, es semitropical lluvioso (verano) con una precipitación de 13143 mm/mes, registrada en febrero en el departamento de Tumbes y una temperatura promedio anual de 23 °C. La temperatura más baja se da en el departamento de La Libertad con 14.1 °C en el mes de setiembre, estando bajo la influencia de la corriente de El Niño, la baja latitud y la baja altitud andina.</p>	<p>La región chala se caracteriza por la presencia de vegetación variada como el manglar de los manglares (<i>Rhizophora mangle</i>), cedro (<i>Cedrela sp.</i>), guayacán (<i>Tabebuia sp.</i>), huilacoco (<i>Loxopterigium huasango</i>); otros forestales como algarrobo (<i>Neltuma sp.</i>), ceibo (<i>Ceiba pentandra</i>), palo santo (<i>Bursera graveolens</i>), vichayo (<i>Capparis cordata</i>), overal (<i>Cordia rotundifolia</i>), charan (<i>Caesalpinia corymbosa</i>), sapote (<i>Colicodendrum scabridum</i>); pasturas temporales en el periodo de lluvias como gramas, relincho, miñante; además, cultivos de importancia económica de consumo interno y de exportación como mango, plátano, palta, uvas, espárragos, caña de azúcar, limón, ciruelo, papaya, arroz, yuca, etc.</p>	<p>En la fauna de la región costa o chala se considera a las aves como el pelícano (<i>Pelecanus thagus</i>), tijeretas, fragatas, loro de cabeza roja, alas plateadas, macareño, la pava barbuda, el cóndor real, gavilán, pájaro carpintero, etc. En la parte continental encontramos venado de cola gris (<i>Mazama gouazoubira</i>), oso hormiguero (<i>Tamandua tetradactyla</i>), mono coto (<i>Alouatta palliata</i>), sajino (<i>Tayassu tajacu</i>), tigrillo (<i>Leopardus pardalis</i>), zorro costero, perro chero, nutria del noroeste (<i>Lontra cancrivorus</i>) cocodrilo (<i>Crocodylus acutus</i>), tortuga. También se pueden citar a la fauna marina de los cangrejos, langostas, langostinos (<i>Penaeus vannamei</i>), las "conchas negras" y otros moluscos. El pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) y el mero, entre otras especies, son peces representativos de la costa norte.</p>	<p>En la fauna de la región costa o chala se considera a las aves como el pelícano (<i>Pelecanus thagus</i>), tijeretas, fragatas, loro de cabeza roja, alas plateadas, macareño, la pava barbuda, el cóndor real, gavilán, pájaro carpintero, etc. En la parte continental encontramos venado de cola gris (<i>Mazama gouazoubira</i>), oso hormiguero (<i>Tamandua tetradactyla</i>), mono coto (<i>Alouatta palliata</i>), sajino (<i>Tayassu tajacu</i>), tigrillo (<i>Leopardus pardalis</i>), zorro costero, perro chero, nutria del noroeste (<i>Lontra cancrivorus</i>) cocodrilo (<i>Crocodylus acutus</i>), tortuga. También se pueden citar a la fauna marina de los cangrejos, langostas, langostinos (<i>Penaeus vannamei</i>), las "conchas negras" y otros moluscos. El pez espada (<i>Xiphias gladius</i>) y el mero, entre otras especies, son peces representativos de la costa norte.</p>
2	Yunga: marítima y fluvial	<p>La yunga se ubica a ambos flancos de la cordillera de los Andes, la insolación es permanente. La yunga marítima, cercana al mar, está ubicada inmediatamente después de la chala, en el declive occidental de los Andes, se eleva desde los 500 m s. n. m. a los 2500 m s. n. m. tiene un paisaje agreste de cerros escarpados, sin vegetación, que dan paso a estrechas quebradas y cañones por donde serpentean los ríos, los cuales cerca de la costa dan lugar a angostos valles, plenos de cultivos.</p>	<p>En la yunga marítima el clima es seco, tibio y agradable. El sol brilla todo el año, hay nieblas pasajeras y lluvia escasa. En la yunga fluvial llueve torrencialmente entre los 400 a 1000 mm, con temperaturas que fluctúan entre los 20 °C y 27 °C.</p>	<p>La vegetación típica es el molle (arbusto/árbol rugoso y retorcido) con el que se puede preparar refrescos y la chicha de molle, las cactáceas, palo santo, gigantón, la cabuya blanca y azul, sábila, pitahaya, la chuna, curis y el pumapa rurum. En la yunga fluvial, las precipitaciones constantes han permitido que la flora sea abundante y variada, figurando entre ellas el musgo, helechos, orquídeas y las epífitas (plantas con raíces aéreas, que usan de soporte a otras para su desarrollo).</p>	<p>La fauna en la región yunga es muy variada. Algunos roedores (majaz o zanfaño, cashuna, cupte), el sajino, gárgolas, lobos de río, mono, hurón, coati, gato de pajonales, tigrillo, la comadreja, osos de anteojos, loros, venados, peces de río (barbón), peces como (lisa, palometa, chupadora), palomas, chaukato, taurigatay, tortilla, picaflor, insectos transmisores del paludismo y uta, ciempiés, víboras, lagartijas. Las especies de animales más representativos de la región yunga marítima son el zorro y el puma.</p>	

Tabla 13 Descripción de las regiones naturales donde se encuentran las especies de *Manihot*

N.º	Regiones naturales	Paisaje	Clima	Flora	Fauna	Descripción
3	Selva alta o rupa rupa	La selva alta o rupa rupa se ubica entre los 400 a 1000 m s. n. m., presenta un relieve de cerros bastante escarpados cubiertos por una densa vegetación impenetrable. Todo el panorama próximo es verde gris y los ríos que las recorren son grandes y navegables, pero las ríos bajas suelen inundarse y por eso el hombre funda su morada en las zonas más altas.	El clima es cálido, húmedo, con frecuentes y torrenciales lluvias. Temperaturas medias de 22 °C a 25 °C, con máximas de 33 °C a 35 °C y mínimas de 8 °C a 15 °C. Calor intenso, con precipitaciones pluviales que llegan a los 3000 mm, con lluvias en todo el año, es la región más nubosa y lluviosa.	Entre las plantas más típicas se encuentran el sacha pashulo, hoju o doctor ojé, palo de balsa (huampa o topa) muy usado para la construcción de balsas. La variedad de flora es bastante similar al de la selva baja.	En la fauna de la selva alta se encuentran el maquisapa (mono araña), frailecito, leoncito, capuchino, cotonero o mono aullador, perezosos, otorongo, tigrillo, ronoso, sachavaca, (tapir), añuje, majaz, (picuro), tunqui o gallito de las rocas (ave nacional del Perú), paujil, guacamayo, perico, tucán, shansho, paúcar, guacharo, aguila arpía, buitre real (única ave carroñera de la selva), tortuga charapa, taricaya, motelo, matamata, caimán negro o yacaré; peces de ríos como el paiche, zúngaro, boquichico, carachama, sábalo, piraña, anguila, carnero, chuccha, dorado, corvina; anaconda, shushupe, sachamama; insectos como loro machaco, sututo, manta blanca, hormigas, mosquitos, infinidad de mariposas, arácnidos, etc.	
4	Selva baja u omagua	La selva baja u omagua se ubica desde los 80 a los 400 m.s.n.m., es parte de la gran llanura amazónica cubierta por árboles y de gigantescas gramíneas, cruzada por grandes ríos que discurren lentamente por cursos tortuosos; ríos que en las épocas de creciente invaden el bosque transformándolo en dilatadas lagunas y que al retirarse dejan innumerables cochas que se llenan de peces y saurios. El llano amazónico presenta algunas variaciones que son conocidas como los filos, altos, restingas y tahuampas o aguajales. Los altos son áreas más importantes, pues ahí se ubican las principales ciudades (Iquitos, Pucallpa, Puerto Maldonado, etc.); además tienen un uso agropecuario. También ubicamos los meandros o recodos, que son erosiones fluviales laterales. La presencia de cochas es lo más característico en esta región.	El clima es típicamente tropical, cálido húmedo, enervante, cuya temperatura media es superior a los 25 °C. La radiación solar es intensa. El bochorno en las noches de verano también es intenso. Las precipitaciones son inferiores respecto a la selva alta. Tienen su estación seca con una precipitación de 100 mm. Un factor determinante también es la presencia de una vegetación muy tupida.	La vegetación en la selva baja está compuesta por árboles maduros como caoba (<i>Swietenia macrophylla</i>) o aguano, cedro, tornillo, ishpingo, ulcumano, capirona, mohena, luppena, huito, palo de sangre, palo de marfil y topa; palmeras como aguaje, chonta, chambira, pona, yarina, bombonaje; plantas medicinales como quina o cascarrilla, cucarina, ojé, chuchuhuasi, ayahuasca, árbol de sangre de grado, uña de gato; plantas gomeras como caucho y shiringa; plantas ornamentales como victoria regia, orquídea, begonias, vara de emperador, guama.	La fauna de la selva baja es muy similar a la que se encuentran en la selva alta hallándose maquisapa (mono araña), frailecito, leoncito, capuchino, cotonero o mono aullador, perezosos, otorongo, tigrillo, ronoso, sachavaca, (tapir), añuje, majaz (picuro), tunqui o gallito de las rocas (ave nacional del Perú), paujil, guacamayo, perico, tucán, shansho, paúcar, guacharo, aguila arpía, buitre real, tortuga charapa, taricaya, motelo, matamata, caimán negro o yacaré paiche, zúngaro, boquichico, carachama, sábalo, piraña, anguila, carnero, chuccha, dorado, corvina; anaconda, shushupe, sachamama; insectos como loro machaco, sututo, manta blanca, hormigas, mosquitos, infinidad de mariposas, arácnidos, etc.	



Figura 47. Ecosistema de costa o chala (distrito Matapalo, provincia Zarumilla, departamento de Tumbes)



Figura 48. Ecosistema de yunga fluvial (distrito Longotea, provincia Bolívar, departamento de La Libertad)



Figura 49. Ecosistema de selva baja (distrito Raymondi, provincia Atalaya, departamento de Ucayali)



Figura 50. Ecosistema de selva alta (distrito Vitoc, provincia Chanchamayo, departamento de Junín)

4.2 Agroecosistemas asociados a la yuca

Los ecosistemas agrícolas son sistemas antropogénicos, es decir, su origen y mantenimiento van asociados a la actividad del hombre, que ha transformado la naturaleza para obtener principalmente alimentos. La antigüedad de la actividad humana y el ritmo pausado de las intervenciones durante las diversas etapas de la agricultura ha permitido un notable acoplamiento entre las prácticas agrícolas y los ecosistemas seminaturales que se generan (Sans, 2007).

Agroecosistema es un término planteado por Tapia (1997) para señalar a un conjunto de componentes, bióticos y abióticos relacionados entre sí, en un espacio definido en los que incluyen más de un organismo vivo, existiendo interacción entre ellos (clima, suelo, plantas, animales y seres humanos) y con el exterior mediante el intercambio de productos e información.

4.1.2 Distribución del género *Manihot* en Agroecosistemas

En las zonas prospectadas se identificó varios sistemas de producción de cultivos propuestos por Tapia & Fríes (2007) [tabla 14]. Las parcelas alrededor de la casa con cultivos alimenticios tipo huerta, fue el agroecosistema predominante en un 55.51 % de los puntos registrados en todas las regiones naturales evaluadas. Las parcelas individuales en partes altas bajo condiciones de secano y las parcelas comerciales de mayor extensión representaron el 17.90 % y 17.33 % respectivamente y parcelas en partes bajas con riego que representaron el 9.26 % del total.

Tabla 14 Registro de agroecosistemas prospectados por región natural, 2019 -2020.

Tipo de Agroecosistema	Regiones naturales (Pulgar Vidal)					Total
	Costa o chala	Yunga marítima	Yunga fluvial	Selva alta o rupa rupa	Selva baja u omagua	
Parcelas alrededor de la casa, con cultivos alimenticios, tipo huerta	49	40	216	271	497	1073
Parcelas en partes bajas con riego	21	5	15	55	83	179
Parcelas individuales en partes altas, bajo condiciones de secano	0	26	144	68	108	346
Parcelas comerciales de mayor extensión	34	34	75	38	154	335
TOTAL	104	105	450	432	842	1933
%	5.16 %	5.21 %	22.32 %	21.43 %	41.77 %	95.88 %

4.1.2 Caracterización de los agroecosistemas donde se desarrolla la especie *Manihot esculenta*

La caracterización de los agroecosistemas donde se cultiva la yuca, se hizo combinando la información recogida en la prospección, la descripción de zonas agroecológicas propuestas por Tapia (1997) y las regiones naturales de Pulgar Vidal (2014). *Manihot esculenta* se desarrolla y prospera en los cuatro tipos de agroecosistemas, siendo cultivado con mayor frecuencia en el tipo de parcelas alrededor de la casa, con cultivos alimenticios, tipo huerta (figura 51), seguido del tipo parcelas individuales en partes altas, bajo condiciones de secano (figura 52), parcelas en partes bajas con riego (figura 53) y parcelas comerciales de mayor extensión (figura 54).

La yuca generalmente está asociada a otros cultivos como plátano, maíz amarillo duro, frijoles, cítricos y otros frutales. Las parcelas se siembran como policultivos y monocultivos. Los productores generalmente no tienen destinado un área específica para el cultivo de la yuca, si no que siembran dentro de otros cultivos de formas diversas

y con espaciamiento variable, estas parcelas van desde 0.1 a 1 ha y su producción es destinada para el autoconsumo y una pequeña proporción para la comercialización en ferias locales, capitales de provincias y departamentales.

También hay productores que destinan de 2 a 4 ha para el cultivo de yuca, estas parcelas están ubicadas cerca a los mercados, como capitales de distrito, provincia o departamento, asimismo, hay productores que destinan de 5 ha a más para el cultivo de yuca.

Los productores realizan la preparación del terreno a través del rozo y quema de los bosques en la mayoría de los departamentos de selva. En el departamento de Loreto se siembra en terrenos bajos, luego de las inundaciones anuales por efecto de las lluvias (restingas), aprovechando la disminución del caudal de los ríos en los meses de abril a octubre.





Figura 51: Agroecosistema Parcelas alrededor de la casa, con cultivos alimenticios, tipo huerta. Se observa cultivo de yuca asociado con frijol y plátano (distrito Sivia, provincia Huanta, departamento de Ayacucho).



Figura 52: Agroecosistema Parcelas individuales en partes altas. Se realiza en condiciones de secano, cultivo de yuca asociado con cacao y plátano (distrito Sivia, provincia Huanta, departamento de Ayacucho).



Figura 53: Agroecosistema Parcelas en partes bajas con riego (distrito La Matanza, provincia Morropón, departamento de Piura)



Figura 54: Agroecosistema Parcelas comerciales de mayor extensión (distrito Echarati, provincia La Convención, departamento de Cusco).

5

Aspectos socioeconómicos y culturales del cultivo de la yuca







La yuca y sus parientes silvestres en las comunidades de nuestra amazonía peruana, no sólo se emplea como un producto básico en la alimentación familiar, sino también es un vehículo de interrelación social a través del masato (bebida fermentada preparada con la yuca). Esta bebida es considerada como un elemento ritual que se consume en fiestas, celebraciones importantes y que permite fortalecer las relaciones sociales, familiares, comunales, organizacionales o como elemento de intercambio cultural para ser compartido con los “otros” (visitantes, turistas, profesionales que llegan a las comunidades por diversos motivos).

Es importante mencionar que la cosmovisión amazónica presente en las comunidades nativas, concibe sus unidades productivas o chacras como sistemas de producción agroforestales, que tienen un manejo ambiental sostenible, puesto que les permite la provisión de alimentos para la familia y la venta de algunos productos para la generación de ingresos, en estos espacios territoriales la yuca y sus parientes silvestres ocupan un lugar preponderante.

Asimismo, en comunidades de la selva amazónica limítrofes con Brasil, se señala que existe una creencia de la yuca, que tiene un origen divino en el árbol de la abundancia y que permitió no solo la alimentación de la población para su sobrevivencia sino también la descendencia y prolongación de las comunidades (Montaldo, 1985).

5.1 Caracterización socioeconómica y cultural del productor

En las comunidades nativas la producción de la yuca, no sólo es un proceso productivo agrícola, sino también es un proceso social, económico y cultural. En el Perú, según el Cenagro (INEI, 2012) el 80 % de los agricultores de la selva y el 38 % de la costa cultivan yuca, y el 13 % de productores elaboran la fariña. También se observa que, la mayoría de los productores de la selva procesan la yuca para obtener el masato (chicha de yuca) o como bebida alcohólica (para lo cual fermentan el masato por cuatro días). La preparación de fariña, el masato y casabe (pan crujiente, delgado y circular hecho con harina de yuca cuyo consumo se remonta a tiempos prehispánicos) se realizan con tecnologías tradicionales y con herramientas habilitadas por los mismos productores como los coshos (troncos huecos en forma de canoa), palos para facilitar el prensado y secado de la masa, calaminas o cortezas de hojas de aguaje (para tamizar y/o rallar la masa), tocuyo (tela rústica de tejido fino) para filtrar la masa y también hacen uso de canastas tejidas por ellos mismos (Inga & López, 2001).

La caracterización del productor de yuca se ha realizado sobre la base de 546 encuestas que se hicieron como parte de la prospección.

La mayoría de los productores de yuca son naturales del lugar (75 %) y se encuentran entre los 41 a 51 años, por ello se percibe como una problemática futura para el recambio generacional, pues con el paso de los años va disminuyendo el número de productores, lo cual provocaría una brecha en la actividad productiva de la yuca. Los jóvenes asumen labores periódicas en el cultivo de yuca y luego se movilizan por oportunidades de estudio, trabajo o pareja, mientras que la población mayor goza de una mayor estabilidad por razones de familia, vivienda y la conducción de las actividades agropecuarias.

En relación con el tema de Identidad el productor promedio de yuca se considera mestizo. Por otro lado, la familia tiene entre 1 a 3 hijos, lo cual genera que en el hogar vivan en promedio 4 personas (padre, madre y 2 hijos). A mayor nivel de estudios, los productores tienen menos hijos. Se identificó que en los segmentos de nivel primario y sin nivel educativo se encuentran las familias que tienen hasta 8 o 9 hijos. Todos los integrantes del hogar trabajan cumpliendo diferentes roles en la producción: los niños ayudan en el control mecánico de las plagas, cosechando las larvas de mariposas; las mujeres apoyan en la cosecha de la yuca, en la preparación de los alimentos; el hombre se dedica exclusivamente a las labores culturales durante todo el proceso.



La lengua materna de la mayoría de los productores de yuca es el castellano, asimismo, respecto al nivel de estudios, es necesario indicar que el productor promedio cuenta con estudios primarios (45.4 %). El grado de instrucción y la lengua materna influyen directamente en los procesos educativos formales y no formales. Sin embargo, el nivel educativo básico en la mayoría de los productores de yuca, la falta del hábito de lectura y de la comprensión lectora, constituyen una limitante para el uso y aprovechamiento del material de capacitación impreso o virtual, utilizados para los procesos de capacitación, asistencia técnica o el acceso adecuado a tecnologías de información y comunicación, lo cual limita su capacitación.

Los ingresos monetarios de los productores de yuca son aproximadamente de S/ 500 mensuales a más y no tienen acceso a ningún tipo de crédito, por lo que, un gran sector se dedica a la agricultura de subsistencia con fines de seguridad alimentaria. Existe un sector que está desarrollando una agricultura que posibilite la generación de ingresos económicos, el autoempleo y la mejora de la calidad de vida, a partir de la tecnificación en el manejo de cultivos. Es importante mencionar que existe una relación directa entre las variables de ingresos económicos y el nivel educativo, identificando que las familias que perciben ingresos mayores a S/ 500 mensuales cuentan con mejores condiciones de educación

y con mayor proporción de productores con educación de nivel primaria, secundaria y nivel superior. En contraste, las familias con ingresos menores a los S/ 500 presentan menores logros educativos.

Las principales fuentes de agua para consumo humano son la acequia, el manantial y el río, constituyéndose en un riesgo latente para la salud (por parasitosis y enfermedades gastrointestinales). Asimismo, los agricultores cuentan con vivienda propia, construida predominantemente de madera, teniendo en cuenta que es un recurso que abunda en las zonas de producción. Utilizan la leña y el carbón como la principal fuente de energía para la cocina, aunque existe de parte del Estado el bono FISE (Fondo de Inclusión Social Energético) para facilitar el acceso de la población vulnerable y rural al gas propano, sólo un bajo porcentaje de productores hacen uso de este combustible; el 50 % de productores cuentan con el servicio de energía eléctrica en su hogar.

Para la eliminación de sus excretas hacen uso de las letrinas, lo cual evidencia que no cuentan con todos los servicios básicos, esto se debe en parte al asentamiento de los productores en lugares que reúnen condiciones para la producción, pero no necesariamente para vivienda como se observa en la figura 55.



Figura 55. Tipo de vivienda de un productor de yuca en la selva (distrito Puerto Bermúdez, provincia Oxapampa, departamento de Pasco).

El productor de yuca no pertenece a ninguna organización agraria, lo que evidencia que no hay promoción de la asociatividad que les permita mejorar su articulación al mercado, acceso al crédito o el acceso a paquetes de mejora tecnológica en la producción de los cultivos. Los productores cuentan con título de propiedad y con certificado de posesión de sus tierras, lo cual ayuda a garantizar y acreditar su pertenencia o posesión de sus tierras. La extensión promedio que manejan no superan las 10 hectáreas, destinando entre 2 a 4 ha para el cultivo de yuca. Por lo general, se accede a las parcelas mediante carretera afirmada y trocha carrozable, lo cual en épocas de lluvias dificulta su accesibilidad y constituye una limitante para el traslado de su producción; en algunos departamentos como Loreto, Madre de Dios y Ucayali el acceso a las parcelas es a través de los ríos.

La agricultura es la principal actividad económica del productor de yuca, sin embargo, también los productores complementan su economía con otras actividades. En el segmento donde perciben más de S/ 500 mensuales indican que el 94,4 % se dedica principalmente a la agricultura y el 5,6 % se dedican, además, a otras actividades como artesanía, crianza de ganado, comercio, transporte, trabajos dependientes, que les permiten incrementar sus ingresos económicos. En el segmento de productores que perciben menos de S/ 500 mensuales un 96,9 % de productores se dedica a la agricultura, el 1,3 % se dedica a otras actividades como las descritas anteriormente y en un 1,8 % refieren complementar sus ingresos económicos con la crianza de ganado vacuno. El productor de yuca tiene limitada tecnificación respecto al manejo técnico del cultivo y es una de las razones por las que percibe ingresos mínimos por su producción y comercialización.

En las comunidades indígenas la alimentación familiar se apoya, no sólo en la caza y pesca, sino también en la producción que desarrollan en sus chacras, en estos espacios siembran diferentes cultivos entre ellos la yuca, por un promedio de 2 a 3 años, luego rotan a otro terreno o abren bosque.



En relación con la provisión de semilla, el 81 % de productores la obtiene de su propia producción (figura 56) o de productores locales, siendo un 84 % semillas de la propia localidad y solo un 16 % semilla introducida de otros lugares. El 54 % de los campos de yuca es monocultivo y el 46 % es cultivo asociado. Los principales cultivos agrícolas del productor son plátano, cacao, maíz amarillo duro, papaya y arroz, que no sólo son para venta, sino también constituyen junto con la yuca, la pesca y caza la dieta alimenticia de la familia.



Figura 56. Preparación de la semilla de yuca (distrito Quellouno, provincia de la Convención, departamento de Cusco).

La preparación del terreno para la siembra de yuca se realiza a través del rozo y quema (62 %) en forma manual al igual que el control de malezas, tal como se muestra en la figura 57. En las parcelas de yuca con fines de autoconsumo, por lo general (78 % y 100 % de los productores) no realizan control de plagas ni enfermedades respectivamente, aunque algunos productores suelen utilizar barbasco. Cabe resaltar que una práctica tradicional de control, para el gusano cachón, en las comunidades Asháninka de Junín y Ucayali es colectar las larvas grandes para utilizarlo como alimento y con fines medicinales, especialmente para enfermedades respiratorias. No se realiza control de enfermedades. En parcelas de producción comercial de costa (Tumbes, Piura y la Libertad) sí se realiza un control con productos químicos, siendo los compuestos activos clorpirifos, fipronil y metomilo los más utilizados para el control de la hormiga cortadora de hojas “coquí”, “kurwinsi” o “carguero”, gusano cacho, barrenador del tallo y otras plagas que se presentan.



Figura 57. Preparación del terreno (rozo y quema) para el cultivo de yuca en selva (distrito Antonio Raymondi, provincia Atalaya, departamento de Ucayali).

5.2 Estado actual de los cultivos de yuca, en el ámbito nacional

El sector agrario aporta al crecimiento económico, a la seguridad alimentaria y a la reducción de la pobreza rural en el Perú, al coadyuvar en el empleo directo y la generación de ingresos de por lo menos una tercera parte de la población peruana y de participar significativamente en el producto bruto interno (PBI). En el año 1950 la agricultura representaba el 11 % del PBI nacional, esta participación se redujo para el año 2010 a 5,7 % y para el 2013 al 5,3 % (Minagri, 2016), sin embargo, significa en promedio el 29,6 % del empleo total del país. Es decir, uno de cada tres peruanos genera ingresos o está empleado en el sector agrario, aunque con niveles bajos de productividad (Minagri, 2016).

De acuerdo al Cenagro (INEI, 2012) existían 108 795 unidades agropecuarias que cultivaban yuca en 104 579 ha (78401 ha de producción de yuca y 26178 ha de produc-

ción asociada de yuca) y la intención de siembra de yuca para el periodo 2018 – 2019 fue de 102 281 ha (tabla 15).

En la campaña 2019 – 2020 se sembraron 115,830 ha de yuca a nivel nacional, concentrándose en la región Loreto la mayor cantidad de área sembrada con 48123 ha, seguido de Junín, Cajamarca y Ucayali, con 9017 ha, 6660 ha y 7925 ha respectivamente (Midagri, 2021).

Los parentes silvestres de la yuca no son cultivados por los productores, pero si son utilizados en algunas comunidades nativas para la preparación de brebajes medicinales (información obtenida en los grupos focales y durante el trabajo de campo del equipo encargado de la línea de base).



Tabla 15 Superficie de siembra del cultivo de yuca en el Perú, 2012 - 2020

Unidades agropecuarias que cultivan yuca*	Superficie sembrada (ha)								
	2012 - 2013	2013 - 2014	2014 - 2015	2015 - 2016	2016 - 2017	2017 - 2018	2018 - 2019	2019 - 2020	2020 - 2021
108 795,00	94,600	99,054	97,942	123,197	105,836	110,355	109,430	115,830	114,745

Fuente: * INEI – Compendio estadístico - 2020, Minagri 2021

En relación con el mercado, existen problemas debido a que los pequeños productores que cultivan yuca tienen bajos niveles de asociación y organización, lo cual limita cualquier proceso de industrialización o de valor agregado. Las zonas de producción se localizan en áreas pobres con deficiente infraestructura, además de utilizar tecnologías que no permiten acelerar ni incrementar la producción, a ello se suma la falta de crédito (puesto que ni siquiera cuentan con medios como registros productivos que les permita garantizar y acceder a préstamos) para implementar o mejorar las unidades productivas. Todo este contexto genera como resultado bajos ingresos económicos, que junto con el cambio climático incrementan las amenazas para el agricultor y el cultivo mismo (Ceballos & De la Cruz, 2002).

Por el lado de la producción comercial se tiene perspectivas de que al aumentar la demanda del mercado es probable que la yuca sufra un cambio y aumente su monocultivo en terrenos de mayor extensión, se adopten de forma generalizada genotipos de mayor rendimiento y se realice un mayor uso de los sistemas de riego y productos agroquímicos. El monocultivo intensivo puede simplificar la gestión y favorecer inicialmente el aumento de los rendimientos. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que también aumenta la prevalencia de plagas y enfermedades y acelera la disminución de las poblaciones de nutrientes del suelo lo cual exigirá elevar el nivel tecnológico actual del cultivo (FAO, 2013).



5.3 Situación y perspectivas de los productores de yuca respecto a los OVM

El término OVM no es familiar para los productores de la yuca, más del 90 % de los entrevistados lo desconocen, pero cuando se precisa que se habla de productos transgénicos o manipulados genéticamente, lo entienden; este ha sido el caso en los departamentos de Amazonas, Madre de Dios, Loreto y Cajamarca.

Sobre la intervención del Estado en el caso de los cultivos transgénicos y más aún en el caso de la yuca transgénica, los productores encuestados señalan que se debe de prohibir su ingreso, puesto que actualmente la tendencia mundial son los cultivos ecológicos, naturales u orgánicos. Es importante mencionar que, en el 2020, nuestro país registró 559 448 hectáreas en transición o certificadas como orgánicas, lo que representa un incremento de 41,9 % frente a las 394 152 hectáreas registradas con dicha condición en el 2019 (Senasa, 2021), sumado a ello que los productos orgánicos experimentaron un crecimiento significativo a lo largo de 2020, teniendo grandes aumentos en términos de ventas y volúmenes. A

finales de este período, registraron un aumento de más del 14 % con respecto al año anterior, esto según indicó el informe de rendimiento de productos orgánicos de 2020 (Senasa, 2020).

Esta situación ofrece una gran oportunidad y ventaja a los productores, debido a la variabilidad genética de la yuca, con los cuales se puede obtener una diversidad de productos derivados de este importante cultivo para el mercado regional y mundial.

Los productores de yuca son conscientes que sus prácticas agrícolas y la bioseguridad de sus cultivos respecto a los cultivos transgénicos, requiere de cuidados a nivel local, regional y nacional; por lo cual es necesario la investigación para mejorar la calidad de sus semillas, así como el acompañamiento en el proceso productivo y la transferencia tecnológica desde las instituciones competentes, implementando reglamentos, normas y leyes de protección a las variedades locales y nativas, para que al ser liberados los OVM no afecten su agrobiodiversidad.



5.4 Aspectos etnolingüísticos de los productores de yuca

La yuca tiene diferentes nombres comunes en diferentes regiones, por ejemplo, en el norte de América del Sur, América Central y las Antillas se le conoce como yuca; en Argentina, Brasil y Paraguay como mandioca; en países anglo parlantes como cassava; en México como guacamote; en diversos sectores de Brasil como aipi y maca-cheira; y en los países de África oriental como mhogo en swahili (FAO, 2007).

Existe un registro de 55 pueblos indígenas u originarios en el territorio peruano, según el listado elaborado por el Ministerio de Cultura (Ministerio de Cultura, 2021) y 47 lenguas: 43 amazónicas y 4 andinas. Estas lenguas se consideran vigentes porque tienen hablantes (Ministerio de Educación, 2013), y expresan las diferentes denominaciones locales que se dan a la yuca, información que se ha podido conocer en las prospecciones realizadas.

Los pobladores de los distritos donde se cultiva la yuca y conserva sus parientes silvestres, presentan un entorno sociocultural diverso que va desde sus expresiones culturales como son la danza, música, arte, costumbres ancestrales, prejuicios, estereotipos, creencias y medios de producción local, hasta las diferentes lenguas originarias que hablan como son: nomatsiguenga, ashaninka, shipibo-conibo, entre otras, también se expresa en la gran cantidad de comunidades con integrantes bilingües que hablan castellano y la lengua originaria (lengua materna).

En la población adulta (mayor de 40 años), las mujeres son quienes practican más la lengua originaria permanentemente, mientras que los jóvenes y niños tienen la tendencia a hablar más el castellano, sobre todo como estrategia para ser incluido por la sociedad formal. La alternancia en el uso de una lengua o idioma depende de las circunstancias; entre la propia población se habla la lengua materna, a nivel de la escuela o en reuniones públicas con presencia de agentes externos, se habla el castellano.

En los departamentos visitados se registraron nombres o denominaciones locales de la yuca cultivada, los cuales se han mapeado en el anexo 2 y se describen a detalle en el anexo 5, siendo la denominación de “amarilla” que se reportó con mayor frecuencia, seguido de las denominaciones de “blanca”, “mestiza”, “señorita” y “humishina”. Así también se registró seis denominaciones con las cuales conocen a las especies silvestres del género *Manihot*: “yuca de monte”; “yuca de venado”; “yuca silvestre”; “yuquilla”; “sacha rumo”; “sacha yuca”; “sacha de monte”; “yuca yuca” y “sacha rumo”, estas denominaciones se les dan indistintamente si pertenecen a una u otra especie de yuca silvestre.

Asimismo, durante la realización de encuestas y observación de manifestaciones testimoniales de pobladores de las comunidades nativas, se ha podido evidenciar que la yuca es muy conocida, quienes la denominan de acuerdo a su lengua originaria como se puede apreciar en la tabla 16, y en el anexo 2, con denominaciones como: “mama”, “nee ek”, “rumo”, “caniri”, “atsa”, “tare”, “ingiri rumo”, “kitamaroli”, “lupuna rumo” y “pampa”.



En los departamentos de Tumbes, Piura, La Libertad, Cusco, Puno y Ayacucho no se registraron nombres en lenguas originarias, esto debido a que todos los encuestados, al ser consultados sobre cómo se consideraban, manifestaron ser mestizos y su lengua materna era el castellano.

Tabla 16 Denominaciones de la yuca en lenguas originarias

N.º	Región	Denominación	Lengua originaria
1	Amazonas	Mama	Awajún
3	Cajamarca	Rumo	Quechua o Kichwa
5	Huánuco	Caniri	Ashaninka
6	Junín	Caniri, kitamaroli	Ashaninka
8	Loreto	Mama, nee ek	Awajún, Ticuna
9	Madre de Dios	Mama, caniri, tare	Awajún, Ashaninka, Harabut (Arazaeri)
10	Pasco	Mam, caniri	Ashaninka
13	San Martín	Rumo	Quechua o Kichwa
15	Ucayali	Caniri, atsa, pampa	Ashaninka, Shipibo



5.5 Usos tradicionales de la yuca

La yuca es un cultivo conocido por los productores desde tiempos antiguos, forma parte no sólo de la dieta familiar, sino también es parte de la identidad y cultura de los pueblos. En el anexo 3 se presenta un mapa con los diferentes usos en las zonas prospectadas.

Existen diferentes productos elaborados a partir de la yuca, que dependiendo de la región donde se cultiva, constituyen productos autóctonos o típicos de cada población. Entre los más conocidos se encuentran la fariña, la raspa, la tapioca, el gari, el casabe, el almidón agrio de

yuca, la harina de yuca, el pandeyuca, el pandebono, el enyucado, las carimañolas, los diabolines, las croquetas de yuca, el bollo de yuca, la bibingka de yuca y torta de yuca (FAO, 2007).

Tradicionalmente la producción de algunos derivados de la yuca como la fariña, la tapioca y el almidón pueden almacenarse en tinajones de barro, envases plásticos o sacos de polipropileno bien cerrados, en lugares frescos y ventilados sobre tarimas de madera por un periodo de tiempo mayor a seis meses (INIA, 2014).



Actualmente los conocimientos ancestrales y la diversidad de variedades de yuca se ven amenazados, además de los procesos sociales, por los nuevos procesos productivos y económicos, que de alguna manera promueven tecnologías convencionales que prometen optimizar o incrementar la producción agrícola y, con el incremento productivo, generar mayores ganancias. Este proceso trastoca su cultura y su relación hombre-naturaleza, impactando también en sus ecosistemas y modificando los hábitos alimentarios de las comunidades indígenas; sumado a ello, las condiciones climáticas variables que posibilitan la aparición de plagas y enfermedades que afectan en diferentes grados a los cultivos de yuca y sus variedades.

Las prácticas tradicionales tienen un fundamento de convivencia armónica entre el productor y el bosque (naturaleza), lo cual garantiza procesos productivos sostenibles, como el descanso de la tierra, que posibilita la recuperación natural de la fertilidad de las áreas utilizadas. El principio de la producción de la yuca y sus variedades en las comunidades indígenas, responde a una lógica de garantizar la alimentación familiar y generar algunos ingresos económicos. Es así que, en las comunidades indígenas no se comparte la lógica industrial, sino que consi-

dera en cada acción, la cosmovisión basada en el respeto de su entorno (IIAP, 2018).

Durante el desarrollo de las prospecciones y encuestas en los 15 departamentos, se ha registrado que la especie *M. esculenta* es la que se utiliza principalmente como comestible en diferentes formas como sancochado, acompañando a diferentes platos de consumo diario, así como en la preparación de tapioca y fariña. Los pobladores de la zona utilizan también las hojas tiernas y los cogollos, que son consumidos en forma de verdura, adicionada a las preparaciones alimenticias diarias (sopas y segundos) y a la preparación de la morcilla.

La yuca es consumida como bebida, siendo el masato la forma tradicional de uso, presente en todas las actividades socioculturales de los pobladores nativos, como la minga (ayuda mutua entre pobladores) y las reuniones comunales. Algunos pobladores, colonos o migrantes también han adoptado esta forma de uso. Al ser un cultivo de autoconsumo solo un pequeño porcentaje manifiesta usar la raíz de la yuca para el comercio.

La yuca también es utilizada como medicina para el control del acné, frotando las hojas tiernas en las manos y aplicando el exudado a la cara, como especie de crema; de la misma forma se utiliza como desodorante, llamando so-baquina, para lo cual aplican el exudado en las axilas. Asimismo, las yucas silvestres son utilizadas como medicina haciendo macerados para diferentes males como gripe, tos, bronquios, etc. La especie *Manihot anomala* subsp. *pavoniana* es utilizada en la comunidad nativa de Pampa Michi, según lo manifestado por el jefe de la comunidad, que guió al equipo de campo a la zona donde crecía esta especie nativa como se muestra en la figura 58.

Una de las formas de procesamiento más difundidas es la preparación de la fariña, que ha dejado de ser netamente artesanal y está llegando a tener características industriales. En la frontera con Brasil se puede encontrar en un mercado tanto el producto artesanal como el importado de este país. En las figuras 59 y 60 se presenta un esquema del proceso industrial y una evidencia del proceso artesanal de la fariña.



Figura 58. Especie silvestre *Manihot anomala* subsp. *pavoniana* (distrito Perené, provincia Chanchamayo, departamento de Junín)

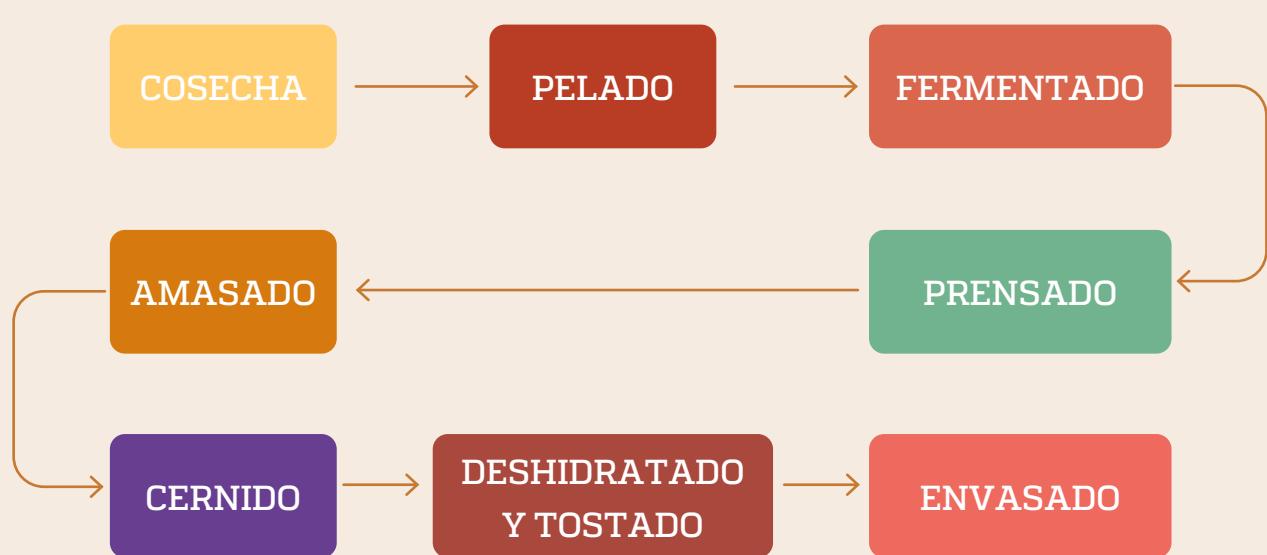


Figura 59. Fases del proceso preparación de fariña (IIAP, 2018)



A. Etapa de fermentado de la yuca



B. Etapa de fermentado de la yuca



C. Etapa de cernido



D. Etapa de cernido

Figura 60. Proceso de preparación de fariña (distrito San Juan Bautista, provincia Maynas, departamento de Loreto)

Otra de las formas de procesamiento, en forma similar al que se ha desarrollado para otras especies de raíces, es la producción de harina, que en muchos lugares se ha convertido en un proceso industrial (figura 61). Una afinación del proceso conduce a la producción de almidón de yuca, que es de muy buena calidad y tiene gran demanda por las poblaciones de selva (figura 62).

Otra de las formas ancestrales de procesar la yuca es la preparación del masato, una bebida emblemática de un gran contenido cultural en las poblaciones de selva. Su proceso de preparación se muestra en la figura 63.



Figura 61. Fases del proceso de preparación de harina de yuca (IIAP, 2018)



Figura 62. Fases del proceso de preparación de almidón de yuca (IIAP, 2018)



Figura 63. Fases del proceso de preparación del masato.



6

Propuesta para la gestión de la diversidad y bioseguridad







Los recursos fitogenéticos son un capital natural y un recurso esencial heredado de nuestros ancestros para la producción agrícola sostenible, es así que su conservación y uso sostenible son fundamentales para salvaguardar la seguridad alimentaria y nutricional, de las presentes y futuras generaciones. Para cumplir este desafío es necesario un flujo continuo de variedades mejoradas y adaptadas a condiciones ambientales particulares. La pérdida de la diversidad genética reduce las opciones para la gestión sostenible de una agricultura resiliente ante entornos adversos y condiciones meteorológicas que fluctúan rápidamente (FAO, 2014).

Cuanto mayor sea la diversidad de un sistema de producción agrícola, tanto entre las especies como dentro de cada especie, menor será la probabilidad de que se vea afectada de modo uniforme por estrés biótico y abiótico. En consecuencia, para que nuestros sistemas alimentarios sean sostenibles, los agricultores deben cultivar un conjunto, lo más genéticamente diverso posible, de cultivos y variedades que estén adaptados a sus sistemas agroecológicos y de producción, y a las preferencias de los usuarios finales (FAO, 2020).

6.1 Conservación de la diversidad

La biodiversidad es vulnerable a la sobreexplotación causada por el consumo insostenible, el aumento de la población que demanda gran cantidad de recursos y que han ocasionado la pérdida de hábitats por el cambio de uso del suelo, la desertificación, la contaminación y el cambio climático, procesos que deterioran los ecosistemas y limitan la capacidad de brindarnos sus servicios.

La diversidad de ecosistemas en cada una de las regiones naturales que tiene el Perú ha propiciado la existencia de una gran variedad de especies silvestres y cultivadas, así como una gran variabilidad dentro de ellas. En el caso de las especies cultivadas, esta variabilidad ha dependido directamente de la dinámica del manejo de los agricultores desde tiempos ancestrales hasta el presente.

Conservación *in situ*

La conservación *in situ* es el único método práctico, actualmente disponible para conservar una gran variedad de ecosistemas, especies y genes amenazados, vulnerables o en peligro. Además de permitir la conservación de especies diferentes y la coevolución de los sistemas biológicos. La conservación *in situ* de los recursos genéticos está vinculada al sostenimiento de los bienes que satisfacen los requerimientos cotidianos de las poblaciones locales, como los alimentos, el forraje y las medicinas, y para cosechar madera, leña y combustibles (Bioversity International, 2012).

La conservación *in situ* es un proceso social que tiene tres componentes: los agricultores, la cultura y la agrobiodiversidad, donde el conocimiento tradicional y ancestral de los agricultores y las cualidades genéticas inherentes a los cultivos, interactúan para dar lugar a productos con muchas formas, tamaños, colores y sabores; donde, para-

dójicamente, el común denominador es la heterogeneidad. Lo que para el mercado convencional y ciudadano es falta de uniformidad, para el agricultor conservacionista es defensa contra la incertidumbre ambiental, herencia cultural y prolongación misma de su familia y de su sangre (INIA, 2007).

El grado de diversidad genética, evidenciado durante el trabajo de prospección, a través del gran número de variedades nominales que conservan los productores en sus chacras, donde se incluye también a sus parientes silvestres que crecen en áreas vecinas, hace imprescindible la necesidad de caracterizar y diferenciar, las especies silvestres y variedades de la especie cultivada de yuca (*Manihot esculenta*), no solo morfológicamente sino molecularmente, con la finalidad de conocer más a detalle la riqueza de este cultivo y poder analizar los riesgos que pueda ocasionar la liberación de OVM en zonas de conservación *in situ*. El INIA (2006) desarrolló, en el marco del proyecto “Conservación *in situ* de los cultivos nativos y sus parientes silvestres”, una metodología para caracterizar la yuca utilizando descriptores morfológicos, en base a descriptores IBPGR (1983) y del Embrapa (1998).

Por otro lado, el INIA, a través de la Dirección de Recursos Genéticos y Biotecnología (DRGB), cuenta con un Banco Nacional de Germoplasma de 741 accesiones de yuca, donde se dispone de 20 accesiones promisorias según atributos agromorfológicos, las cuales fueron evaluadas como parte del Proyecto “Descubriendo el potencial de la yuca peruana”, mediante la utilización de la diversidad genética superior y de tecnologías de producción y procesamiento industrial para su puesta en valor (Quispe, Marcelo, Rufina & Ccapa, 2016).

Conservación ex situ

La conservación ex situ involucra distintas técnicas para almacenar material genético y generalmente se encuentra ligada a programas de mejoramiento. Las técnicas de este tipo de conservación son costosas y su capacidad para almacenar diversidad es, por lo tanto, limitada. Entre las técnicas de conservación ex situ, la más destacada son los bancos de germoplasma que pueden incluir material genético de plantas, animales, hongos y microorganismos; incluyen propágulos en dormancia, mantenidos a través de métodos de crio-conservación como: (i) gametos, que pueden incluir polen, espermatozoides y óvulos, (ii) semillas, (iii) esporas, (iv) tejidos in vitro y (v) embriones. Los bancos de germoplasma de yuca pueden combinar varios de estos propágulos, además de material vegetativo en permanente mantenimiento en campo.

Hacia el año 2007, la colección nacional de yuca, que como fue mencionado previamente, se mantiene en el Banco Nacional de Germoplasma del INIA, tenía 741 accesiones de la especie *Manihot esculenta* perteneciente a la familia Euphorbiaceae. Este material incluía accesiones provenientes de otros países, y accesiones colectadas en 16 departamentos del Perú: Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque, Loreto, San Martín, Tumbes, Áncash, Huánuco, Huancavelica, Ica, Junín, Ucayali, Apurímac, Arequipa y Cusco (INIA, 2007). El catálogo nacional de la colección de yuca de ese periodo, reportaba que 637 accesiones correspondían al Perú, 24 a Bolivia, 47 a Brasil, 5 a Colombia, 1 a Costa Rica, 4 a Ecuador y 23 a Paraguay.

En el presente año, este número de accesiones ha sido enriquecido como parte de las prospecciones a nivel nacional realizadas para esta línea de base, habiendo entregado al INIA 37 accesiones de la especie cultivada y de las especies silvestres.

6.2 La diversidad de yuca frente al cambio climático

El cambio climático está evidenciando en diversas partes del mundo la extrema vulnerabilidad de la agricultura en sus diferentes sistemas productivos. El aumento de las temperaturas tendrá diferentes efectos, uno de ellos es la reducción de la producción de los cultivos, a la vez que se espera que provoque mayor proliferación de malezas y plagas (Nelson et al., 2009). Hay estudios que analizan los efectos por grupos de cultivos, ante modificaciones del clima, que concluyen que “el cambio climático provocará una reducción de los ingresos para la alfalfa, el arroz, el café y el maíz amarillo duro y aumentos para la papa, el maíz amiláceo, el plátano y la uva; se presentan resultados mixtos para la yuca, dependiendo del modelo climático” (Galindo, Alatorre, & Reyes, 2015). Estos análisis a nivel de monocultivos, aún no han tomado en cuenta que hay sistemas productivos tradicionales que tienen mayor resiliencia a los cambios climáticos a los cuales han estado enfrentados a lo largo del tiempo, y que en estas circunstancias constituyen una alternativa para hacer frente al actual cambio global.

Si bien algunos enfoques enfatizan las consecuencias impredecibles de los cambios que afectan al clima, a la calidad del suelo y la disponibilidad del agua, una de las formas de enfrentarlas es la creación de variedades que se adapten a las distintas condiciones y que hagan frente a los distintos procesos y problemas agronómicos (Lapeña, 2007).

La preocupación no es reciente, Ospina & Ceballos (2002) citaban referencias del papel que la yuca esta-

ba desempeñando en la seguridad alimentaria, con ocasión de la escasez de cereales derivada de las anomalías meteorológicas acaecidas en 1997 y 1998, como consecuencia de los fenómenos de El Niño y La Niña, respectivamente. Este papel lo han jugado en gran medida los sistemas tradicionales, diversos y más resilientes de producción de yuca (FAO, 2001).

Por lo tanto, se requiere que, a partir de esta línea de base de la diversidad de yuca, se fortalezca su conservación por medio de un monitoreo periódico que vaya incluyendo más lugares no prospectados, así como el estudio del desplazamiento del cultivo a otros pisos y ambientes cuya composición pueda estar modificándose debido a los cambios ambientales, como se está observando en muchos otros cultivos nativos y su diversidad asociada.

No debe ignorarse tampoco, el efecto de otros procesos que amenazan a la diversidad, como el cambio de uso del suelo debido a la conversión de hábitats naturales a la agricultura, urbanización, minería, así como a la presencia de especies invasoras, cambio climático y/o contaminación. Por lo tanto, un esfuerzo concertado dedicado a mejorar la conservación y la disponibilidad de los parentales silvestres para el mejoramiento de los cultivos es oportuno tanto para la conservación de la biodiversidad como para los objetivos de seguridad alimentaria, ya que la ventana de oportunidad para resolver estas deficiencias no permanecerá abierta indefinidamente (Castañeda-Álvarez et al., 2016).

6.3 Mejoramiento genético

Para algunos programas de mejoramiento genético de la yuca, donde es necesario generar variabilidad o incorporar genes de especies silvestres a alguna variedad cultivada, se hace necesario conocer la cruzabilidad de las especies y diseñar cruzamientos. Costa y Oliveira (1991) reportaban que, en los años 1970, los continentes africano y asiático lideraban la investigación en cruces interespecíficos y también destacaban que, el germoplasma silvestre de Tanzania se trabajó ventajosamente con especies nativas brasileñas, principalmente *M. glaziovii* que contribuyó con genes resistentes al mosaico africano de la yuca. Otro reporte hacía conocer que en la década de los cincuenta se trabajaba por mejorar el contenido proteico a través de cruces con *M. melanobasis*.

Centros internacionales como el Instituto Internacional de Agricultura Tropical en Nigeria (IITA) y el Instituto Central de Investigación de Cultivos de Tubérculos (ICAR-CTCRI) en India, solicitaban al Centro Nacional de Investigaciones en Recursos Genéticos y Biotecnología (Cenargen) de Brasil semilla de especies

silvestres de yuca para sus programas de mejoramiento genético. Esta necesidad fortaleció los sistemas de recursos genéticos como el Cenargen, intensamente utilizados por Embrapa; en el año 1987 esta institución mantenía una colección viva de 21 especies silvestres.

Es importante precisar que, para un mejoramiento genético efectivo, utilizando como oportunidad los recursos genéticos silvestres (nativos de nuestro territorio) es necesario desarrollar conocimiento sobre la biología reproductiva, pocas veces priorizada, además de otros aspectos asociados como polinización natural, etología de vectores de polen, grados de endogamia y exogamia, distancia de flujo génico en relación al transporte de granos de polen.

El mejoramiento genético de la yuca en el Perú no está bien referenciado en la literatura técnica disponible. Sin embargo, se han realizado algunas acciones respecto al pre-mejoramiento, como el reporte del INIA que ha identificado 20 accesiones promisorias de 741

que mantenía en su Banco Nacional de Germoplasma de yuca (INIA, 2016).

Uno de los trabajos fundamentales en la investigación en recursos genéticos de yuca fue el reportado por Iglesias et al. (1992 citado por Jaramillo, 2002), que seleccionó 630 accesiones de todo el mundo para conformar la colección núcleo de yuca, entre las cuales el Perú aportó con 76 accesiones, luego de Colombia (146 accesiones) y Brasil (101 accesiones).

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) [ahora Alianza de Bioversity International y el CIAT] ha provisto de material genético con fines de investigación respecto a técnicas de conservación de recursos genéticos, como el trabajo que reportan Flores, Rojas & Delgado (2014) que en el año 1988 remitió 249 accesiones *in vitro* a la Universidad Pedro Ruiz Gallo de Lambayeque. Cabe precisar que no se han encontrado otras referencias sobre estas transferencias de material, que seguramente han ocurrido, durante los años de colaboración del CIAT con el Perú.

Por otro lado, se ha desarrollado la yuca GM para el control de la enfermedad de la raya parda de la yuca (CBSD, por sus siglas en inglés) grave amenaza para la producción de yuca en África oriental y central (Wagaba et al., 2017) y aprobada en Kenia (National Biosafety Authority, 2021) con base en la evaluación de la seguridad ambiental realizada, la cual asume que no representa riesgo alguno para la salud humana y animal o para el ambiente.

En el Perú no se ha reportado hasta el momento la liberación de una variedad mejorada de yuca que haya sido obtenida por sistemas convencionales de mejoramiento. Los trabajos que diversas universidades realizan, están basados en investigación agronómica con variedades nominales, mientras que el INIA tiene un Programa Nacional de Raíces y Tuberosas pero que se ha enfocado en el mejoramiento de la papa, con sedes de investigación y mejoramiento en Junín, Cusco, Cajamarca, Ayacucho y Puno, todas ellas en la zona andina.⁴

⁴ <https://inia.gob.pe/pn-raiz-y-tuberosa/> visitado el 6 de abril del 2021

6.4 Impactos potenciales en la diversidad de yuca y sobre su ambiente

Generalidades del análisis de riesgo de OVM

El protocolo de Cartagena de Bioseguridad de la Biotecnología, derivado del Convenio sobre la Diversidad Biológica, define como “Organismo Vivo Modificado” (OVM) a cualquier organismo vivo que posea una combinación nueva de material genético que se haya obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna (Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica, 2000); por lo que se plantea la realización de un análisis de riesgo ante la eventualidad de su liberación al medio ambiente.

La figura 64 muestra los pasos sugeridos para realizar la evaluación de riesgo, los pasos 1 y 2 comprenden la formulación del problema; en el paso 3 se identifican las posibilidades de ocurrencia y los posibles daños asociados a cada peligro listado en el paso 2. La evaluación de estos pasos sirve como base para descartar determinados peligros que son improbables y así reducir la lista de riesgos que deben ser evaluados. En el paso 4, se estima el riesgo de cada uno de los peligros restantes utilizando un algoritmo cuantitativo que evalúa la magnitud del daño potencial. Si se identifica un riesgo, en el paso 5 se determina si este es aceptable o gestionable (Paes de Andrade, Parrott & Roca, 2012).

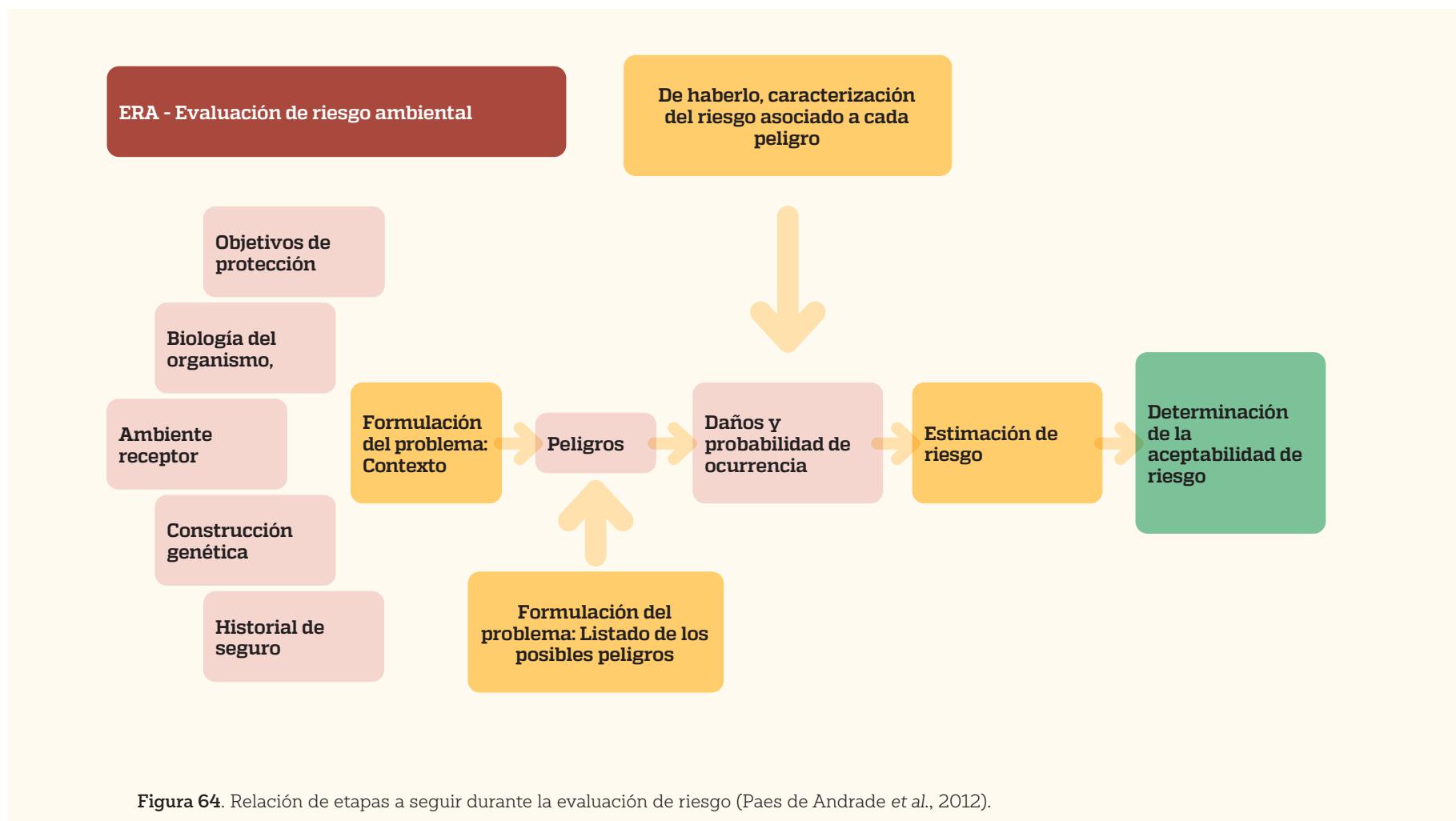


Figura 64. Relación de etapas a seguir durante la evaluación de riesgo (Paes de Andrade et al., 2012).

La figura 65 muestra la matriz para la estimación cualitativa de riesgo por la introducción de un OVM al medio ambiente. Las estimaciones de daño a consecuencia de la exposición y de probabilidad, frecuencia, magnitud de exposición deben ser desarrolladas sobre la base de la información identificada en la etapa de caracterización de riesgos (Paes de Andrade et al., 2012), y desde luego con la información contenida en la presente línea de base.

El análisis de riesgo de un OVM es una herramienta que facilita la toma de decisiones, mediante un proceso estructurado de manera lógica, que consiste en recopilar información sobre los potenciales efectos adversos de la liberación deliberada o no intencional de un OVM en un ambiente específico y temporal, 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 (Papadopoulou, Devos, Álvarez, Lanzoni, & Waigmann, 2012). En el anexo 7 se desarrolla una propuesta de consideraciones para el análisis de riesgo.

Impactos de los OVM en el cultivo de la yuca

La agricultura tradicional en la cual se cultiva la yuca, generalmente para autoconsumo, y el nulo conocimiento de los productores sobre los OVM, puede ocasionar que esta tecnología no se use correctamente, pudiendo ocasionar en el medio ambiente efectos directos tales como la transferencia de genes a parientes silvestres o a cultivos convencionales.

Como se hace referencia en el acápite de genética y cruzabilidad, distintos estudios han demostrado que puede de haber cruzamiento entre variedades cultivadas y sus parientes silvestres, lo mismo sucedería en agroecosistemas donde se liberen los OVM. Hay también un alto riesgo en que al introducir un OVM no se respete la adaptación específica que sí muestran las variedades nativas y se pueden sembrar en cualquier ecosistema.

En ese sentido, las prácticas agrícolas, los procesos de selección y de intercambio de semilla por los agricultores pueden favorecer de manera no intencionada este reemplazo, así como, los sistemas en los que los agricultores mantienen pequeñas parcelas cercanas unas de otras pueden favorecer el flujo génico y el reemplazo de unas poblaciones por otras (Lapeña, 2007).

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

Figura 65. Matriz para estimar cualitativamente el riesgo por introducción de un OVM en el medio ambiente. Fuente: (Paes de Andrade et al, 2012).

6.5 Propuesta de lineamientos para la conservación y gestión de la diversidad de la yuca cultivada y sus parientes silvestres

Los lineamientos propuestos a continuación están dirigidos a las entidades en el marco de sus competencias para diseñar y supervisar políticas nacionales y sectoriales, las cuales son de cumplimiento obligatorio por todas las entidades del Estado en todos los niveles de gobierno.

Asimismo, esta propuesta también está dirigida, en el marco de sus competencias, a los gobiernos regionales, gobiernos locales, universidades públicas y privadas, mancomunidades regionales y municipales y el resto de entidades públicas y privadas, que deben ser incluidas en el marco de la implementación y evaluación de las políticas nacionales.



134 • LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD DE LA YUCA PERUANA CON FINEZAS SOCIALES Y ECOLÓGICAS

A. Recuperación y conservación de la diversidad de yuca cultivada y sus parientes silvestres

En materia de conservación existe una serie de amenazas que afectan a la diversidad de las variedades de yuca (*Manihot*), cultivada y de las especies silvestres, que pueden acelerar la pérdida de variedades y especies de este género. Estas amenazas están representadas por el crecimiento de las ciudades y consecuente disminución de espacios rurales, la minería ilegal, la deforestación, el cambio de uso de la tierra, la siembra de cultivos ilícitos, la extracción ilegal de especies de flora en ámbitos de desarrollo de las variedades nativas de yuca, así como los efectos del cambio climático. El desconocimiento del estado de conservación de las especies del género *Manihot*, tanto de las cultivadas como de las silvestres, dificulta su protección y conservación, aumentando con ello la posibilidad de su disminución o pérdida, con los efectos que esto conlleva.

En el marco del Acuerdo Nacional, el objetivo específico de conservación y recuperación de la diversidad de las yucas cultivadas y sus parientes silvestres, se alinea a la Décimo Quinta Política de Estado, promoción de la seguridad alimentaria y nutrición, y a la Trigésima Cuarta Política de Estado, ordenamiento y gestión territorial, en los cuales el Estado debe tomar medidas frente a la erosión de la diversidad biológica y deberá fortalecer las capacidades de gestión territorial en los diferentes niveles de gobierno.

Las responsabilidades que cada actor tiene en la gestión sostenible y de conservación, no son las mismas, ya que la participación pública necesita del gobierno y de sus políticas públicas. La participación del sector privado depende más, de que se construya un marco adecuado para su intervención e inversión. A la sociedad civil le corresponde generar opinión, acciones de vigilancia y protección de la diversidad, además que con el apoyo ciudadano se validen y legitimen las acciones del gobierno y las empresas, ya que no se podría alcanzar ninguno de los objetivos con solo el trabajo de uno de los tres actores.

Pese a los esfuerzos realizados por el Estado y los colectivos científicos, productivos, empresariales y la sociedad civil, los avances para poner en valor la biodiversidad del país son aún poco significativos (Concytec, 2016).

En ese sentido, para alcanzar el objetivo específico prioritario de conservar y recuperar la diversidad de yucas cultivadas y silvestres se proponen los siguientes lineamientos:

- Establecer áreas de conservación a nivel distrital para promover la protección de las especies silvestres. Implementados por: municipalidades distritales y provinciales.
- Impulsar acciones para la conservación *in situ* y *ex situ*, basada en ecosistemas asegurando la provisión de genes y germoplasma de la yuca silvestre y cultivada, de importancia económica, social y cultural, para reducir la vulnerabilidad actual y futura con respecto a causas antrópicas y al cambio climático. Implementados por: Midagri, INIA, Serfor, MINAM, Sernanp, IIAP, Ministerio de Cultura (Cultura).
- Fortalecer y mejorar las capacidades de las instituciones del sector público, en el marco de sus competencias para la toma de decisiones relacionadas a la conservación de la diversidad de la yuca cultivada y sus parientes silvestres: Midagri, MINAM, Gore, Golo.
- Fortalecer marcos legislativos que reconozcan y favorezcan la participación civil, empresarial, ONG, comunidades nativas y campesinas, que promueven y creen las condiciones necesarias para la conservación y puesta en valor de la diversidad de la yuca cultivada y sus parientes silvestres: INIA, Midagri, Gore, ONG.

B. Reducir las amenazas a la yuca cultivada y sus parientes silvestres

Las amenazas a la yuca cultivada y sus parientes silvestres, son el cambio de uso de suelo como consecuencia del desarrollo del monocultivo extensivo, agricultura migratoria, cultivos ilícitos, la minería ilegal, extracción ilegal de productos forestales, introducción intencional o accidental de especies exóticas con potencial invasor, y el cambio climático (MINAM, 2014).

Con la finalidad de reducir las amenazas que atentan contra la diversidad de la yuca cultivada y sus parientes silvestres, se plantean las siguientes propuestas de lineamientos:

- Impulsar acciones en sanidad e inocuidad, que garantice la prevención y control de especies exóticas con potencial invasor, en favor de la yuca cultivada y sus parientes silvestres: Midagri, Serfor, MINAM.
- Prevenir la pérdida, fragmentación y degradación de los ecosistemas donde se ha encontrado diversidad de la yuca cultivada y sus parientes silvestres por cambios de uso de suelo, contaminación y otras actividades antrópicas: Midagri, MINAM, Serfor, Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (Sernanp), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi).
- Fortalecer las normas de protección de la flora nativa para prevenir y controlar la extracción y tráfico de especies de yuca cultivada y sus parientes silvestres: Serfor.
- Fortalecer el marco normativo, bajo el marco del principio de precaución, para garantizar una segura transferencia y manipulación de OVM con énfasis de la yuca cultivada y sus parientes silvestres: MINAM, INIA, Midagri, Senasa.

C. Conocimiento de la diversidad de la yuca cultivada y sus parientes silvestres

El Acuerdo Nacional, en su Vigésima Política de Estado, desarrollo de la ciencia y la tecnología, plantea que el Estado se compromete a fortalecer, generar y utilizar conocimientos científicos y tecnológicos, para desarrollar los recursos humanos y para mejorar la gestión de los recursos naturales y la competitividad de las empresas (Ávila, Barragan & Acosta, 2007).

El conocimiento generado respecto a la conservación de la diversidad del género *Manihot* a través de estudios e investigaciones es muy limitado. Son muy pocas las universidades o institutos de investigación nacional que hacen investigación, mejoramiento agronómico y mejoramiento genético de la yuca.

El rol que cumplen las universidades e institutos de investigación en la formación de capacidades científicas y tecnológicas en diferentes niveles (productivo, investiga-

ción, innovación, gestión) y en la generación y transferencia de conocimientos y tecnologías al sector privado es importante para fortalecer el proceso innovador. El incremento en la formación de capital humano calificado en investigación científica y tecnológica es particularmente fundamental para el desarrollo competitivo de los diferentes sectores productivos del país. Para ello, se requiere la formación de competencias en ciencia y tecnología desde la educación básica hasta la educación post universitaria (Concytec, 2016).

Por lo expuesto, se plantea los presentes lineamientos para generar, gestionar, transferir, difundir y facilitar la adopción de conocimientos con fines de conservación de la yuca cultivada y sus parientes silvestres.

- Promover la investigación e innovación y transferencia tecnológica, en materia de diversidad de la yuca cultivada y de sus parientes silvestres en sus tres niveles. Implementados por: universidades, INIA, IIAP y Concytec.
- Promover la inclusión en el sistema educativo nacional de competencias en investigación e innovación de conocimientos científicos, así como la revalorización de conocimientos tradicionales y la participación justa de los beneficios derivados de su uso, para valorar y gestionar la diversidad de yucas cultivadas y parientes silvestres. Ministerio de Educación (Minedu), Cultura, universidades, Concytec.

D. Promoción del uso sostenible de la yuca cultivada, valor agregado, innovación y mercados

El Perú tiene un gran número de ecosistemas productivos, especies de usos conocidos y una amplia variabilidad genética que ocupa un lugar privilegiado en el nuevo mercado global y que apuesta por una agricultura diversificada (MINAM, 2010). A la fecha, a pesar de los esfuerzos del INIA y del IIAP para el uso y aprovechamiento de la diversidad de yuca cultivada y silvestre, se evidencian acciones poco sostenibles.

Por lo expuesto, los siguientes lineamientos buscan promover el uso sostenible de la yuca cultivada y sus parientes silvestres a través de la innovación:

- Crear y mantener un registro nacional de variedades nativas de yuca como base para la investigación y generación de conocimiento sobre sus potencialidades, usos más adecuados, características agronómicas y culinarias deseables, contenido de principios nutritivos, nutracéuticos, y usos tradicionales: MINAM, INIA, Midagri, Serfor, Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur), Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (Promperú).
- Impulsar la innovación tecnológica y organizacional orientada al aprovechamiento, transformación y comercialización de los recursos de la diversidad de yucas cultivadas y sus parientes silvestres.
- Incorporar en las cadenas de valor el desarrollo de incentivos para el uso sostenible, apoyo al financiamiento de emprendimientos para su incorporación en mercados, marcas-sellos, entre otros: MINAM, INIA, Midagri, Serfor, Mincetur, Promperú.



Glosario

Adaxial:

parte de un órgano más cercana al eje de la planta, en una hoja es el haz.

Agrobiodiversidad:

variabilidad de cultivos, animales de cría y organismos asociados a ellos dentro de los complejos ecológicos de los que forman parte, esto incluye la diversidad entre especies y entre ecosistemas.

Agroecosistema:

ecosistema agrícola, sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes bióticos y abióticos para la producción de alimentos y fibras.

Amazonía:

se denomina a la zona de Sudamérica ubicada en la parte septentrional central del continente. Comprende parte de Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Guayana, Perú, Bolivia, Surinam y Venezuela. Por su extensión está considerada la reserva forestal del mundo. La superficie aproximada es de 6 millones de Km².

Ambiente:

conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y el desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

Autoidentificación étnica:

hace referencia a una conciencia de la identidad. Esto quiere decir, cómo se identifican o se sienten las personas de 12 años y más, de acuerdo a sus costumbres, tradiciones o antepasados y familia, considerando aquellos elementos que se prefieren resaltar o revalorar de la identidad cultural, de manera estrictamente individual.

Biodiversidad:

diversidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otros, los ecosistemas terrestres, marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte, comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.

Biotecnología moderna:

técnicas in vitro de ácido nucleico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u orgánulos; o la fusión de células más allá de la familia taxonómica que superan las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional.

Bracteola:

órgano laminar, más sencillo que una hoja, que se sitúa en la base de una flor.

Cadenas productivas:	sistema que agrupa a los actores económicos interrelacionados por el mercado y que participan articuladamente en actividades que generan valor, alrededor de un bien o servicio, en las fases de provisión de insumos, producción, conservación, transformación, industrialización, comercialización y el consumo final en los mercados internos y externos (Ley 28846).
Caracterización:	descripción de las propiedades esenciales de un organismo o sistema.
Carúncula:	excrecencia carnosa de pequeñas dimensiones que se observa en la zona del micropilo de algunas semillas.
Colecta:	extracción de unidades para conservación o propagación.
Centros de origen:	zona geográfica donde una especie domesticada o silvestre adquirió por primera vez sus propiedades específicas y puede compartir su ámbito de distribución con otras especies emparentadas cercanas.
Centro de diversificación:	zona geográfica donde se han desarrollado diversas variantes de una especie, correspondiendo normalmente a una diversidad de nichos ecológicos a las cuales las variantes se han ido adaptando en un proceso evolutivo.
Conservación:	protección, cuidado, manejo y mantenimiento de los ecosistemas, los hábitats, las especies y las poblaciones de vida vegetal y animal, dentro o fuera de sus entornos, de manera que se salvaguarde su permanencia a largo plazo.
Conservación de germoplasma:	conjunto de actividades relacionadas con el mantenimiento del acervo genético de las especies.
Conservación de la biodiversidad:	manejo de las interacciones humanas con los genes, las especies y los ecosistemas de tal manera que se promueva el beneficio máximo a la generación presente, mientras que se mantiene el potencial para satisfacer las necesidades y aspiraciones de las futuras generaciones.
Conservación de recursos genéticos:	todas las actividades que conducen a la protección, preservación, registro, caracterización, puesta en valor y promoción de la utilización sostenible y regulación del acceso a los recursos genéticos.
Crianza:	proveer a los animales domésticos o silvestres en cautiverio de las condiciones y cuidados requeridos para lograr de ellos bienes y servicios, en atención a las necesidades del ser humano. Abarca todas, o independientemente cada una de las etapas de sus ciclos de vida, desde el nacimiento hasta la muerte (crecimiento, desarrollo y reproducción), y considera la atención de su manejo, alimentación, sanidad, y de ser el caso, de la selección, apareamientos y multiplicación.

Cultivo:	proveer a las plantas domésticas o silvestres <i>ex situ</i> , de las condiciones y cuidados requeridos para lograr de ellas bienes y servicios, en atención a las necesidades del ser humano. Abarca todas o, independientemente, cada una de las etapas de sus ciclos de vida.
Decidua:	planta que pierde sus hojas en una época determinada del año.
Dehiscente:	fruto que se abre espontáneamente una vez maduro para dispersar sus semillas.
Diversidad biológica:	variedad de los organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas.
Diversidad genética:	variación en la composición genética de individuos dentro de una misma especie o entre especies diferentes. Variación genética hereditaria dentro de una misma población o entre poblaciones diferentes.
Diversidad de especies:	riqueza de especies.
Domesticación:	acto y consecuencia de domesticar, es decir modificar la característica silvestre de una planta o animal para adecuarse al manejo por el hombre.
Ecosistema:	complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional.
Espacio confinado:	local, instalación u otra estructura física, que entraña la manipulación de OVM controlados por medidas específicas que limiten de forma efectiva su contacto con el medio exterior o sus efectos sobre dicho medio.
Especie:	categoría taxonómica compuesta por individuos capaces de intercruzarse con otros similares constituyendo un grupo reproductivamente cerrado capaz de intercambiar su carga genética a través de la reproducción natural.
Especie domesticada:	especie cuyo proceso de evolución ha estado bajo la influencia del ser humano, con el fin de satisfacer sus necesidades (Convención de la Diversidad Biológica 1992)
Estípula:	estructuras laminares, en ocasiones glándulas o espinas, situadas en la base del pecíolo de algunas hojas.

Felodermo:	capa de células formadas, en algunas plantas, por las células internas del cambium de corcho (el corcho es producido en la capa externa). En esta capa las células están vivas y carecen de paredes suberificadas. Pueden contener cloroplastos, en cuyo caso la corteza será capaz de realizar algo de fotosíntesis.
Georeferencia:	es el uso de coordenadas de mapa para asignar una ubicación espacial a entidades cartográficas. Todos los elementos de una capa de mapa tienen una ubicación geográfica y una extensión específicas que permiten situarlos en la superficie de la tierra o cerca de ella.
Germoplasma:	conjunto formado por el total del material hereditario o banco genético, que contiene todas las posibles variaciones que presentan una o varias especies, poblaciones y grupos.
Glabro:	sin pelo.
Hirsuto:	órgano vegetal que está cubierto de pelos duros, rígidos y ásperos al tacto.
Inflorescencia:	agrupaciones de flores estructuradas de formas muy diversas.
Liberación al ambiente:	introducción deliberada o accidental de un OVM fuera de un espacio confinado.
Material genético:	todo material de origen vegetal, animal, microbiano o de otro tipo que contenga unidades funcionales de la herencia.
Mapa:	representación geográfica de la tierra, o de parte de ella, sobre una superficie plana, de acuerdo con una escala
Nombre científico:	nombre compuesto de dos palabras utilizado por los científicos para designar el género y la especie de un organismo.
Nomenclatura taxonómica:	sistema de nombramiento y nombres para unidades biológicas como las especies.
Moratoria:	medida temporal que resulta en la suspensión y aplazamiento del procedimiento regular de autorización.

Organismo vivo: cualquier entidad biológica capaz de transferir o replicar material genético, incluidos los organismos estériles, los virus y los viroides.

Organismo vivo modificado: cualquier organismo vivo que posea una combinación nueva de material genético que se ha obtenido mediante la aplicación de la biotecnología moderna.

Panícula: inflorescencia muy ramificada consistente en un racimo de racimos.

Pecíolo: parte de la hoja que une el limbo al tallo.

Polinización entomófila: tipo de polinización (traslado de polen del emisor masculino al órgano receptor femenino) realizada por insectos.

Prospección: exploración del terreno para identificar y descubrir la existencia de entidades biológicas o no biológicas en ubicaciones geográficas.

Protagonía: característica del órgano reproductivo femenino o una flor femenina de ser funcional (apertura con estigmas receptivos) antes que el órgano reproductor masculino o flor masculina (anteras con liberación de polen).

Pubescente: con pelos finos y cortos.

Pueblo indígena u originario: aquellos que tienen su origen en tiempos anteriores al Estado, que tienen lugar en este país y región, conservan todas o parte de sus instituciones distintivas, y que, además, presentan la conciencia colectiva de poseer una identidad indígena u originaria.

Recursos genéticos: todo material de naturaleza biológica que contiene información genética de valor o utilidad real o potencial.

Rizodermis: es la epidermis de la raíz con estructura primaria. En las raíces comunes, subterráneas, las células rizodérmicas se caracterizan por no poseer estomas ya que el intercambio gaseoso se realiza a través de la pared, ni cutícula, ya que necesitan ser permeables para cumplir su función de absorción de agua con sales minerales.

Semilla: estructura botánica destinada a la propagación sexual o asexual de una especie. Sin embargo, no es en su definición donde radica su importancia, sino en sus atributos agronómicos, es decir, atributos sanitarios, fisiológicos, pureza e identidad genética y físicos que determinan su potencial de rendimiento (Ley 27262).

Silvestre: ente biológico que se ha desarrollado naturalmente o sin cultivo en selvas o campos.

Sistema ecológico: constituido por los seres vivos y el medio físico en que estos existen. En él se dan relaciones de interdependencia basados en una interacción recursiva que se extiende desde hace más de 5 mil millones de años en nuestro planeta.

Sistema de información geográfica: integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñados para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y de gestión.

Taxonomía: estudio de la clasificación de los seres vivos conforme a sus semejanzas y diferencias, nombrándolos y asignándolos a ciertos taxones.

Toma de muestra: es el procedimiento que consiste en recoger partes, porciones o elementos representativos de un terreno, a partir de las cuales se realizará un reconocimiento del mismo.

Tomentoso: órgano de la planta que está cubierto de pelos generalmente ramificados, cortos y dispuestos muy densamente.

Transgén: secuencia génica insertada en un organismo para transformarlo y que sea heredable. El transgén puede provenir de una especie diferente a la del receptor o de un gen sintético.

Tricoma: protuberancia de muy diversa morfología, muy variable, que se pueden formar en la epidermis de algunos órganos vegetales. Son tricomas los pelos, papillas, escamas, etc.

Variación genética: diferencias entre individuos atribuibles a las diferencias en sus fenotipos.

Variedad: en taxonomía vegetal, la variedad ocupa una posición debajo de la categoría de subespecie y es siempre escrita en latín.



Referencias bibliográficas

- Acosta, J. (1991). Genética, citogenética y mejoramiento de la yuca. En Mejoramiento genético de la yuca en América Latina. Hershey C. (ed). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT N.º 82. (Hershey, Ed.) Cali, Colombia.
- Alercia, A. (2011). *Key characterization and evaluation descriptors: methodologies for the assessment of 22 crops*. Bioversity International, Rome, Italy.
- Aliaga, J. (2012). Presencia de *Trialeurodes variabilis* (Quaintance, 1900) y su parasitoide *Eretmocerus eremicus* Rose & Zolnerowich en cultivos de yuca *Manihot esculenta* Crantz en Supe-Barranca, Lima-Perú. *Revista Peruana de Entomología* 47(1): 12-14.
- Allem, A. (1994). The origin of *Manihot esculenta* Crantz (Euphorbiaceae). *Genetic Resources and Crop Evolution* 41 : 133-150
- Álvarez, E. & Llano, G. (2002). *Enfermedades del cultivo de la yuca y métodos de control*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18093>.
- Alves, A. A. (2002). Cassava botany and physiology, Chapter 5. En R. Hillocks & J. T. Bellotti, *Cassava: Biology, production and utilization*. (págs. 67-89.). Wallingford, England.
- Alzate, A., Vallejo, F., Ceballos, H., Pérez, J. & Fregene, M. (2010). Variabilidad genética de la yuca cultivada por pequeños agricultores de la región Caribe de Colombia. *Acta Agronómica* 59(4): 1-7. Recuperado de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/rt/prINTERFRIENDLY/20120/21194
- Andersson, M. & De Vicente, C. (2010). Cassava, manioc, yuca, Chapter 6, in *Gene flow between crops and their wild relatives*. Baltimore, Maryland, U.S.A.: Johns Hopkins University Press.
- Anteparra, M., Ruiz, S., Granado, L. & Diaz, W. (2012). Entomofauna asociada con la cocona (*Solanum sessiliflorum* Dunal) en Tingo María, Huánuco. *Investigación y amazonía* 2(1-2): 51-59.
- Ávila, C., Barragán, A. & Vizcaino, A. (2007). *La generación del conocimiento desde las universidades y sus implicancias en el desarrollo social*. En 7º Congreso Internacional. Retos y expectativas de la Universidad. El papel de la educación en la construcción de las sociedades del conocimiento. Del 21 al 23 de junio.
- Bingham, H. (1922). *Inca Land. Explorations in the highlands of Peru*. The Riverside Press Cambridge. Recuperado de <https://www.gutenberg.org/files/10772/10772-h/10772-h.htm>.
- Biosafety Clearing-House [BCH] (2020). *Living Modified Organism (LMO) Registry*. Recuperado de <https://bch.cbd.int/en/registries/living-modified-organisms>
- Bioversity International. (2012). *Parientes silvestres de los cultivos. Manual para la Conservación in situ*. Recuperado de http://www.cropwildrelatives.org/fileadmin/templates/cropwildrelatives.org/upload/In_situ_Manual/CWR_MANUAL_SPANISH.pdf
- Burns, D. ed. (2011). *Attracting native pollinators*. The Xerces Society. Storey Publishing.
- Byrne, D. (1984). Breeding cassava. Chapter 3. En *Plant breeding reviews. Vol. 2. Ed. By Janick, J. Pp. 73-133*. The avi publishing company. Inc. Westport, Connecticut, U.S.A.
- Caldas, D. (2010). *Artrópodo fauna en el cultivo tecnificado de "maracuyá amarillo" (*Passiflora edulis* var. 'flavicarpa')* Degener en el distrito de Chincha - Huánuco. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Agraria de la Selva. 122 pp.
- Calvert, L. & Cuervo, M. (2002). Enfermedades virales de la yuca en América del Sur. En *La yuca en el tercer milenio* (págs. 262 - 268). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Calvo, P., Reymundo, L. & Zuñiga, D. (2008). Estudio de las poblaciones microbianas de la rizósfera del cultivo de papa (*Solanum tuberosum*) en zonas altoandinas. *Ecología Aplicada* 7(1-2): 141 - 148.
- Castañeda-Álvarez, N., Khoury, C., Achicanoy, H., Bernau, V., Dempewolf, H., Eastwood, R., Guarino, L., Harker, R., Jarvis, A., Maxted, N., Müller,

- J., Ramirez-Villegas, J., Sosa, C., Struik, P., Vincent, H. & Toll, J. (2016). Global conservation priorities for crop. *Nature plants* Vol. 2. DOI: 10.1038/NPLANTS.2016.22
- Ceballos, H. & De la Cruz, A. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. En CIAT, *La yuca en el tercer milenio* (pág. 17). Cali, Colombia: CIAT.
- Ceballos, L. & Domínguez, C. (1977). Descripción de las enfermedades de la yuca. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Serie G - 05-03-01, 36 pp.
- CIAT. (2010). *A global conservation strategy for Cassava (Manihot esculenta) and wild Manihot species*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. Recuperado de <https://www.croptrust.org/wp/wp-content/uploads/2014/12/cassava-strategy.pdf>
- Comisión de la Comunidad Andina (2000). Decisión 486, Régimen Común sobre Propiedad Industrial. Recuperado de <https://www.indecopi.gob.pe/documents/1902049/3468565/02.++01-Decision486.pdf/2d4e6e59-03a9-ed91-26d7-332869bf3b47#:~:text=%2D%20Los%20Pa%C3%ADses%20Miembros%20asegurar%C3%A1n%20que,comunidades%20ind%C3%ADgenas%2C%20afroamericanas%20o%20locales>
- Congreso de la República del Perú. (1993). Constitución Política del Perú. Perú. <http://www.congreso.gob.pe/Docs/files/documentos/constitucionparte1993-12-09-2017.pdf>.
- Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e innovación Tecnológica [Concytec]. (2016). *Programa nacional transversal de la valoración de la biodiversidad 2015 - 2021*. Programa de Ciencia, tecnología e Innovación.
- Costa, A. & Oliveira, C. (1991). Formacao da base genetica e manejo dos recursos genéticos de mandioca: o caso do Brasil. En *Mejoramiento genético de la yuca en América Latina*. Hershey C. (ed). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT N.º 82.
- Cuervo, R. & Duran, J. (2011). Resistencia de la yuca (*Manihot esculenta*) a la mosca blanca (*Aleurotrachelus socialis*) mediante la tecnología del ADN recombinante. *Revista Científica Guillermo de Ockham* 9(1): 83-91.
- De Candolle, A. (1884). *Origin of cultivated plants*. The International Scientific Series Vol. XLIX. London. Recuperado de https://books.googleusercontent.com/books/content?req=AKW5QaeUEOwqvnPpTuz_Bu2Ivj4tFmcYxiX9KoyNq5PLj1s_O8QOQdEal6-97ujT-n6ocGBiop34iaArsuHuakENnh9E0vLJV5emin5oQiWxsQkX4KpCKTLZ0cuez5482PMfqXIVLGagNBskY7wN305prN84fHnz8IbkAwvmf1NdRo9WDPcaqJZ4nyOuB4MNaDjMKq2EqK2fbtZmVysKHkfBOIaGXFUMoS6rj2CKaL0nxJE0ZKDYes1z9K7YM_F7Kd-NTTSAxncdoswJyIIUSjeHC5fy_YVP_3w
- De Vicente, M. C. (ed.) (2005). *Gene flow and germplasm management*. Tropical Reviews in Agricultural Biodiversity. International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy.
- Decreto Legislativo n.º 1013. (2008). que aprueba la ley de creación, organización y funciones del Ministerio del Ambiente. Publicado en El Peruano diario oficial, Año XXV N.º 10231 el 14 de mayo de 2008. Perú.
- Decreto Legislativo n.º 1080. (28 de junio de 2008). *Decreto Legislativo que modifica la Ley 27262 Ley general de semillas*. Lima, Perú.
- Decreto Supremo n.º 004-2014-MINAGRI. (2014). que actualiza la categorización de especies amenazadas de flora silvestre, que había sido aprobada por D.S. 043-2006-AG (13 de julio de 2006), en una lista de especies amenazadas de fauna y flora silvestre.
- Decreto Supremo n.º 008-2012-MINAM. (2012). Reglamento de la Ley que establece la Moratoria al Ingreso y Producción de Organismos Vivos Modificados al Territorio Nacional por un período de 10 años. Publicado en El Peruano Diario Oficial Año XXIX N.º 12059, del 14 de noviembre de 2012. Perú.
- Decreto Supremo n.º 018. (29 de setiembre de 2015). Decreto supremo que aprueba el reglamento para la gestión forestal. Lima, Perú.
- Decreto Supremo n.º 019. (29 de setiembre de 2015). *Reglamento para la gestión de la fauna silvestre*. Lima, Perú.
- Decreto Supremo n.º 019-2021-MINAM (2021). Aprueban el Reglamento de acceso a los recursos genéticos y sus derivados. Lima, Perú.
- Decreto Supremo n.º 020. (29 de setiembre de 2015). Reglamento para la gestión de plantaciones forestales y los sistemas agroforestales . Lima, Perú.
- Decreto Supremo n.º 021. (29 de setiembre de 2015). Reglamento para la gestión forestal y de fauna silvestre en Comunidades Nativas y Comunidades Campesinas . Lima, Perú.
- Decreto Supremo n.º 080-2002-RE. (2002). Ratifican el Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el cambio Climático. Lima, Perú.
- Decreto Supremo n.º 108. (21 de Octubre de 2002). Aprueban Reglamento de la Ley de Prevención de Riesgos Derivados del uso de la biotecnología. Lima, Perú.
- Delgado, C. & Couturier, G. (2004). *Manejo de insectos plagas en la Amazonía: Su aplicación en camu camu*. Iquitos: Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana (IIAP) y Institut de Recherche pour le Développement (IRD). 152 pp.
- Decisión 391. (1993). Régimen común sobre el acceso a los recursos genéticos. [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BD2C095C0F37ED0F05257DCC0069D E9C/\\$FILE/1_DECISI%C3%93N_391_R%C3%A9gimen_com%C3%BAn_recursos_gen%C3%A9ticos.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/BD2C095C0F37ED0F05257DCC0069D E9C/$FILE/1_DECISI%C3%93N_391_R%C3%A9gimen_com%C3%BAn_recursos_gen%C3%A9ticos.pdf)

- Domínguez, J. (2000). *El polen: primavero en el viento*. Asociación Cultural Aragón Interactivo y Multimedia. (F. Boreas, Ed.) Recuperado de Asociación Cultural Aragón Interactivo y Multimedia: www.naturalezadearagon.com/boreas/articulos/polen.htm
- Escobar, R. & Pérez, C. (2017). *Desarrollo de un método para la evaluación de la viabilidad de polen de Zea mays crecido en el Centro Experimental Agrícola y Forestal de la Universidad del Magdalena*. Tesis Ing. Agrónomo, Universidad de Magdalena. Facultad de Ingenierías, Santa Marta, Colombia.
- FAO / FIDA / PMA. (2001). *Trabajar en colaboración para combatir el hambre y la pobreza*. Recuperado de <https://www.fao.org/3/y1318s/y1318s00.htm>
- FAO. (2001). Tratado sobre los Recursos Fitogenéticos para la Agricultura y la Alimentación, adoptado por la Conferencia de la FAO. Recuperado de https://observatoriop10.cepal.org/sites/default/files/documents/treaties/tratado_recursos_fitogeneticos_sp.pdf
- FAO. (2007). *Guía técnica para producción y análisis del almidón de yuca*. Boletín de Servicios Agrícolas de la FAO 163. Recuperado de <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- FAO. (2013). *Ahorrar para crecer: La yuca*. Documento de orientación. Recuperado de <https://www.fao.org/3/i3278s/i3278s.pdf>
- FAO. (2014). *Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura*. Recuperado de <https://www.fao.org/in-action/agronoticias/detail/en/c/497072/>
- FAO. (2020). *Directrices voluntarias para la conservación y la utilización sostenible de variedades de los agricultores/variedades locales*. Recuperado de <https://www.fao.org/documents/card/en/c/ca5601es/>
- Fernández, A. & Rodríguez, E. (2007). *Etnobotánica del Perú Pre Hispánico*. Ediciones Herbarium Truxillense (HUT). Universidad nacional de Trujillo. Trujillo, Perú.
- Flores-Meza, M. M., Rojas-Idrogo, C. & Delgado-Paredes, G. E. (2014). Propagación clonal, conservación y transferencia internacional de germoplasma de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) in vitro, nativas del Perú. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 10 (2): 32-44
- Fregene, M., Tohme, J., Roca, W., Chavarriaga, P., Escobar, R. & Ceballos, H. (2002). Biotecnología para la yuca. Biotecnología para la yuca. In: Ospina P. et al. (eds.). *La yuca en el tercer milenio: Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Consorcio Latinoamericano para la Investigación y el Desarrollo de la Yuca; Proyecto IP-3 de Mejoramiento de Yuca, Cali, CO. p. 377-405. (Publicación CIAT n.º 327).
- Galindo, L., Alatorre, J. & Reyes, O. (2015). Adaptación al cambio climático a través de la elección de cultivos en el Perú. *El trimestre Económico*, 82(327): 489-519.
- Gonzales, H. & Fuentes, N. (2017). Mecanismo de acción de cinco microorganismos promotores de crecimiento vegetal. *Rev. Cienc. Agr.* 34(1): 17-31. doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173401.60>.
- Hahn, S., Bokanga, M. & Dixon, A. (1994). Nectar production in cassava. *Proceedings of the Tenth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*, held in Salvador, Bahia, Brazil, October 23-29, 1994.
- Halsey, M., Olsen, K., Taylor, N. & Chavarriaga-Aguirre, P. (2008). Reproductive biology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and isolation of experimental field trials. *Crop Science*, 48: 49-58.
- Hawkes, J. (1989). The ecological background of plant domestication. In *The domestication and exploitation of plants and animal*. Ucko & Dimbleby (eds.)
- Huahuasoncco, J. (2017). *Determinación, ciclo biológico, parámetros biológicos y crianza masiva del ácaro depredador nativo Neoseiulus californicus McGregor* (Acarí: Phytoseiidae). Tesis para optar el título profesional de Bióloga. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú.
- Inga, H. & López, J. (2001). *Diversidad de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en Jenaro Herrera, Loreto - Perú*. Documento técnico n.º 28, Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Iquitos – Perú. 49 pp.
- Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana [IIAP]. (2018). Conocimientos tradicionales vinculados a la yuca *Manihot esculenta* en el pueblo ticuna. Lima, Perú.
- Instituto Nacional de Cultura [INC]. (2003). *La ciudad sagrada de Caral - Supe*. R. Shady, & C. Leyva (Edits.) Lima, Perú: Fimart S.A.C.
- Instituto Nacional de Ecología [INE]. (2003). *Manual 3, Redes estaciones y equipos de medición de la calidad del aire*. Instituto Nacional de Ecología – México. 75 pp.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2012). IV Censo Nacional Agropecuario. Recuperado de <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam/>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2007). *Los cultivos nativos en las comunidades del Perú: Proyecto Perú Conservación in situ de los cultivos nativos y sus parientes silvestres*. Programa Nacional de Investigación en Recursos Genéticos. Recuperado de <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/727>
- Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA]. (2014). *Labores Culturales en el cultivo de Yuca, Hoja Divulgativa n.º 17*. Iquitos, Perú. Recuperado de http://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/232/1/HD-17-2014-Cultivo_de_yuca.pdf
- Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria [INTA]. (2016). *Cultivo de Yuca *Manihot esculenta* Crantz*. Costa Rica. Recuperado de <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/2999/1/BVE17068917e.pdf>

- Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria [INIEA]. (2006). *Manejo tradicional de semilla de los cultivos nativos del Perú. Proyecto conservación in situ de cultivos nativos y sus parientes silvestres*, PER/98/G33. Lima.
- Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria [INIEA]. (2006). *Manual para caracterización in situ de cultivos nativos. Proyecto conservación in situ de cultivos nativos y sus parientes silvestres*, PER/98/G33. Lima.
- Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria [INIEA]. (2007). *Catálogo de las colecciones nacionales. Banco de Germoplasma de la SUDIRGEB - INIEA*. Recuperado de <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/129>
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications [ISAAA]. (2020). GM approval database. Recuperado de <https://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp>
- IPBES (2016). Summary for policymakers of the assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services on pollinators, pollination and food production. Potts, S.G. et al. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 36 pages. Recuperado de https://ipbes.net/sites/default/files/spm_deliverable_3a_pollination_20170222.pdf
- Jaramillo, G. (2002). Recursos genéticos de *Manihot* en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). En *La Yuca en el tercer Milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Ospina & Ceballos (eds.). Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT n.º 327.
- Kawano, K., Amaya, A., Daza, P. & Rios, M. (1978). Factors affecting efficiency of hybridization and selection in cassava. *Crop Science* 18(3), 373-376. doi:10.2135/cropsci1978.0011183X001800030005x
- Korytkowski, C. & Sarmiento, A. (1961). *Hyperdiplosis* sp. (Dipt.: Cecidomyiidae), un Insecto formador de agallas en las hojas de la yuca. *Revista Peruana de Entomología* 10(1): 44-50.
- Kumar, N. (2011). *Studies on cytology, floral biology, seed morphometrics and oil content of jatropha l spp. for the selection of potential germplasm in ne-india*. Submitted To Gauhati University For The Award Of The Degree Of Doctor Of Philosophy (Ph.D) in Botany, Gauhati University, Faculty of Science , Gauhati.
- Lapeña, I. (2007). Semillas transgénicas en centros de origen y diversidad. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental- SPDA. Lima, Perú. Recuperado de https://repositorio.spda.org.pe/bitstream/20.500.12823/132/1/Semillas_transgenicas_2007.pdf
- Lebot, V. (2009). *Tropical root and tuber crops: cassava, sweet potato, yams, and aroids*. Crop production science in horticulture series 17. 413 pp. UK. doi:13: 978 1 84593 424 8
- Lefevre, F. & Charrier, A. (1993). Isozyme diversity within African *Manihot* germplasm. *Euphytica*, 66: 73-80.
- Ley n.º 26821. (1997). Participación ciudadana para el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%BO-26821.pdf>.
- Ley n.º 26834. (1997). Ley que norma los aspectos relacionados con la gestión de las Áreas Naturales Protegidas y su conservación. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%BO-26834.pdf>.
- Ley n.º 26839. (1997). Ley sobre la conservación y aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica. Publicado en El Peruano Diario Oficial Año XV n.º 6228, del 16 de julio de 1997. Perú. <http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%BO-26839.pdf>.
- Ley n.º 27104. (1999). Ley de prevención de riesgos derivados del uso de la biotecnología. Publicado en El Peruano Diario Oficial Año XVII n.º 6896, del 12 de mayo de 1999. Perú. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%BO-27104.pdf>
- Ley n.º 27262. (28 de junio de 2008). *Ley General de Semillas*, 17. Lima, Perú. [http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/LegislacionSemillas/Ley-GeneralSemillas\(Ley027262\)modificada.pdf](http://www.inia.gob.pe/wp-content/uploads/LegislacionSemillas/Ley-GeneralSemillas(Ley027262)modificada.pdf)
- Ley n.º 27811. (2002). Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los pueblos indígenas vinculados a los recursos biológicos. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/ley-que-establece-regimen-proteccion-conocimientos-colectivos-pueblos#:~:text=Ley%20N%C2%BO%2027811%20.,vinculados%20a%20los%20recursos%20biol%C3%B3gicos.&text=El%20presente%20dispositivo%20establece%20un,vinculados%20a%20los%20recursos%20biol%C3%B3gicos.>
- Ley n.º 27867. (2002). Ley Orgánica de Gobiernos Regionales. Publicado en El Peruano Diario Oficial 18 de noviembre de 2002. Perú. <https://www.gob.pe/institucion/gsru-amazonas/informes-publicaciones/2075969-ley-n-27867-ley-organica-de-gobiernos-regionales>
- Ley n.º 29763. (2011). Ley Forestal y de Fauna Silvestre. <https://leyes.congreso.gob.pe/Documentos/Leyes/29763.pdf>
- Ley n.º 29811. (2011). Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 10 años. Publicado en El Peruano Diario Oficial Año XXVIII n.º 11636, del 09 de diciembre de 2011. Perú. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%BO-29811.pdf>
- Ley n.º 31111. (2021). que modifica la Ley n.º 29811. Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 15 años, estableciendo su vigencia hasta el año 2035. <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/ley-que-modifica-la-ley-29811-ley-que-establece-la-moratoria-ley-n-31111-1917468-1/>.

- Lizárraga, A., García, G. & Burgos, A. (2008). *Red de Polinizadores del Perú*. Informe Final, RAAA, Lima.
- Lloyd, D., Barrett, H. & Spencer, C. (eds.) (1996). *Floral biology. Studies on floral evolution in animal - pollinated plants*. New York, U.S.A. International Thomson Publishing. doi:10.1007/978-1-4613-1165-2
- López, C., Restrepo, S. & Verdier, V. (2006). Limitaciones de la bacteriosis vascular de yuca. Nuevos avances. *Acta Biológica Colombiana* 11(1): 21-42. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2006000300002&lng=en&tlang=es.
- Lozada, T. (1991). Utilizacão de especies selvagens no melhoramento de mandioca: passado, presente e futuro. En *Mejoramiento genético de la yuca en América Latina*. CIAT. Hershey (Ed.).
- Maquera, D. & Santisteban, G. (1987). Crianza masiva de *Podisus* sp. (Hemp.:Pentatomidae). *Revista Peruana de Entomología* 29: 119-120.
- Martín, M., Nuñez, C., Zarate, R., Silverstein, S. & Del Aquila, M. (2019). Conocimientos tradicionales vinculados a la yuca *Manihot esculenta* (Euphorbiaceae) en tres comunidades ticuna del Perú. *Arnaldoa* 26(1): 339-358. <http://doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26116>
- McGovern, W. (1927). *Jungle Paths and Inca ruins*. London, Reino Unido.
- Mejía, K. (2002). *El género Manihot (yuca) en el Perú y sus parientes silvestres*. En *Memorias del Seminario – Taller: Parientes Silvestres de los Cultivos Nativos en el Perú*, 18 y 19 de octubre del 2002, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú; organizado por el Proyecto *In Situ* y la Universidad Nacional Agraria La Molina, pp 39-46.
- Meza, V. Y. (2014). *Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (Manihot Esculenta Crantz) en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco*. Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Agricultura Sustentable. Universidad Nacional Agraria la Molina. 76 pp.
- Midagri. (2021). Estadísticas Agrícolas. Lima, Perú. Recuperado de <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiODA1ZWMwZTgtNzU1ZSOONjZLTgyYj-QtMDFiZmY2ODQxMzZiIwidCI6IjdmMDg0NjI3LTdmNDAtNDg3OS04OTE3LTk0Yjg2ZmQzNWYzZiJ9>
- Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well being: Synthesis*. Island Press, Washington, DC. Recuperado de <https://www.millenniumassessment.org/es/Synthesis.html>
- MINAGRI. (2016). *Política Nacional Agraria*. Ministerio de Agricultura y Riego, Lima. Recuperado de https://www.midagri.gob.pe/portal/download/pdf/pcom/2019/PNA_VF2016.pdf
- Ministerio de Cultura. (2021). *Lista de pueblos indígenas u originarios*. Recuperado de https://bdpi.cultura.gob.pe/sites/default/files/archivos/paginas_internas/descargas/Lista%20de%20Pueblos%20Indi%CC%81genas%20u%20Originarios%202021.pdf
- Ministerio de Educación. (2013). Documento nacional de lenguas originarias del Perú. Recuperado de <https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Documento%20Nacional%20de%20Lenguas%20Originarias%20del%20Peru.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2010). *Perú: Economía y Diversidad Biológica*. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/pe-ru-economia-diversidad-biologica>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2014). Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021. Recuperado de <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/estrategia-nacional-diversidad-biologica-2021-plan-accion-2014-2018>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). *Informe final servicio de consultoría para el análisis sobre organismos y microorganismos del aire y suelos del maíz*. Recuperado de https://bioseguridad.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2018/07/ldb_maiz_organismosuelo_16.pdf
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2018). Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú. Recuperado de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/309735/Memoria_descriptiva_mapa_Nacional_de_Ecosistemas.pdf
- Miro, J. & Castillo, P. (2010). Especies de "mariquitas" (Coleoptera: Coccinellidae) en los frutales de Tumbes. *Revista Peruana de Entomología*, 46(1): 21 - 29.
- Moffatt, A. (2012). A comparative analysis of the relative water content of the pollen of early diverging angiosperms. *University of Tennessee Honors Thesis Projects*. Obtenido de https://trace.tennessee.edu/utk_chanhonopproj/1533
- Montaldo, A. (1985). La yuca o mandioca. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San Jose, Costa Rica. 386 pp.
- Montenegro, S. (2014). *Geografía del Perú*. Lima, Perú. Universidad Alas Peruanas.
- Nassar, N. (2000). Wild cassava, *Manihot* spp.: Biology and potentialities for genetic improvement. *Genetics and Molecular Biology* 23(1): 201-212.
- Nassar, N. (2006). Cassava in South America, Brazil's contribution and the lesson to be learned from India. *Genetics and Molecular Research*, 5(4), 688-695.
- Nassar, N., Hashimoto, D. & Fernandes, S. (2008). Wild *Manihot* species: botanical aspects, geographic distribution and economic value. *Genetics and Molecular Research* 7(1): 16-28. Recuperado de www.funpecrp.com.br
- National Biosafety Authority (NBA). (2021). NBA Board Approves Environmental Release Application for GM Cassava. <https://www.biosafetykenya.go.ke/images/NBA-Board-Approves-application-for-Genetically-Modified-Cassava-FINAL.pdf>

- Nelson, G., Rosegrant, M., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., Ringler, C., Msangi, S., Palazzo, A., Batka, M., Magalhaes, M., Valmonte-Santos, R., Ewing, M. & Lee, D. (2009). *Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI.
- Nordenskiold, E. (1931). Origin of the Indian civilizations in South America. New York, USA. Recuperado de <http://www.bibvirtual.ucb.edu.bo:8000/etnias/digital/106001962.pdf>
- OECD. (2016). Cassava (*Manihot esculenta*), in *Safety assessment of transgenic organisms in the environment*, Volume 6: OECD Consensus Documents, OECD Publishing, Paris. DOI: <https://doi.org/10.1787/9789264253421-6-en>
- Okogbenin, E., Setter, T., Ferguson, M., Mutegi, R., Ceballos, H., Olasanmi, B. & Fregene, M. (2013). Phenotypic approaches to drought in cassava. *Frontiers in physiology* 4:93. doi:10.3389/fphys.2013.00093
- Olsen, K. & Schaal, B. (1999). Evidence of the origin of cassava: Phylogeography of *Manihot esculenta*. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 96: 5586–5591. Evidence on the origin of cassava
- Olsen, K. & Schaal, B. (2007). Insights on the evolution of a vegetatively propagated crop species. *Molecular Ecology*, 16(14): 2838–2840. doi:10.1111/j.1365-294X.2007.03359.x
- Orlandini, P. (2016). O gênero *Manihot* mill. (Euphorbiaceae) na Amazônia Brasileira. Tesis presentada al Instituto de Biología da Universidade Estadual de Campinas como parte de los requisitos exigidos para la obtención del Título de Maestra en Biología Vegetal. 105 pp.
- Ortiz, M. (1977). El género *Frankliniella* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en el Perú. *Revista Peruana de Entomología* 20(1): 49–62.
- Ospina, B. & Ceballos, H. (2002). *La Yuca en el tercer Milenio. Sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Publicación CIAT n.º 327.
- Paes de Andrade, P., Parrott, W. & Roca, M. M. (2012). *Guía para la evaluación de riesgo ambiental de organismos genéticamente modificados*. São Paulo, Brasil. International Life Sciences Institute Brasil. Recuperado de <https://conacyt.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Guia-evaluacion-riesgo-OGMs.pdf>
- Pahuara, D. & Zuñiga, D. (2002). Efecto del fósforo sobre la población microbiana en suelos con población microbiana en suelos con pasturas en la zona altoandina de Junín. *Ecología Aplicada* 1(1): 57 – 64.
- Papadopoulou, N., Devos, J., Alvarez, F., Lanzoni, A. & Waigmann, E. (2012). Risk Assessment consideration for Genetically Modified RNAi Plants: EFSA's Activities and Perspective. *Frontiers in Plant Science* Vol. 11. <https://www.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2020.00445>, DOI=10.3389/fpls.2020.00445
- Pérez, J., Ceballos, H., Calle, F., Morante, N. & Lenis, J. (2011). Cassava Genetic Improvement. En CIAT, The Cassava Handbook. A Reference Manual based on the Asian Regional Cassava Training Course, held in Thailand. R.H. Howeler (Ed.) pp. 76–95.
- Proctor, M., Yeo, P. & Lack, A. (2012). *The natural history of pollination*. Collins 14 ST James's Place London.
- Pujol, B., Gigot, G., Laurent, G., Pinheiro-Kluppel, M., Elias, M., Hossaert, M. & McKey, D. (2002). Germination ecology of cassava (*Manihot esculenta* Crantz, Euphorbiaceae) in traditional agroecosystems: Seed and seedling biology of a vegetatively propagated domesticated plant. *Economic Botany*, 56(4): 366–379.
- Pulgar Vidal, J. (2014). Las ocho regiones naturales del Perú. *Terra Brasilis* (Nova Série) [En línea]. <http://journals.openedition.org/terrabrasilis/1027>; DOI: <https://doi.org/10.4000/terrabrasilis.1027>.
- Quispe, F., Marcelo, M., Rufina, B. & Ccapa, K. (2016). *Yuca, materiales promisorios para la seguridad alimentaria*. Instituto Nacional de Innovación Agraria [INIA] Lima – Perú. 47 pp.
- Ramos, E. & Zuñiga, D. (2008). Efecto de la humedad, temperatura y pH del suelo en la actividad microbiana a nivel de la boratoria. *Ecología Aplicada* 7(1-2): 123-130.
- Ramos, L., Pineda, L., Wasek, I. & Ceballos, W. M. (2019). Reproductive biology in cassava: stigma receptivity and pollen tube growth. *Communicative & Integrative Biology*, 12(1): 96–111. doi:10.1080/19420889.2019.1631110
- Rasmussen, C. & Lamas, G. (2011). Catalog of entomological types in the Museo de Historia Natural (MUSM), Lima, Perú: Hymenoptera. *Revista Peruana de Entomología* 46(2): 51–58.
- Rasmussen, C. (2003). Clave de identificación para las especies peruanas de *Bombus* Latreille, 1809 (Hymenoptera, Apidae), con notas sobre su biología y distribución. *Revista Peruana de Entomología* 43: 31–45.
- Redolfi, I. (1995). Diversidad de Braconidae (Hymenoptera) en el Perú. *Revista Peruana de Entomología* 37: 11–22.
- Resolución Legislativa n.º 26181. (1993). Que aprueba el Convenio sobre Diversidad Biológica adoptado en Río de Janeiro. Perú. <https://docs.peru.justia.com/federales/resoluciones-legislativas/26181-may-11-1993.pdf>.
- Restrepo, J., Angel, D. & Prager, M. (2000). *Agroecología*. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal, Inc. (CEDAF). Santo Domingo, República Dominicana.
- Rogers, D. (1963). Studies of *Manihot esculenta* Grantz and related species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 90(1): 43–54.

- Rojas, M. (2013). Capacidad predadora de los ácaros fitoseídos *Euseius stipulatus* (Athias - Henriot) y *Amblyseius chungas Denmark y Muma* sobre *Oligonychus punicae Hirst* (Acarinfa: Tetranychidae) en laboratorio. Tesis para optar el título de Biólogo, Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ciencias Biológicas. Perú. 65 pp.
- Safford, W. (1927). Food plants and textiles of ancient America. En W. Holmes, *Proceedings of the Second Pan American Scientific Congress* (págs. 146-178). Washington.
- Sans, F. (2007). La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16(1): 44-49.
- Sauer, C. (1950). Cultivated plants of South and Central America. In *Handbook of South American Indians*, J.H. Steward (ed.). Smithsonian Institution Bureau of American Ethnology. Bulletin 143(6): 487-543.
- Schwerin, K. (1970). Apuntes sobre la yuca y sus orígenes. Boletín informativo antropología. Caracas: Asociación Venezolana de Sociología.
- Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica. (2000). Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Montreal, Quebec, Canadá. Autor. <https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/cartagena-protocol-es.pdf>
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2011). Protocolo suplementario de Nagoya-Kuala Lumpur sobre Responsabilidad y Compensación. <https://repositoriodigital.minam.gob.pe/handle/123456789/883>
- Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica. (2011a). Protocolo de Nagoya sobre acceso a los recursos genéticos y participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de su utilización al convenio sobre la diversidad biológica. Montreal, Canadá.
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria [Senasa]. (2013). Memoria anual 2013. Subdirección de Control Biológico, Lima. Recuperado de https://repositorio.senasa.gob.pe:8443/bitstream/SENASA/170/1/2013_Marquez_Memoria-anual-2013.pdf
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [Senasa]. (2014). Crisopas. Senasa-DSV-SCB-CIU, Ficha técnica 2. Recuperado de https://repositorio.senasa.gob.pe:8443/bitstream/SENASA/266/1/2014_Salcedo_Ficha-tecnica-2-Crisopas.pdf
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [Senasa]. (2017). Senasa fortalece acciones de erradicación contra el gusano cachón de la yuca. Lima, Perú. Recuperado de <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/senasa-fortalece-acciones-de-erradicacion-contra-gusano-cachon-de-la-yuca/#:~:text=El%20Servicio%20Nacional%20de%20Sanidad,de%20yuca%20y%20plantaciones%20forestales>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [Senasa]. (2020). Guía para la implementación de buenas prácticas agrícolas (BPA) para el cultivo de yuca. Lima, Peru: Recuperado de <https://www.senasa.gob.pe/senasa/descargasarchivos/2020/07/Guia-BPA-YUCA.pdf>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [Senasa]. (2020). Situación de la producción orgánica nacional al año 2020. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3464728/Situaci%C3%B3n%20de%20la%20producci%C3%B3n%20org%C3%A1nica%20al%20a%C3%B1o%202020.pdf>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [Senasa]. (2021). Situación de la producción orgánica nacional al año 2021. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3516526/Situaci%C3%B3n%20de%20la%20producci%C3%B3n%20org%C3%A1nica%20al%20a%C3%B1o%202021.pdfv>
- Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú [Senasa]. (2022). Plagas de la yuca. Sistema integrado de gestión de sanidad vegetal (SIGSVE).
- Supanta, L. (2017). La temperatura sobre la biología de *Encarsia tabacivora Viggiani* (Hym.:Aphelinidae) parasitoide de *Bemisia tabaci Gennadius* (Hem.:Aleyrodidae). Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 1141 pp.
- Tapia, M. & Fries, A. (2007). Guía de campo de los cultivos andinos. FAO y ANPE, Lima, Perú.
- Tapia, M. (1997). Zonificación Agroecológica basada en el uso de la tierra, el conocimiento local y las alternativas de producción. Centro Internacional de la Papa (CIP), 1997. Lima, Perú. Pp. 53 - 66. Versión digital. Recuperado de <https://docplayer.es/33836971-Zonificaci%C3%B3n-agroecolog%C3%ADca-basada-en-el-uso-de-la-tierra-el-conocimiento-local-y-las-alternativas-de-producci%C3%B3n.html>
- Tello, J. (2005). El medio geográfico. La región arqueológica del centro andino. En Paracas. UNMSM, Fondo Editorial; New York: Institute of Andean Research, Recuperado de https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/historia/paracas_1/05_cap01.pdf
- The Catalogue of Life Partnership. (2017). APGIV: Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/fzuaam> accessed via GBIF.org on 2022-03-15
- Umanah, E. & Hartmann, R. (1973). Chromosome number and karyotypes of some *Manihot* species. *Journal of American Society for Horticultural Science*, 98(3), 272-274. Recuperado el 2 de diciembre de 2019, de www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe?IsisScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresi%039n=mfn=039606
- Valladares, P. (2011). El discurso exótico en el Compendio y descripción de las Indias occidentales de Antonio Vázquez de Espinosa (1628-1629). *eHumanista* 17: 460-477.
- Vargas, O. (1983). Daño económico causado por moscas blancas en el cultivo de yuca. Semanarios Internos. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Vavilov. (1992). Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press.

VMA-Bioversity. (2010). Los parientes silvestres del cultivo de la yuca en Bolivia. Estado de conocimiento y acciones de conservación propuestas. Imprenta Sagitario. La Paz, Bolivia. 166 p.

Wagaba, H., Beyene, G., Aleu, J., Odipio, J., Okao-Okuja, G., Chauhan, R.D., Munga, T., Obiero, H., Halsey, M.E., Ilyas, M., Raymond, P., Bua, A., Taylor, N.J., Miano, D. & Alicai, T. (2017). Field level RNAi-mediated resistance to cassava brown streak disease across multiple cropping cycles and diverse East African Agro-Ecological Locations. *Front. Plant Sci.* 7:2060. doi: 10.3389/fpls.2016.02060.

Wang, C., Lentini, Z., Tabares, E., Quinteros, M., Ceballos, H., Dedicova, B., Sautter, C., Olaya, C. & Zhang, P. (2010). Microsporogenesis and pollen formation in cassava. *Biologia Plantarum* 55(3): 469-478.

Wang, W., Feng, B., Xiao, J., Xia, Z., Zhou, X., Li, P., . . . Zhang, P. (2014). Cassava genome from a wild ancestor to cultivated varieties. *Nat. Commun.* 5:5110 doi: 10.1038/ncomms6110

Winfree, R., Reilly, J., Bartomeus, I., Cariveau, D., Williams, N. & Gibbs, J. (2018). Species turnover promotes the importance of bee diversity for crop pollination at regional scales. *Science*, 359 (6377): 791-793. doi:10.1126/science.aoa2117

Yacovleff, E. & Herrera, F. (1935). El mundo vegetal de los antiguos peruanos. Extracto de la Revista del Museo Nacional de Lima, tomo III (2) y IV (1), años 1934 y 1935.



Anexos

ANEXO 1. Departamentos, provincias y distritos prospectados

Departamento	Provincia	Número	Distrito	Urbigeo
San Martín	Tocache	1	Nuevo Progreso	221002
		2	Pólvora	221003
		3	Shunte	221004
		4	Tocache	221001
		5	Uchiza	221005
San Martín	Mariscal Cáceres	6	Campanilla	220602
		7	Huicungo	220603
		8	Juanjuí	220601
		9	Pachiza	220604
		10	Pajarillo	220605
		11	Alto Saposoa	220402
		12	El Eslabón	220403
		13	Piscoyacu	220404
		14	Sacanche	220405
		15	Saposoa	220401
San Martín	Huallaga	16	Tingo de Saposoa	220406
		17	Alto Biavo	220202
		18	Bajo Biavo	220203
		19	Huallaga	220204
		20	Agua Blanca	220302
		21	San José de Sisa	220301
		22	San Martín	220303
		23	Santa Rosa	220304
		24	Shatoja	220305
		25	Buenos Aires	220702
San Martín	El Dorado	26	Caspisapa	220703
		27	Picota	220701
		28	Pilluana	220704
		29	Pucacaca	220705
		30	Shamboyacu	220708
		31	Tingo de Ponasa	220709
		32	Tres Unidos	220710
San Martín	Picota			

Departamento	Provincia	Número	Distrito	Ubigeo
San Martín	San Martín	33	Cacatachi	220903
		34	Chazuta	220904
		35	El Porvenir	220906
		36	Huimbayoc	220907
		37	Juan Guerra	220908
		38	La Banda de Shilcayo	220909
		39	Morales	220910
		40	Sauce	220913
		41	Shapaja	220914
		42	Tarapoto	220901
		43	Alonso de Alvarado	220502
		44	Barranquita	220503
		45	Caynarachi	220504
San Martín	Lamas	46	Cuñumbuqui	220505
		47	Lamas	220501
		48	Pinto Recodo	220506
		49	Rumisapa	220507
		50	San Roque de Cumbaza	220508
		51	Shanao	220509
		52	Tabalosos	220510
		53	Zapatero	220511
		54	Jepelacio	220104
		55	Moyobamba	220101
		56	Soritor	220105
		57	Yantalo	220106
		58	Awajún	220802
Moyobamba	Rioja	59	Elías Soplín Vargas	220803
		60	Nueva Cajamarca	220804
		61	Pardo Miguel	220805
		62	Rioja	220801
		63	Yorongos	220808

Departamento	Provincia	Número	Distrito	Ubigeo
Junín	Chanchamayo	64	Chanchamayo	120301
		65	Perené	120302
		66	Pichanaqui	120303
		67	San Luis de Shuaro	120304
		68	San Ramón	120305
	Satipo	69	Vitoc	120306
		70	Covirialí	120602
		71	Llaylla	120603
		72	Mazamari	120604
		73	Pampa Hermosa	120605
Pasco	Oxapampa	74	Pangoa	120606
		75	Río Negro	120607
		76	Río Tambo	120608
		77	Satipo	120601
		78	Chontabamba	190302
		79	Constitución	190308
		80	Huancabamba	190303
		81	Oxapampa	190301
		82	Palcazú	190304
		83	Pozuzo	190305
Ucayali	Coronel Portillo	84	Puerto Bermúdez	190306
		85	Villa Rica	190307
		86	Callería	250101
		87	Campoverde	250102
		88	Iparia	250103
		89	Manantay	250107
		90	Masisea	250104
		91	Nueva Requena	250106
		92	Yarinacocha	250105
		93	Curimana	250303
	Padre Abad	94	Irazola	250302
		95	Padre Abad	250301
		96	Raymondi	250201
		97	Sepahua	250202
		98	Tahuania	250203
	Atalaya	99	Yurua	250204
		100	Purús	250401

Departamento	Provincia	Número	Distrito	Ubigeo
Huánuco	Leoncio Prado	Huamalíes	Monzón	100507
		Huánuco	Chinchao	100103
		103	Daniel Alomía Robles	100602
		104	Hermilio Valdizán	100603
		105	José Crespo y Castillo	100604
		106	Luyando	100605
		107	Mariano Damaso Beraún	100606
		108	Rupa-Rupa	100601
		109	Cholón	100702
		110	Chaglla	100802
Tumbes	Zarumilla	111	Codo Del Pozuzo	100902
		112	Honoría	100903
		113	Puerto Inca	100901
		114	Tournavista	100904
		115	Yuyapichis	100905
		116	Aguas Verdes	240302
		117	Zarumilla	240301
		118	Papayal	240304
		119	Matapalo	240303
		120	Tumbes	240101
Piura	Ayabaca	121	San Juan de La Virgen	240106
		122	Corrales	240102
		123	Zorritos	240201
		124	Casitas	240202
		125	Tambogrande	200114
		126	Ayabaca	200201
		127	Pacaipampa	200206
		128	Paimas	200207
		129	Suyo	200210
		130	El Carmen de La Frontera	200303
Piura	Huancabamba	131	Huarmaca	200304
		132	Sondor	200307
		133	Chalaco	200403
		134	Chulucanas	200401
		135	La Matanza	200404
		136	Morropón	200405
		137	Santa Catalina de Mossa	200408
		138	Santo Domingo	200409

Departamento	Provincia	Número	Distrito	Ubigeo
La Libertad	Sánchez Carrión	Bolívar	Longotea	130304
		Chepén	Pacanga	130402
		141	Ongón	130807
		142	Taurija	130812
		143	Chugay	130902
		144	Cochorco	130903
		145	Sartimbamba	130908
		146	Laredo	130106
		147	Chao	131202
		148	Virú	131201
Cajamarca	Santa Cruz	149	Chumuch	60302
		150	Oxamarca	60308
		151	Catache	61303
		152	Canchaybaños	61304
		153	La Esperanza	61305
		154	Pulán	61307
		155	Santa Cruz	61301
		156	Sauce Pampa	61308
		157	Chalamarca	60419
		158	Chimbán	60405
Chota	Cutervo	159	Choropampa	60406
		160	Cochabamba	60407
		161	Huambos	60409
		162	Llama	60411
		163	Miracosta	60412
		164	Pión	60414
		165	Querocoto	60415
		166	Tacabamba	60417
		167	Tocmoche	60418
		168	Callayuc	60602
Cajamarca	Cutervo	169	Choros	60603
		170	Cujillo	60604
		171	Cutervo	60601
		172	Pimpingos	60606
		173	Querecotillo	60607
		174	San Andres De Cutervo	60608
		175	Santa Cruz	60611
		176	Santo Domingo de La Capilla	60612
		177	Santo Tomas	60613
		178	Socota	60614
Cajamarca	Cutervo	179	Toribio Casanova	60615

Departamento	Provincia	Número	Distrito	Ubigeo
Cajamarca	Jaén	180	Bellavista	60802
		181	Chontali	60803
		182	Colasay	60804
		183	Huabal	60805
		184	Jaén	60801
		185	Las Pirias	60806
		186	Pomahuaca	60807
		187	Pucará	60808
		188	Sallique	60809
		189	San Felipe	60810
Amazonas	San Ignacio	190	San José del Alto	60811
		191	Santa Rosa	60812
		192	Tabaconas	60907
		193	Chirinos	60902
		194	Huarango	60903
		195	La Coipa	60904
		196	Namballe	60905
		197	San Ignacio	60901
		198	San José de Lourdes	60906
		199	Aramango	10202
Loreto	Bagua	200	Bagua	10201
		201	Copallín	10203
		202	Imaza	10205
		203	La Peca	10206
		204	Chuquibamba	10106
		205	El Cenepa	10402
		206	Nieva	10401
		207	Río Santiago	10403
		208	Camporredondo	10502
		209	Ocumal	10513
Ucayali	Luya	210	Chirimoto	10602
		211	Huambo	10604
		212	Limabamba	10605
		213	Milpuc	10608
		214	Omia	10609
		215	San Nicolás	10601
		216	Santa Rosa	10610

Departamento	Provincia	Número	Distrito	Ubigeo
Amazonas	Utcubamba	217	Bagua Grande	10701
		218	Cajaruro	10702
		219	Cumba	10703
		220	El Milagro	10704
		221	Jamalca	10705
		222	Lonya Grande	10706
		223	Yamon	10707
		224	Fitzcarrald	170202
		225	Huepetuhe	170204
		226	Madre de Dios	170203
Madre De Dios	Manu	227	Manu	170201
		228	Iberia	170302
		229	Iñapari	170301
		230	Tahuamanu	170303
		231	Inambari	170102
		232	Laberinto	170104
		233	Las Piedras	170103
		234	Tambopata	170101
		235	Masenriche	160703
		236	Andoas	160706
Loreto	Tambopata	237	Barranca	160701
		238	Cahuapanas	160702
		239	Morona	160704
		240	Pastaza	160705
		241	Nauta	160301
		242	Parinari	160302
		243	Tigre	160303
		244	Trompeteros	160304
		245	Urarinas	160305
		246	Pebas	160402
Loreto	Daten Del Marañón	247	Ramón Castilla	160401
		248	San Pablo	160404
		249	Yavari	160403
		250	Alto Nanay	160102
		251	Belén	160112
		252	Fernando Lores	160103
		253	Indiana	160104
		254	Iquitos	160101
		255	Las Amazonas	160105
		256	Mazán	160106
Maynas	Mariscal Ramón Castilla	257	Napo	160107
		258	Punchana	160108
		259	Putumayo	160109
		260	San Juan Bautista	160113

Departamento	Provincia	Número	Distrito	Ubigeo
Loreto	Requena	261	Balsapuerto	160202
		262	Jeberos	160205
		263	Lagunas	160206
		264	Santa Cruz	160210
		265	Teniente Cesar López Rojas	160211
		266	Yurimaguas	160201
		267	Alto Tapiche	160502
		268	Emilio San Martín	160504
Ayacucho	Ucayali	269	Maquia	160505
		270	Requena	160501
		271	Saqueña	160507
		272	Soplin	160508
		273	Yaquerana	160511
		274	Contamana	160601
		275	Inahuaya	160602
		276	Padre Márquez	160603
		277	Pampa Hermosa	160604
		278	Sarayacu	160605
		279	Vargas Guerra	160606
		280	Llochegua	50408
Cusco	Huanta	281	Sivia	50407
		282	Anco	50502
		283	Ayna	50503
		284	Samugari	50509
		285	Santa Rosa	50507
		286	Yanatile	80408
		287	Echarate	80902
		288	Kimbiri	80907
		289	Ocobamba	80905
		290	Pichari	80910
		291	Quellouno	80906
		292	Vilcabamba	80909
Puno	La Convención	293	Maranura	80904
		294	Kosñipata	81106
		295	Camanti	81203
		296	Ayapata	210303
		297	Coasa	210304
		298	San Gabán	210309
		299	Alto Inambari	211209
		300	Limbani	211203
		301	San Juan del Oro	211207
		302	San Pedro de Putina Punco	211210
		303	Yanahuaya	211208

ANEXO 2. Variedades nominales o nombres comunes registradas en el ámbito de estudio

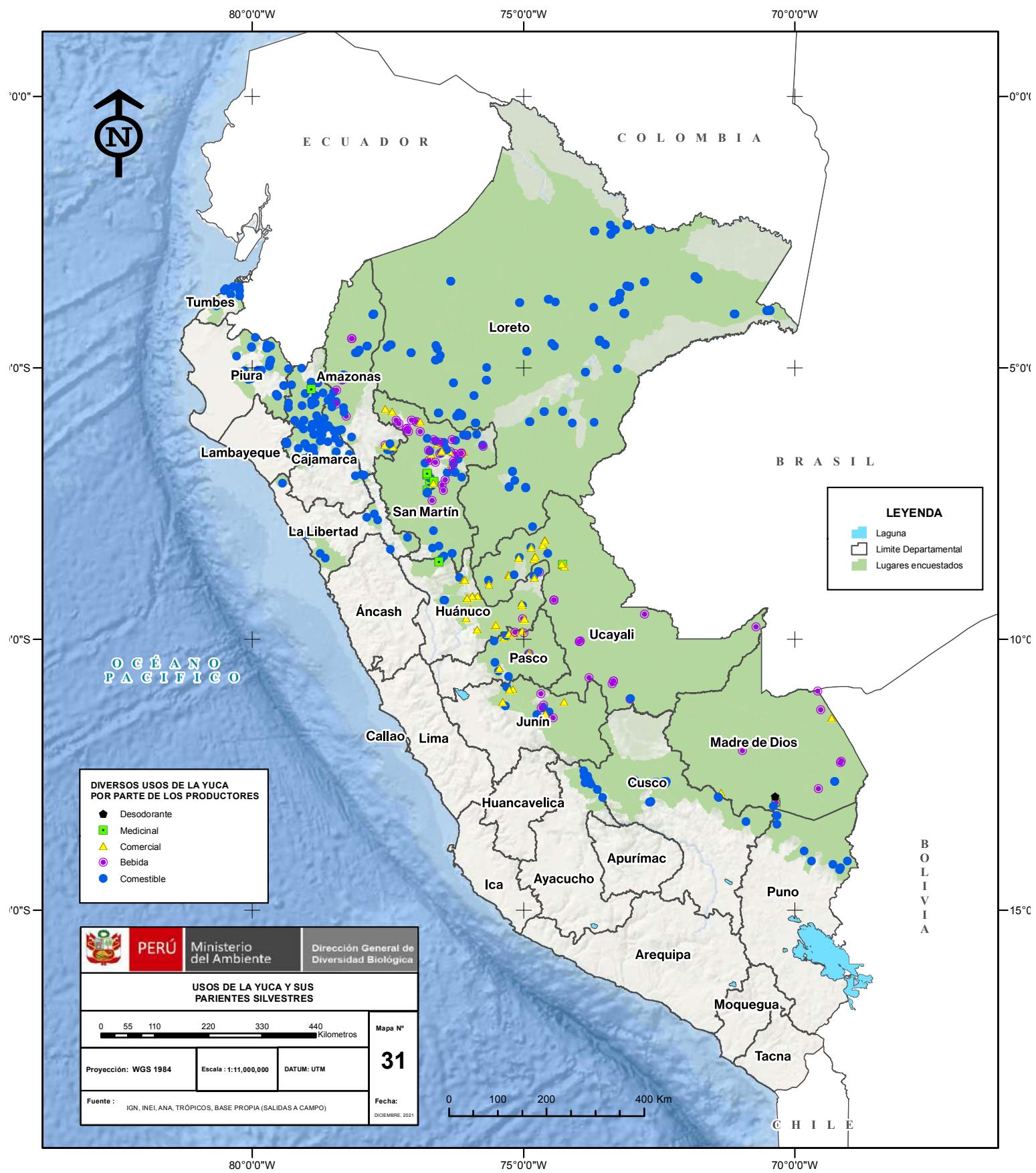
N.º	Especie	Nombres comunes o denominaciones locales de la yuca	Número. de registros por región																
			Amazonas	Ayacucho	Cajamarca	Cusco	Huánuco	Junín	La Libertad	Loreto	Madre de Dios	Pasco	Piura	Puno	San Martín	Tumbes	Ucayali	Total	
1	Manihot esculenta	Amarilla	7	7	42	11	28	22	3	19	11	50	0	9	28	0	12	249	
2	Manihot esculenta	Amarilla awajún	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
3	Manihot esculenta	Andrea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	
4	Manihot esculenta	Antuc mama	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	
5	Manihot esculenta	Añiera	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	
6	Manihot esculenta	Arpon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
7	Manihot esculenta	Arpon rumo	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	
8	Manihot esculenta	Blanca	17	4	30	8	29	11	11	23	33	6	0	8	45	0	11	236	
9	Manihot esculenta	Blanca awajún	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
10	Manihot esculenta	Camerún	0	0	0	0	2	19	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	25
11	Manihot esculenta	Cashibo blanco	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
12	Manihot esculenta	Casiteña	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
13	Manihot esculenta	Chaco venero	0	2	0	5	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	9	
14	Manihot esculenta	Chicoltilla	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
15	Manihot esculenta	Chiflera	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
16	Manihot esculenta	Chilena	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
17	Manihot esculenta	Ubicaniri	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
18	Manihot esculenta	Chiwanrayu	0	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	
19	Manihot esculenta	Colombiana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	48	0	0	48	
20	Manihot esculenta	Colorada	4	2	18	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	18	0	50	
21	Manihot esculenta	Comercial	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	31	
22	Manihot esculenta	Conga	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	
23	Manihot esculenta	Cuatromesina	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	
24	Manihot esculenta	Diezmesino	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	
25	Manihot esculenta	Docemesino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
26	Manihot esculenta	Guía Roja	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27	Manihot esculenta	Huallabal	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
28	Manihot esculenta	Huarinchi	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	9	
29	Manihot esculenta	Huayabina	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	

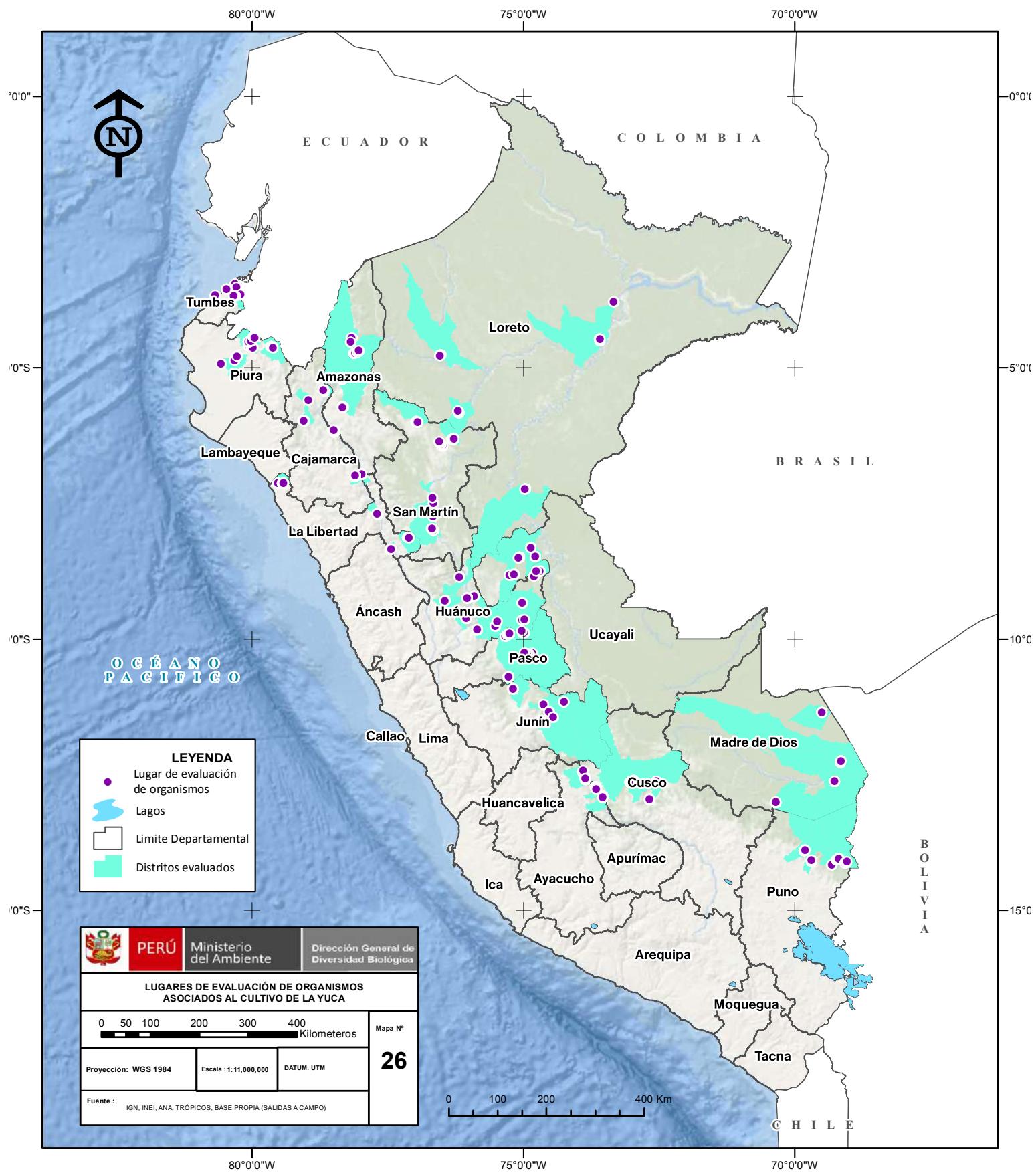
N.º	Especie	Nombres comunes o denominaciones locales de la yuca	Número de registros por región															
			Amazonas	Ayacucho	Cajamarca	Cusco	Huánuco	Junín	La Libertad	Loreto	Madre de Dios	Pasco	Piura	Puno	San Martín	Tumbes	Ucayali	Total
30	<i>Manihot esculenta</i>	Humishina	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	83	0	0	84
31	<i>Manihot esculenta</i>	Inguiri rumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	23
32	<i>Manihot esculenta</i>	Injerta	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	14
33	<i>Manihot esculenta</i>	Juvenia	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
34	<i>Manihot esculenta</i>	Kapantu mama	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
35	<i>Manihot esculenta</i>	Lengua de shiwi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
36	<i>Manihot esculenta</i>	Lobera	0	0	0	0	0	0	0	23	0	0	0	0	0	0	0	23
37	<i>Manihot esculenta</i>	Lorillo añero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
38	<i>Manihot esculenta</i>	Lupuna rumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	0	0	12
39	<i>Manihot esculenta</i>	Machala	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0	19	0	0	0	0	26
40	<i>Manihot esculenta</i>	Machaleña	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	5	0	13
41	<i>Manihot esculenta</i>	Mestiza	20	0	65	0	0	0	16	0	0	0	0	0	6	0	0	107
42	<i>Manihot esculenta</i>	Montaña	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
43	<i>Manihot esculenta</i>	Morada	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7
44	<i>Manihot esculenta</i>	Morropana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	5	0	11
45	<i>Manihot esculenta</i>	Motelina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
46	<i>Manihot esculenta</i>	Muncha grande	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
47	<i>Manihot esculenta</i>	Navajilla	10	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	26
48	<i>Manihot esculenta</i>	Negrilla	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
49	<i>Manihot esculenta</i>	Negrita	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
50	<i>Manihot esculenta</i>	Nieve	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
51	<i>Manihot esculenta</i>	Palo blanco	0	0	0	0	0	0	0	57	0	0	0	0	9	0	0	66
52	<i>Manihot esculenta</i>	Palo Colorado	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4
53	<i>Manihot esculenta</i>	Palo derecho	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	7
54	<i>Manihot esculenta</i>	Palo largo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
56	<i>Manihot esculenta</i>	Palo verde	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	14	0	0	18	0	52
57	<i>Manihot esculenta</i>	Panti	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	9
58	<i>Manihot esculenta</i>	Parrillera	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	31	0	0	31
59	<i>Manihot esculenta</i>	Pata de paloma	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	12
60	<i>Manihot esculenta</i>	Pata de pugo	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
61	<i>Manihot esculenta</i>	Paum mama	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
62	<i>Manihot esculenta</i>	Peralta	0	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	10

N.º	Especie	Nombres comunes o denominaciones locales de la yuca	Número. de registros por región															
			Amazonas	Ayacucho	Cajamarca	Cusco	Huánuco	Junín	La Libertad	Loreto	Madre de Dios	Pasco	Piura	Puno	San Martín	Tumbes	Ucayali	Total
63	<i>Manihot esculenta</i>	Piririka	0	0	0	0	0	0	21	0	0	0	0	0	0	0	21	
64	<i>Manihot esculenta</i>	Provinciana	0	0	6	0	0	0	3	0	0	0	8	0	0	0	17	
65	<i>Manihot esculenta</i>	Pucalpeña	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	
66	<i>Manihot esculenta</i>	Pucauquino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
67	<i>Manihot esculenta</i>	Ramisapa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
68	<i>Manihot esculenta</i>	Rosada	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	9	
69	<i>Manihot esculenta</i>	Satum mama	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	
70	<i>Manihot esculenta</i>	Sauce	9	0	21	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	34	
71	<i>Manihot esculenta</i>	Saucilla	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
72	<i>Manihot esculenta</i>	Seismecina	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	8	0	20	32
73	<i>Manihot esculenta</i>	Señorita	0	0	0	0	7	0	0	98	0	0	0	0	2	0	9	116
74	<i>Manihot esculenta</i>	Shausho alto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
75	<i>Manihot esculenta</i>	Sietemesina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
76	<i>Manihot esculenta</i>	Siwairo	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	8
77	<i>Manihot esculenta</i>	Tarapoteña	26	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	41
78	<i>Manihot esculenta</i>	Tarapotina	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
79	<i>Manihot esculenta</i>	Tataka	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	6
80	<i>Manihot esculenta</i>	Tijererita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
81	<i>Manihot esculenta</i>	Tijerilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
82	<i>Manihot esculenta</i>	Tijerita	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	0	0	21
83	<i>Manihot esculenta</i>	Tresmesino	0	0	0	0	0	0	0	8	7	0	0	0	32	0	9	56
84	<i>Manihot esculenta</i>	Tuctano	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
85	<i>Manihot esculenta</i>	Soltero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
86	<i>Manihot esculenta</i>	Unjam mama	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
87	<i>Manihot esculenta</i>	Ushina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	4
88	<i>Manihot esculenta</i>	Vacacho	0	5	0	7	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	15
89	<i>Manihot esculenta</i>	Varillita	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
90	<i>Manihot esculenta</i>	Varillona	7	0	11	0	0	0	0	0	6	0	11	0	0	0	0	35
91	<i>Manihot esculenta</i>	Verde	11	0	4	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	17
92	<i>Manihot esculenta</i>	Wiracucha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3

N.º	Especie	Nombres comunes o denominaciones locales de la yuca	Número de registros por región															
			Amazonas	Ayacucho	Cajamarca	Cusco	Huánuco	Junín	La Libertad	Loreto	Madre de Dios	Pasco	Piura	Puno	San Martín	Tumbes	Ucayali	Total
93	<i>M. leptophylla</i> ; <i>M. anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i> ; <i>M. brachyloba</i> ; <i>M. peruviana</i>	Yuca de monte	0	5	0	7	0	4	0	2	9	0	0	0	0	0	4	31
94	<i>M. leptophylla</i> ; <i>M. anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	Yuca de venado	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	9	10
95	<i>Manihot esculenta</i>	Yuca enana	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
96	<i>M. brachyloba</i>	Yuca silvestre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
97	<i>M. leptophylla</i> ; <i>M. brachyloba</i> ; <i>M. peruviana</i>	Yuquilla	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	4	0	0	6
98	<i>M. anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i>	Sacha rumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
99	<i>M. peruviana</i>	Sacha yuca	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	16
100	<i>M. brachyloba</i>	Sacha de monte	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
101	<i>M. leptophylla</i> ; <i>M. anomala</i> subsp. <i>pavoniana</i> ; <i>M. brachyloba</i> ; <i>M. peruviana</i>	Yuca yuca	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	8	
102	<i>M. peruviana</i>	Sacha rumo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
N.º de denominaciones locales de la yuca			20	12	18	13	9	7	7	16	9	10	10	12	33	5	12	







ANEXO 3. Descripción de variedades nominales más frecuentes en las zonas de prospección.

La descripción varietal se hace desde las perspectivas del conocimiento tradicional o del conocimiento científico, que consideran un grupo clave de caracteres, que tienen como finalidad permitir una fácil y rápida discriminación entre fenotipos, generalmente son altamente heredables y puede ser observados a simple vista, expresándose de manera similar en todos los ambientes. A continuación, se hace la descripción de las variedades sobre la base de un grupo mínimo de descriptores considerados como claves (Alercia, 2011; INIEA, 2006) de acuerdo a la secuencia del desarrollo de la planta. Cabe indicar que, en las descripciones encontradas en la literatura, no se consideran todos los descriptores.

N.º	Descriptor
1	Color de tallo
2	Color de la primera hoja totalmente expandida
3	Forma del lóbulo central
4	Color de hojas apicales no expandidas
5	Color de peciolo
6	Pubescencia de hojas jóvenes
7	Forma de raíz reservante
8	Constricciones de raíz reservante
9	Textura de la superficie de la raíz reservante
10	Color de superficie de raíz
11	Color de la superficie externa de corteza (felodermo) de las raíces
12	Color de pulpa de raíz

Yuca amarilla

La denominación amarilla fue registrada en los 15 departamentos de estudio, en un total de 256 veces (amarilla y amarilla awajún). Esta variedad es una planta erecta, mide hasta 1.20 m de altura. Tiene un eje con 2 o 3 ramas. Tallo verde con rayas verticales, rojo cuando joven y pardo en la madurez. Hojas de color rojo claro, pecíolo rojo claro de 18 a 20 cm, limbo palmatihendido de 5 a 7 lóbulos aovados, base auriculada, ápice atenuado, margen entero, verde oscuro de 15 a 18 cm, nervadura principal rojo claro en la base, hacia el ápice verde amarillento, de 10 a 13 pares de nervaduras secundarias, verde amarillentas. Cicatriz foliar moderadamente prominente, distancia internodal de 12 a 18 cm, látex blanco lechoso, de regular abundancia. Flor femenina y masculina con sépalos de 7 mm, verdes amarillentos con ovario de 3 mm de color verde y estambres amarillos de 7 mm, respectivamente. Fruto verde de 1.2 cm de diámetro y 6 aristas verdes; raíz tuberosa de cáscara parda clara, felodermo blanco y parénquima amiláceo de color amarillo (Inga & López, 2001).

Así también, la yuca amarilla es descrita por Mejía (2002), como una planta de porte mediano y compacto, con hoja lineal, verde oscuro y peciolo rojo. Raíz de corteza externa marrón claro, corteza interna crema, pulpa amarilla. Crece en restinga baja, produce a los 6 meses y se usa para fariña (por el color).



Figura A5.1 Yuca amarilla (distrito Callería, provincia Coronel Portillo, departamento de Ucayali). a) Forma de crecimiento, b) floración, c) hojas.

Yuca arpón rumo

Plantas arbustivas con raíces que presentan la cutícula de color marrón y con rizodermis de color cobrizo oscuro, con la pulpa de color amarillo. El tallo es de color marrón claro, con tres nudos en 10 cm, con 4 cm de distancia entre los nudos. El pecíolo es de color verde claro, de 10.5 cm de largo y 3.1 de ancho. Las estípulas son acrecentes de 2.5 mm de largo. Las hojas jóvenes son de color verde, con 7 lóbulos, de 9 cm de largo y 12 cm de ancho. Las hojas adultas tienen 9 lóbulos. La forma del lóbulo central es elíptica, con 2.5 cm de ancho. De ápice agudo, con base truncada y el lóbulo central con 10 venas secundarias, con un ángulo entre las venas principales de 186°. Esta variedad puede ser cosechada a partir de los 6 meses. Por lo general es usada para elaborar fariña, beshú y tapioca, debido a que posee un almidón de muy buena calidad (IIAP, 2018).

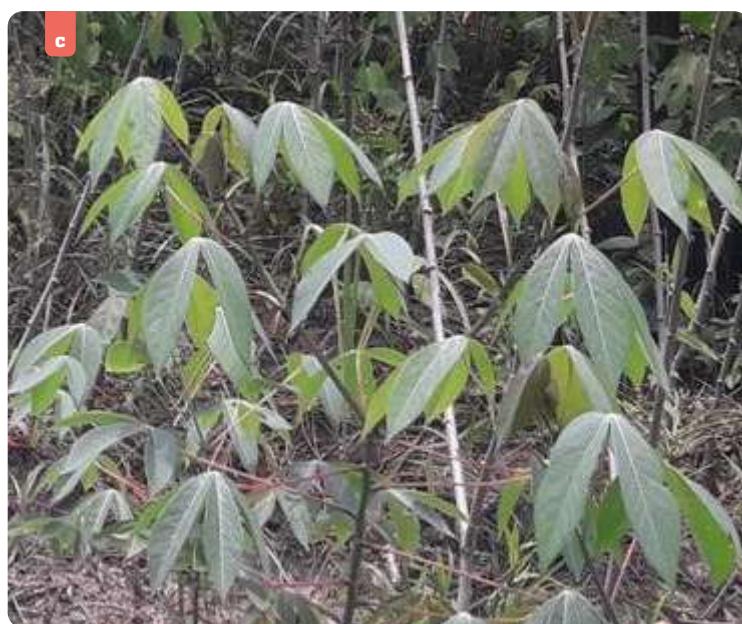


Figura A5.2. Yuca arpón rumo (distrito Saquena, provincia Requena, departamento de Loreto). a) Planta, b) forma de crecimiento, c) hojas.

Yuca colombiana

Planta erecta de 2 a 3 m, con un eje de 2 o 3 ramas. Tallo verde claro cuando es joven y pardo en la madurez. Hoja de color verde amarillento, pecíolo en su parte posterior, color rojo con rayas amarillas de 18 a 20 cm, limbo palmatiendi- do de 5 a 7 lóbulos, base auriculada, ápice aciculado, lóbulos aovados, margen entero de 20 a 22 cm, nervadura principal verde amarillenta, nervaduras secundarias verde amarillen- tas de 13 a 15 pares. Cicatriz foliar moderadamente pro- minente, distancia internodal de 18 a 22 cm, látex blanco lechoso de regular abundancia. Flor femenina y masculina, sépalos verde amarillentos de 5 a 7 mm. Ovario verde de 3 mm y estambres amarillos de 8 mm de largo. Fruto verde de 1.5 a 2.5 cm de diámetro con 6 aristas rojas. Raíz tuberosa con cáscara parda, felodermo blanco y parénquima amilá- ceo de color blanco (Inga & López, 2001).

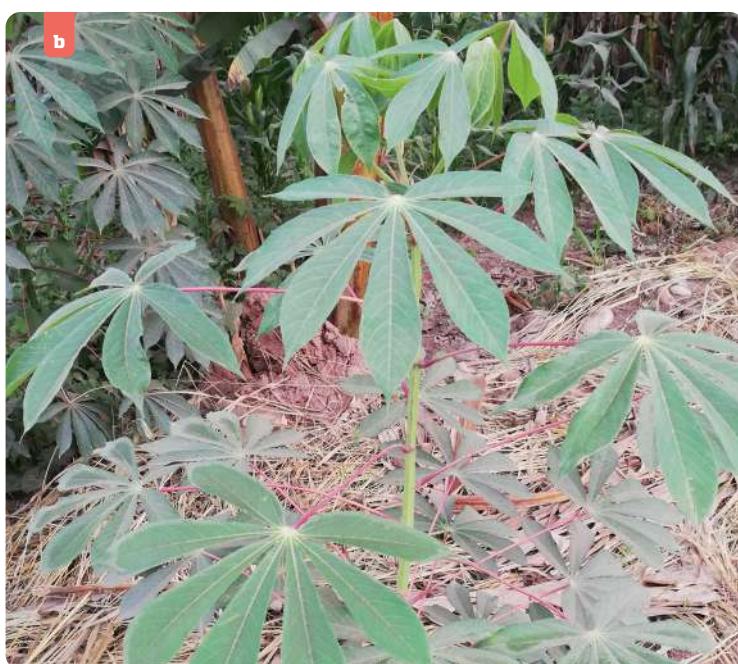


Figura A5.3 Yuca colombiana (distrito Caspisapa, provincia Picota, departamento de San Martín). a)Forma de crecimiento, b) planta, c) hoja.

Yuca lupuna rumo

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón, rizodermis de color rojizo y pulpa de color amarillo. El tallo es de color grisáceo, con 2 nudos en cada segmento de 10 cm y 6 cm de distancia entre los nudos. Los pecíolos jóvenes y adultos de color verde, de 5.7 cm de largo y 1.3 mm de ancho, con estípulas acrecentadas de 1.7 mm de largo. Las hojas presentan 2 lóbulos, de 8.2 cm de largo y 7.3 cm de ancho. La forma de lóbulo central es elíptica, de 3 cm de ancho. El ápice es agudo y con base redondeada. El lóbulo central presenta 4 venas secundarias, con un ángulo entre las venas principales de 100°. La flor presenta pétalos de color crema, con frutos inmaduros de color verde. Esta variedad puede ser cosechada a partir de los 6 meses. Por lo general, es usada para elaborar fariña, beshú y tapioca (Inga & López, 2001).

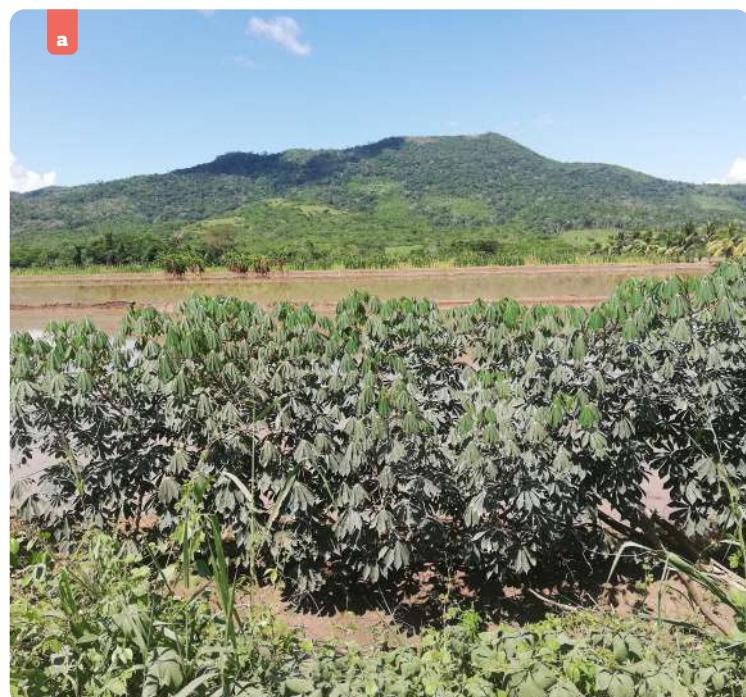


Figura A5.4 Yuca lupuna rumo (distrito Tingo de Ponaza, provincia Picota, departamento de San Martín).a) Forma de crecimiento, b) planta, c) hojas.

Yuca navajilla

Planta erecta de hasta 1.8 m de altura, con eje de 2 o 3 ramas. Tallo verde amarillento cuando es joven y pardo en la madurez. Hoja amarilla con manchas rojas, pecíolo verde amarillento con manchas rojas de 10 a 12 cm, limbo palmatihendido con 5 a 7 lóbulos aovados, base auriculada, ápice agudo, margen entero de 15 a 18 cm, nervadura principal verde amarillenta, nervaduras secundarias verde amarillentas de 10 a 14 pares. Cicatriz foliar moderadamente prominente, con una distancia internodal de 7 a 12 cm, látex blanco lechoso de regular abundancia. Flor femenina y masculina con sépalos blanco amarillentos con rayas rosadas al borde y centro, de 7 mm, ovario morado de 2.5 a 3 mm y estambres amarillos de 7 mm. Fruto verde de 1.5 cm de diámetro, con 6 aristas de color violeta. Raíz tuberosa con cáscara parda, felodermo rosado y parénquima amiláceo de color blanco (Inga & López, 2001).

Yuca palo blanco

Planta erecta de hasta 1.8 m de altura, con eje de 2 o 3 ramas. Tallo verde con rayas verticales rojizas cuando joven y pardo en la madurez. Hoja rojo claro, pecíolo rojizo de 20 a 25 cm, limbo palmatihendido de 5 a 7 lóbulos, base auriculada, ápice atenuado, margen entero de 16 a 20 cm, nervadura principal verde amarillenta, nervaduras secundarias verde claras de 10 a 13 pares. Cicatriz foliar prominente, con una distancia internodal de 12 a 15 cm, látex blanco lechoso, de regular abundancia. Flor femenina y masculina con sépalos blancos, bordes y centros con rayas rojas claras, de 5 a 7 mm, ovario verde de 3 mm y estambres amarillos de 8 mm de largo. Fruto verde de 1 a 1.2 cm de diámetro, con 6 aristas rojo claras. Raíz tuberosa con cáscara parda, felodermo rosado y parénquima amiláceo de color blanco (Inga & López, 2001).



Yuca piririca

Planta erecta de hasta 1.8 m de altura, con eje de 2 o 3 ramas. Tallo verde claro con 5 rayas verticales rojas y claras cuando es joven y pardo en la madurez. La hoja es roja clara con el pecíolo rojo morado de 15 a 17 cm, limbo palmati-hendido con 5 a 7 lóbulos aovados, ápice atenuado, margen entero de color verde, nervadura principal roja clara, nervaduras secundarias rojas claras de 10 a 13 pares.

Cicatriz foliar moderadamente prominente, distancia internodal de 12 a 18 cm, látex blanco lechoso de regular abundancia. Flor femenina y masculina con sépalos amarillos claros con rayas moradas en los bordes y centro, de 7 mm, ovario verde de 3 mm y estambres amarillos de 8 mm. Fruto claro de 2 cm de diámetro con 6 aristas rojas claras. Raíz tuberosa con cáscara parda, felodermo blanco y parénquima amiláceo de color blanco (Inga & López, 2001).

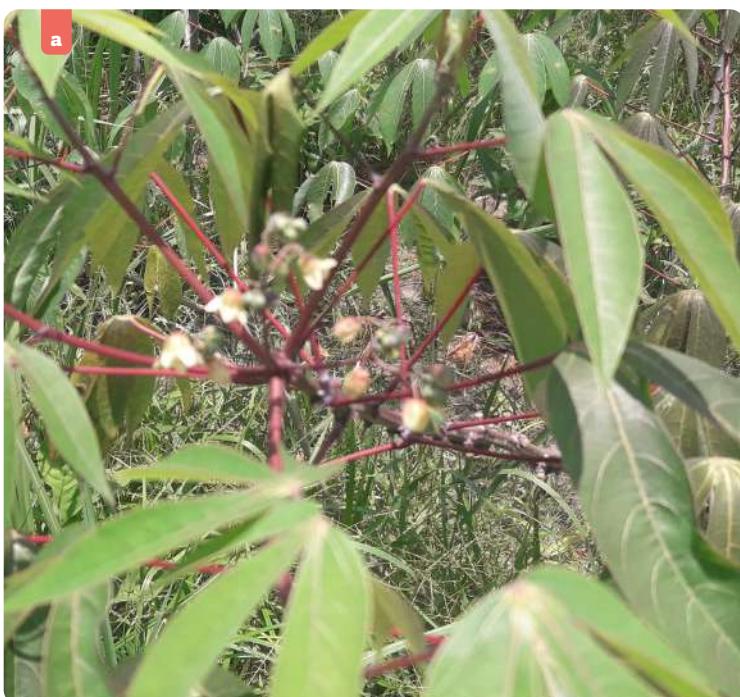


Figura A5.5 Yuca piririca (distrito Punchana, provincia Maynas, departamento de Loreto). a) Floración, b) forma de crecimiento, c) hojas.

Piririca tallo marrón claro

Porte mediano o bajo y ramudo, de hoja lanceolada, verde oscura, nervadura y peciolo rojo, tallo marrón claro. Raíz de corteza externa marrón oscura, corteza interna crema, pulpa blanca. Crece en restinga media y baja. Produce entre los 4 a 6 meses. Se usa para inguiri (buena cocción), masato, fariña, almidón, tapioca, siendo una variedad muy comercial (Mejía, 2002).

Piririca tallo marrón oscuro

Porte mediano o bajo y ramudo, de hoja lanceolada, verde oscura, nervadura y peciolo rojo, tallo marrón oscuro. Raíz de corteza externa marrón oscuro, corteza interna crema, pulpa blanca. Crece en restinga alta, restinga media y baja. Produce entre los 4 a 6 meses. Se usa para inguiri (buena cocción), masato, fariña, almidón, tapioca, siendo una variedad muy comercial (Mejía, 2002).

Yuca lovera rumo

Planta erecta de hasta 1.6 m de altura, con eje de 2 o 3 ramas. Tallo verde cuando joven y pardo en la madurez. La hoja es de vaina globosa, la base del pecíolo es de color verde amarillenta, rojo claro hacia el limbo de 20 a 22 cm, limbo palmatihendido de color verde claro, de 5 a 7 lóbulos aovados, base auriculada, margen entero, nervadura principal verde amarillenta, nervaduras secundarias verde amarillentas de 10 a 13 pares. Cicatriz foliar moderadamente prominente, distancia internodal de 12 a 16 cm, látex blanco lechoso de regular abundancia. Flor femenina y masculina con sépalos verde amarillentos de 7 mm, ovario verde de 4 mm y estambres amarillos de 7 mm. Fruto verde de 1.5 cm de diámetro con 6 aristas rojo violáceas. Raíz tuberosa con cáscara parda, felodermo blanco y parénquima amiláceo de color blanco (Inga & López, 2001).

Yuca tresmesina

Plantas arbustivas con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color rojizo, la pulpa es de color blanco. Los tallos son de color anaranjado suave, con 3 nudos en cada segmento de 10 cm y 3 cm de distancia entre los nudos. Los pecíolos miden 12 cm de largo y 2.2 mm de ancho. Las estípulas son acrecentadas, de 2.1 mm de largo. Las hojas presentan de 3 a 5 lóbulos de 11 cm de largo y 12.7 cm de ancho. El lóbulo central es elíptico de 1.5 cm de ancho, con el ápice agudo y con base redondeada. El lóbulo central presenta 5 venas secundarias, con un ángulo entre las venas principales de 104°. Las flores tienen pétalos de color rosado y los frutos inmaduros son de color morado. Las raíces son gruesas y no muy largas; es una variedad que puede ser cosechada a partir de los tres meses y se usa para elaborar beshú, fariña y masato (Inga & López, 2001).



Yuca tresmesina chica

Planta erecta de hasta 1.6 m de altura con eje de 2 o 3 ramas. Tallo verde amarillento cuando es joven y pardo en la madurez. La hoja es de vaina globosa verde amarillento, pecíolo verde amarillento en la parte de encima y rojo en la parte de abajo, de 22 a 25 cm, limbo palmatihendido con 3 a 8 lóbulos, base auriculada, lóbulos aovados, margen entero color verde de 20 a 22 cm, nervadura principal verde amarillenta, nervaduras secundarias verde amarillentas de 10 a 12 pares. Cicatriz foliar moderadamente prominente con distancia internodal de 18 a 20 cm, látex blanco lechoso de regular abundancia. Flor femenina y masculina con sépalos amarillos de 5 a 7 mm, ovario verde de 3 mm y estambres amarillos de 8 mm. Fruto verde de 2 cm de diámetro, con 6 aristas verdes. Raíz tuberosa con cáscara parda, felodermo blanco y parénquima amiláceo de color blanco (Inga & López, 2001).

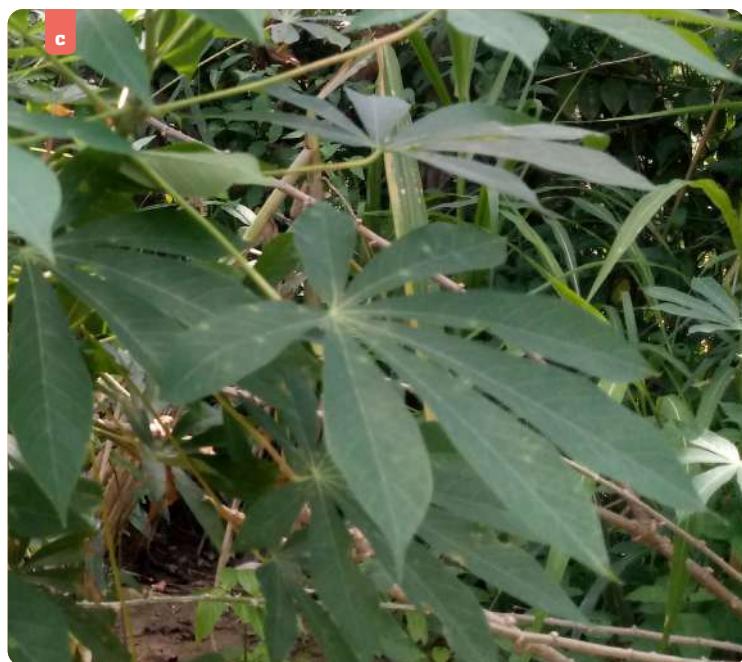
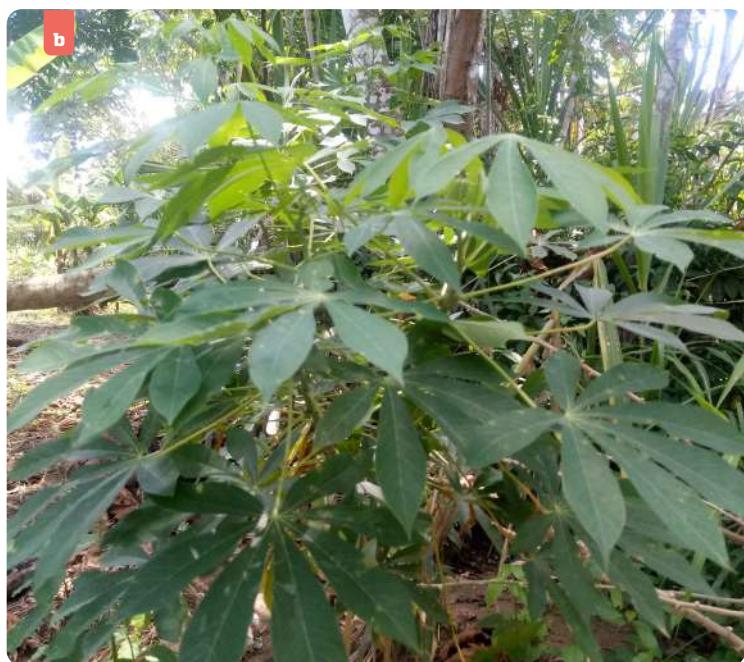
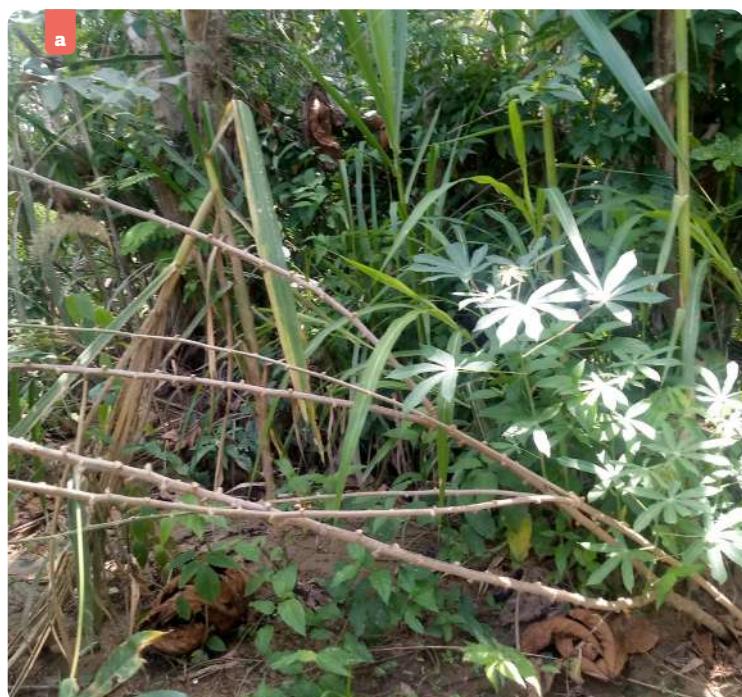


Figura A5.6 Yuca tresmesina (distrito Iñapari, provincia Tahuamanu, departamento de Madre de Dios). a) Forma de crecimiento, b) planta, c) hoja.

Tresmesina enana

Porte bajo y ramudo con hojas lanceoladas de color verde negruzco. Raíz de corteza marrón clara, raíz interna amarillenta con pulpa blanca. Crece en restinga baja y produce a los 4 meses. Se usa para inguiri (buena cocción), masato (Mejía, 2002).

Tresmesina gigante

Porte alto y compacto con hojas elípticas lanceoladas de color verde oscuro. Raíz de corteza externa marrón oscuro, corteza interna crema y pulpa blanca. Crece en restinga baja y produce a los 4 meses. Se usa para inguiri (buena cocción), masato, fariña (Mejía, 2002).

Yuca señorita

Planta arbustiva con raíces que presentan la cutícula de color marrón y su rizodermis de color cobre, la pulpa es de color blanco. El tallo es de color marrón-verde, con un nudo en cada segmento de 10 cm y 6 cm de distancia entre los nudos. Los pecíolos son de color verde, con 23.5 cm de largo y 3 mm de ancho, con estípulas acrecentes de 3.5 mm de largo. Las hojas nuevas son de color verde-marrón con 7 lóbulos, de 13 cm de largo y 21 cm de ancho. El lóbulo central tiene forma elíptica, con 3.5 cm de ancho. El ápice es agudo con base lobada, lóbulo central con 9 venas secundarias, y el ángulo entre las venas principales es de 197°. Esta variedad puede ser cosechada entre 6 a 8 meses. Con ella se elabora masato, fariña, beshú y tapioca (Inga & López, 2001).



Figura A5.7 Yuca tresmesina (distrito Santa Cruz, provincia Alto Amazonas, departamento de Loreto). a) Forma de crecimiento, b) hojas, c) plantas

ANEXO 4. Población microbiana del suelo (unidades logarítmicas)

Los valores que se presentan son promedio de cinco puntos de muestreo en cada departamento, excepto en Cajamarca donde solo fue posible tener cuatro. A estos promedios se les hizo la transformación logarítmica en base 10.

Ánálisis microbiológico	Recuento de aerobios mesófilos viables		Recuento de mohos y levaduras		Recuento de actinomicetos		Enumeración de bacterias fijadoras de vida libre	
Unidades	UFC/g*		UFC/g		UFC/g		NMP/g**	
Regiones***	Con cultivo	Sin cultivo	Con cultivo	Sin cultivo	Con cultivo	Sin cultivo	Con cultivo	Sin cultivo
Junín	6.27	6.33	4.84	4.82	5.90	6.10	<3	<3
Pasco	5.85	6.02	4.76	4.47	5.57	5.57	<3	<3
San Martín	6.17	6.30	4.45	4.52	5.92	5.95	4.99	5.01
Cusco	6.48	6.68	4.39	4.87	5.75	5.78	4.26	5.38
Huánuco	6.77	6.74	4.55	4.75	6.28	6.54	6.19	4.13
Puno	6.72	6.44	4.75	4.66	5.78	5.93	4.51	4.59
Ayacucho	6.39	6.64	4.25	4.58	5.70	5.73	3.89	5.42
Piura	6.52	6.29	5.43	4.86	6.40	6.19	6.46	4.07
Tumbes	6.22	6.18	4.32	4.89	6.18	5.89	4.39	3.76
Loreto	6.50	5.98	4.70	5.02	5.89	5.74	4.50	2.45
Madre de Dios	6.45	7.06	5.42	4.81	5.78	5.60	5.04	5.29
La Libertad	6.96	5.92	4.65	5.37	6.16	5.78	5.72	5.06
Cajamarca	6.92	6.47	4.76	4.70	6.13	5.82	5.18	4.62
Ucayali	6.50	6.76	4.57	4.30	6.09	6.33	4.66	4.24

* = Unidad formadora de colonias/gramo, ** = Número más probable/gramo, *** = Las muestras de Amazonas se perdieron por problemas de transporte en pandemia.

ANEXO 7. Propuesta de consideraciones para el análisis de riesgo

La implementación de la ley de moratoria, tuvo como uno de sus fundamentos, la necesidad de desarrollar capacidades para el manejo seguro de los productos de la biotecnología moderna, específicamente, organismos con eventos genéticamente modificados, en un escenario de liberación al ambiente.

Esto conduce inevitablemente a la necesidad de realizar un análisis de riesgo de la liberación de un OVM, procedimiento que requiere contar con información del estado actual de cada cultivo, información que el país no dispone en todos los casos, y que el MINAM en el marco de la ley de la moratoria está obteniendo valiosa información al respecto.

Gracias a estos esfuerzos, la entidad o entidades a cargo de atender las solicitudes de liberación al ambiente de un OVM y consecuentemente realizar el análisis de riesgo caso por caso, ya no tendrá que recopilar información, sino más bien contarán con una herramienta clave que oriente y complemente los procedimientos. Son varias las áreas relacionadas a la liberación de un OVM al ambiente, siendo el aspecto central, el posible impacto sobre la biodiversidad nativa de una determinada especie, como en este caso la yuca.

1. Evaluación de riesgo

- Debe ser realizado por personal especializado, con acceso a la información requerida y adecuada asesoría científica.
- El procedimiento y responsabilidades debe ser normado para proveer del marco jurídico correspondiente.

Un punto importante que debe ser identificado en la evaluación de riesgo es el **organismo receptor no modificado u organismo parental**, el cual es el organismo que ha servido de base para la modificación genética; es decir, el organismo receptor del transgén. Asimismo, se debe identificar el **medio receptor**, el cual es el posible medio dónde se lib-

erará un OVM. En el presente documento se establece que el medio receptor sea un campo de cultivo, con el fin de tener todas las consideraciones para un análisis completo del riesgo al ambiente.

De manera general, el riesgo se evalúa mediante la siguiente fórmula:

Riesgo = (probabilidad de ocurrencia) x (consecuencia)

Riesgo = P x C

Donde:

- **P:** la probabilidad de ocurrencia es la **probabilidad 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:** la consecuencia es el efecto adverso, en términos de **magnitud del daño al ambiente**, el cual se facilita mediante la pregunta ¿Habría sido un problema?, para ello se tiene un **listado de efectos adversos o listado de peligros** que se deben evaluar.

1.1. Principios de la evaluación de riesgo

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

- a. La evaluación del riesgo deberá realizarse de forma transparente y científicamente competente, y al realizarla deberán tenerse en cuenta el asesoramiento de los expertos y las directrices elaboradas por las organizaciones internacionales pertinentes.
- b. La falta de conocimientos científicos o de consenso científico no se interpretará necesariamente como indicadores de un determinado nivel de riesgo, de la ausencia de riesgo, o de la existencia de un riesgo aceptable.

- c. Los riesgos relacionados con los organismos vivos modificados o sus productos, por ejemplo, materiales procesados que tengan su origen en organismos vivos modificados, que contengan combinaciones nuevas detectables de material genético replicable que se hayan obtenido mediante el uso de la biotecnología moderna, deberán tenerse en cuenta en el contexto de los riesgos planteados por los receptores no modificados o por los organismos parentales en el probable medio receptor.
- d. La evaluación del riesgo deberá realizarse caso por caso. La naturaleza y el nivel de detalle de la información requerida pueden variar de un caso a otro, dependiendo del organismo vivo modificado de que se trate, su uso previsto y el probable medio receptor, de acuerdo a las normas vigentes en su momento.

1.2. 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 y deberán determinarse y solicitarse durante el proceso de evaluación.

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

- 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.**

Para ello, se considerará la siguiente información:

- **Características del ambiente receptor:** límites geográficos (medio donde se propone la liberación del OVM), el alcance temporal (la época, estacionalidad, etc. en el cual se podría dar la liberación), y clima (principalmente en relación con los parámetros climáticos que favorezcan la floración, flujo de polen y cruzabilidad).
- **Construcción genética del OVM:** se debe tener en cuenta al organismo base cuya composición genética se ha modificado, al organismo u organismos donante(s) y al

constructo (vector e insertos de ADN que contiene al transgén o transgenes).

- **Características biológicas del OVM:** Información que debe ser presentada por el solicitante de autorización de liberación, en base a estudios científicamente comprobables y metodologías replicables.
- **Biología del organismo homólogo convencional:** se describen las características biológicas del organismo (clasificación taxonómica, origen y hábitat, características fenotípicas, aspectos reproductivos, etc.), que son parte de la línea de base.
- **Objetivo o meta de protección:** son los elementos del ambiente que se quieren proteger y son el foco de interés de un país. Estos objetivos o metas están influenciadas por consideraciones, en primer lugar, biológicas relativas a la biodiversidad, implicancias socioeconómicas y éticas, no debiendo estar sesgadas por temas políticos.
- **Características del ecosistema objetivo:** evaluación de las implicancias a nivel de ecosistema global, ecosistema en particular, especies, genes.

En cada secuencia del análisis deberá identificarse los peligros correspondientes.

- **Determinación de la probabilidad (P) de que ocurran efectos adversos reales (probabilidad de ocurrencia), teniendo en cuenta el nivel y el tipo de exposición del probable medio receptor al organismo vivo modificado.**

Es la apreciación de la probabilidad de ocurrencia, tomando en cuenta los contenidos de la línea de base en contraste permanente con la información por cada temática que presente el solicitante y que exprese el organismo candidato, teniendo en cuenta los siguientes aspectos.

- **Calidad:** se deben identificar y documentar metodologías validadas científicamente para probar cualquier escenario de riesgo identificado.
- **Incertidumbres:** la incertidumbre es un elemento integral e inherente al análisis científico y se tiene en cuenta

durante todo el proceso de evaluación del riesgo. Según el Protocolo de Cartagena, “cuando haya incertidumbre acerca del nivel de riesgo, se podrá tratar de subsanar esa incertidumbre solicitando información adicional sobre las cuestiones concretas motivo de preocupación, o poniendo en práctica estrategias de gestión del riesgo apropiadas y/o vigilando al organismo vivo modificado en el medio receptor”.

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

Para la evaluación de las consecuencias se debe de emplear un enfoque multidisciplinario y multitémático.

d. Estimación del riesgo.

El riesgo está basado en la evaluación de la probabilidad y consecuencias de que los efectos adversos identificados se produzcan. La entidad competente y especializada deberá definir la metodología para la estimación del riesgo, incluyendo orientaciones para su apreciación objetiva que conduzca a la toma de decisiones. Existen metodologías diversas para esta estimación, lo cual no limita el diseño de un procedimiento nuevo, que deba tomar en cuenta la factibilidad de una gestión adecuada del riesgo y las medidas técnico-científicas para su gestión.



Listado de siglas y acrónimos

CDB

Convenio sobre la Diversidad Biológica

Gore

Gobiernos regionales

Minedu

Ministerio de Educación

Concytec

Concejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica

IIAP

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana

OGM

organismos genéticamente modificados

Cultura

Ministerio de Cultura

INIA

Instituto Nacional de Innovación Agraria

ONG

Organización no gubernamental

FAO

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

Midagri

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

OVM

Organismo vivo modificado

Golo

Gobiernos locales

MINAM

Ministerio del Ambiente

Promperú

Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo

Senamhi

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

Senasa

Servicio Nacional de Sanidad Agraria

Serfor

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

Sernanp

Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado



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

ISBN: 978-612-4174-38-4

9 786124 174384