PERÚ Ministerio del Ambiente

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

PERÚ NATURAL

LÍNEA DE BASE DE LA DIVERSIDAD DEL ALGODÓN PERUANO CON FINES DE BIOSEGURIDAD

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

Autor:
Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Diversidad Biológica
Dirección de Recursos Genéticos y Bioseguridad

Editado por
© Ministerio del Ambiente
Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales
Dirección General de Diversidad Biológica
Av. Antonio Miroquesada 425, 4to piso, Urb. San Felipe, Magdalena del Mar
Lima – Perú

Primera edición – Noviembre de 2020

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2020-08389.

Noviembre 2020

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

Equipo de edición temática
Tulio Medina Hinostroza
Delicia Cañedo Torres
Jessica Amanzo Alcantara
Jose Álvarez Alonso

Elaboración de mapas
Nancy Huillcahuanaco Ccosco
Sabby Araujo Pérez
Ursula Rischmoller Yupanqui
Dirección de Metodologías para el Ordenamiento Territorial Ambiental

Revisión de contenidos
Juan Lazo Álvarez
Instituto Peruano del Algodón
Teodorico Veramendi Hidalgo
Universidad Nacional Agraria La Molina

Agradecimientos
El proceso de elaboración de la presente línea de base que se inició el año 2012 recibió apoyo de distintos especialistas e instituciones, por ello agradecemos al Dr. Juan Lazo Álvarez del Instituto Peruano del Algodón y al Ing. Teodorico Veramendi Hidalgo de la Universidad Nacional Agraria La Molina por sus valiosos aportes y revisión de textos. Asimismo, al Dr. Leopoldo Vásquez Núñez de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, por la elaboración de las ilustraciones de las características botánicas de las especies de algodón.

Al personal técnico y científico del herbario del Museo de Historia Natural Javier Prado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, a la Dra. Josefa Escurra Puicón y su equipo técnico del herbario de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, al Dr. Manuel Cardoza Rojas y al Téc. Segundo Flores Castro, curadores de la colección de germoplasma de algodón de la Universidad Nacional de Piura, quienes brindaron información útil para iniciar la elaboración los estudios de la diversidad del algodón y nos facilitaron el acceso a las colecciones científicas a su cargo.

ÍNDICE

Presentación 11
Introducción 12

Capítulo I: Marco legal asociado con los recursos genéticos 14
1.1. Marco normativo 17
1.2. Marco institucional 21

Capítulo II: Diversidad y aspectos biológicos del algodón 24
2.1. Diversidad del algodón 27
2.1.1. Diversidad de especies 28
2.1.2. Variedades 29
2.1.3. Cultivares 30
2.1.4. Linajes 35
2.2. Distribución de la diversidad del algodón en el Perú por departamentos y distritos 38
2.3. Origen, domesticación y difusión 44
2.4. Biología, fenología y ecología 48
2.4.1. Ubicación taxonómica 48
2.4.2. Características de las especies 49
2.4.3. Ecología y Fenología del algodón 56
2.5. Flujo de polen y de genes 60
2.6. Cruzabilidad y alogamia 65
2.7. Dispersión y flujo de semilla 66

Capítulo III: El algodón y su entorno 68
3.1. Ecosistemas y agroecosistemas asociados con las especies de algodón 71
3.2. Organismos y microorganismos blanco y no blanco 74
3.2.1. Organismos y microorganismos blanco de OVM 74
3.2.2. Organismos y microorganismos no blanco de OVM 74
3.3. Efectos del cambio climático en la producción de algodón 77

Capítulo IV: Aspectos socioeconómicos y culturales de la conservación, cultivo y uso de la diversidad del algodón 78
4.1. Importancia de la conservación de la diversidad del algodón 81
4.2. Estadísticas e información básica para el análisis de riesgo 86

4.3. Datos socioeconómicos obtenidos en las prospecciones 88
4.4. Cultivares de algodón con eventos de OVM 92
4.5. Análisis de riesgos 93
4.6. Propuestas y sugerencias 98

Capítulo V: Propuesta para la gestión de la diversidad del algodón 100
5.1. Análisis de riesgos 103
5.2. Conservación del medio ambiente y la diversidad biológica 105
5.3. Conservación de la diversidad sociocultural 107
5.4. Gestión de la bioseguridad 108
5.5. Utilización de la diversidad genética 109

Referencias bibliográficas 111

Glosario de términos 118

Anexos 120
Anexo 1 – Clave rápida para identificar las especies de algodón 122
Anexo 2 – Prácticas agrícolas tradicionales y formas de manejo por especies y departamento 123
Anexo 3 – Cultivares de algodón registrados por región natural y departamento 126
Anexo 4 – Organismos relacionados con el cultivo del algodón según grupo funcional: Fitófagos, parasitoides, predadores, polinizadores y fitopatógenos 128
Anexo 5 – Microorganismos relacionados con el cultivo del algodón según tipo: hongos, bacterias (Basurto, 1993; Pérez, 2011; Veramendi & Lam, 2011; Ramos *et al.*, 2011) 134
Anexo 6 – Unidades formadoras de colonias de microorganismos mesófilos de la rizósfera del suelo del cultivo del algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú 135
Anexo 7 – Unidades formadoras de colonias de mohos y levaduras de la rizósfera del suelo del cultivo del algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú 136
Anexo 8 – Número más probable de pseudomonas de la rizósfera del suelo del cultivo del algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú 137
Anexo 9 – Unidades formadoras de colonias de bacilos de la rizósfera del suelo del cultivo del algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú 138
Anexo 10 – Unidades formadoras de colonias de actinomictos de la rizósfera del suelo del cultivo del algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú 139
Anexo 11 – Número más probable de bacterias fijadoras de vida libre de la rizósfera del suelo del cultivo del algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú 140

SIGLAS

Bt	*Bacillus thuringiensis*
CAN	Comunidad Andina
CDB	Convenio sobre la Diversidad Biológica
Cry	Crystal protein (producido por Bt)
CITES	Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (siglas en inglés).
DGOTA	Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental
EEA	Estación Experimental Agraria
FAO	Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FUNDEAL	Fundación para el Desarrollo Algodonero
GM	Véase OVM
IBPGR	International Board for Plant Genetic Resources (ahora Bioversity International)
INIA	Instituto Nacional de Innovacion Agraria
INIEA	Véase INIA
IPA	Instituto Peruano del Algodón
ISAAA	International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications
MINAG	Véase MINAGRI
MINAGRI	Ministerio de Agricultura y Riego
MINAM	Ministerio del Ambiente
MINAM-DGOTA	Ministerio del Ambiente - Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental
MINCETUR	Ministerio de Comercio Exterior y Turismo
OVM	Organismo vivo modificado
PCB	Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB
PEA	Población económicamente activa
PROMPERU	Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo
TIRFAA	Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura
UICN	Unión internacional para la conservación de la naturaleza
UNALM	Universidad Nacional Agraria La Molina
UNMSM	Universidad Nacional Mayor de San Marcos
UNP	Universidad Nacional de Piura
UNPRG	Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo
UNT	Universidad Nacional de Trujillo
UPOV	Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (siglas en inglés)

PRESENTACIÓN

En el Perú, el cultivo del algodón está ligado a su historia, cultura, economía y naturaleza. La evidencia arqueológica se remonta a los 3 100 años a. C. en Huaca Prieta, al norte de Lima, donde los textiles de algodón muestran el uso de la fibra en tejidos y como un medio para expresar su relación con la naturaleza y la sociedad. Hacia el sur también resaltan los famosos mantos de Paracas de hace 700 años a. C., de gran finura y complejidad. A la llegada de los conquistadores el algodón ya se encontraba ampliamente cultivado, y en el período republicano se convirtió en uno de nuestros productos de exportación tradicional.

El algodón peruano cultivado (*Gossypium barbadense*) comprende una importante diversidad de cultivares: Tangüis, Del Cerro, Áspero, Pima y Arriñonado; este último se aprovecha selectivamente a partir de plantas que crecen en forma espontánea. En nuestro territorio también tenemos una especie de algodón silvestre, denominado algodoncillo (*Gossypium raimondii*), único en el mundo.

La mayor diversidad del algodón peruano se encuentra en los cultivares nativos Del País, Áspero y Arriñonado, por la evidente variedad de colores, longitud y textura de la fibra que poseen, así como por su amplia adaptación a las regiones naturales Chala, Yunga, Rupa Rupa y Omagua. Esta diversidad, aunada a su profundo arraigo en la historia de las sociedades prehispánicas, consolida al Perú como su centro de origen y de domesticación del algodón.

A nivel mundial se reconoce al algodón peruano por la calidad de la fibra de sus cultivares Tangüis de fibra larga y Pima de fibra extra larga, este último considerado el más fino del mundo. Es así que en el año 1963 se cosecharon 256 800 ha entre ambos cultivares; sin embargo, para el año 2017 las cosechas habían disminuido a solo el 6 % de esa cantidad. Múltiples factores, entre ellos la escasa inversión en tecnología y el incremento del uso de fibra sintética, que es más barata, serían la causa de la disminución. Esta situación ha venido afectando la economía de los productores en los últimos 60 años. Sin embargo, los rasgos que caracterizan a nuestros algodones nativos también nos muestran el gran potencial que el país aún posee en este cultivo. Entre los especialistas nacionales hay consenso en que el éxito pasado del cultivo del algodón peruano se debió a la calidad de la fibra del Pima y del Tangüis.

Los algodones de colores marrón, pardo y lila (o fifo), con diferentes tonalidades, se constituye en el potencial de cubrir la demanda mundial de fibras de colores naturales cada día más creciente. Mediante la Ley n.° 29224 se revaloró esta variedad de colores al dejar sin efecto la norma de 1940 que prohibió el cultivo del algodón Del País, que contiene esta gama de colores y tonalidades.

La elaboración de la línea de base del algodón peruano con fines de bioseguridad ha sido una gran oportunidad para evaluar el estado de conservación de la diversidad de cultivares y de la especie silvestre nativa del Perú, con la finalidad de establecer estrategias para el uso de la biotecnología y la gestión de la bioseguridad mediante los análisis de riesgo de OVM. Asimismo, es fundamental fortalecer las estrategias para la puesta en valor de los algodones peruanos, para que muchas familias de agricultores puedan seguir cultivando las fibras de colores, aprovechando los nichos especiales del mercado para este tipo de materiales. También es importante impulsar sistemas de producción más sostenible, con baja huella ambiental (hídrica, de carbono y de químicos para su procesamiento especialmente) para hacer más competitiva la producción nacional, incluyendo toda la cadena de valor, desde el cultivo hasta la industria textil.

Ministerio del Ambiente

INTRODUCCIÓN

Entre los años 2012 y 2018, el MINAM ha acopiado y sistematizado información de diversos estudios y consultorías, con la finalidad de elaborar la línea de base de la diversidad del algodón con fines de bioseguridad. Esta información incluye datos sobre el origen, la diversidad, conservación, utilización y gestión de la diversidad del algodón.

Se ha revisado también los términos que actualmente se utilizan como *especie*, *variedad*, *cultivar* y *linaje*, que han generado confusión para un cabal entendimiento de la diversidad y variabilidad del algodón, por lo que se presenta una redefinición con la finalidad de aclarar estos conceptos técnicos con una base científica y poder utilizarlos de manera pertinente en la legislación ambiental y la regulación de la bioseguridad.

También se han desarrollado estudios sobre los organismos y microorganismos asociados al algodón, tanto los perjudiciales o dañinos, como los benéficos y los neutros, con énfasis en aquellos organismos y microorganismos que son blanco de los eventos de OVM en algodón.

El abordaje de la conservación de la diversidad del algodón está ligado a los aspectos socioculturales, teniendo en cuenta que el algodón es un cultivo de larga tradición histórica en el Perú, que se pierde en la memoria del tiempo. Se ha constatado que persiste la tradición textilera artesanal, lo que representa una ventaja comparativa para el Perú que, como país, tiene ganado un buen prestigio en el ámbito internacional. No hace mucho, el algodón peruano era considerado el “oro blanco”. Las finas características de sus fibras largas (Tangüis) y extralargas (Pima) alcanzaron gran valor en el mercado internacional.

Precisamente, la cultura milenaria del algodón ha hecho posible que hasta nuestros días se pueda encontrar una amplia gama de colores naturales de fibra de algodón, que gestionada de manera pertinente y oportuna puede aportar a la solución de la actual crisis del algodón, por la demanda en ciertos nichos de mercado de este tipo de productos.

La gestión de la bioseguridad y la utilización sostenible de la diversidad del algodón son factores estratégicos para volver a posicionar al país en el contexto global, no solamente con el cultivo de algodón, sino también con otros cultivos, en donde procesos subyacentes como la descentralización podrían consolidar este reposicionamiento, teniendo en cuenta que en la actualidad el sector agrícola algodonero es principalmente de agricultura familiar. Según el CENAGRO (2012) el 74.8 % de las unidades agropecuarias que cultiva algodón lo hace en parcelas de menos de 5 ha. Por otro lado, en un contexto que la demanda nacional de algodón supera las 100 mil toneladas por año, solo entre el 28 % y el 30 % se logra cubrir con la producción nacional (Preissing, J., 2016, comunicación personal).

La fibra del algodón País o Del país, en sus diversos colores, ha sido y continúa siendo utilizada por los pobladores con fines textiles principalmente de la costa norte del Perú, para la elaboración de redes, tejidos y prendas de vestir. Uno de los usos que ha permitido conservar la variabilidad de colores de algodón, pese a que hubo una prohibición de su cultivo por más de 40 años, fue a través del hilado y tejido artesanal que las mujeres realizan desde tiempos ancestrales, desde el desmote (que consiste en separar la fibra de la semilla) hasta el hilado y el tejido. El MINCETUR (2010) considera que la textilería artesanal es importante para el Perú porque agrega valor a los productos de la agricultura familiar; además, permite la expresión de la creatividad popular y posiciona la identidad del país, incorpora a la mujer como elemento importante generador de ingresos en el hogar, y se constituye en una actividad con mínimo impacto negativo para el medio ambiente.

Nuestro país, mediante la Ley n.° 29811, Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de organismos vivos modificados al territorio nacional por un período de 10 años, ha optado por una moratoria a la introducción y liberación al ambiente de OVM, con el objeto de realizar los estudios necesarios para determinar y evaluar sus posibles impactos y fortalecer las capacidades nacionales, de modo que se puedan aprovechar los beneficios de la biotecnología moderna, sin poner en riesgo la biodiversidad, el medio ambiente y la salud humana.

En los últimos seis años, el MINAM ha reunido información sobre la presencia del algodón y su pariente silvestre en un conjunto de 616 distritos de todo el Perú, en donde está presente el algodón silvestre (*G. raimondii*) y se cultivan el algodón nativo (*G. barbadense*) y el introducido (*G. hirsutum*), que cohabitan con organismos y microorganismos tanto benéficos como perjudiciales y neutros, aspecto que también es importante reconocer.

La línea de base de la diversidad del algodón peruano con fines de bioseguridad se sustenta en la integración de la información recopilada y generada sobre su situación actual, la cual, de conformidad con la legislación sobre bioseguridad, será utilizada en los análisis de riesgos ante las posibles solicitudes de liberación al ambiente de cultivares comerciales de algodón con eventos de OVM, cuando concluya el período de moratoria establecido por la Ley n.° 29811.

Esta información se pone a disposición de los organismos sectoriales competentes establecidos en la Ley n.° 27104 y su reglamento, los gobiernos regionales, gobiernos locales, instituciones académicas y de investigación, así como empresas y agricultores interesados en utilizar la diversidad del algodón y la biotecnología moderna. Esta información tiene como finalidad aportar en la toma de decisiones informadas, y servir para elaborar propuestas, planes, programas y proyectos para la utilización sostenible de la diversidad genética de este cultivo, considerando la distribución justa y equitativa de los beneficios derivados de su utilización y de los conocimientos tradicionales asociados.

1

CAPÍTULO

Marco legal asociado a los recursos genéticos

Señora con algodón Del País, Chirinos, San Ignacio, Cajamarca.

Capítulo I: Marco legal asociado a los recursos genéticos

En este capítulo se describe el marco normativo e institucional vinculante sobre la gestión de la biodiversidad y de la bioseguridad en el Perú, relacionada con el cultivo del algodón.

1.1 Marco normativo

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB), suscrito el año 1992 en Río de Janeiro, fue ratificado por el Perú mediante Resolución Legislativa n.° 26181 en abril de 1993. Sus objetivos son 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. El párrafo 3 del artículo 19° del CDB contempla la necesidad de un protocolo que establezca procedimientos adecuados, incluido en particular el consentimiento fundamentado previo, en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización de cualquier OVM resultante de la biotecnología que pueda tener efectos adversos para la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica.

En julio de 1996, la Comunidad Andina (CAN) suscribió en Caracas el Régimen Común de Acceso a los Recursos Genéticos (Decisión 391), con el objeto de regular el acceso a los recursos genéticos y sus productos derivados, a fin de prever condiciones para una participación justa y equitativa en los beneficios derivados del uso de los recursos genéticos, promover la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de los recursos biológicos que contienen recursos genéticos. La séptima disposición transitoria dispone que los Países Miembros adopten un régimen común sobre bioseguridad, en el marco del CDB, para lo cual iniciarán los estudios respectivos, particularmente en lo relacionado con el movimiento transfronterizo de los OVM.

El 8 de julio de 1997 fue publicada la Ley n.° 26839, Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento sostenible de la Diversidad Biológica, que norma la conservación de la diversidad biológica y la utilización sostenible de sus componentes, en concordancia con los artículos 66° y 68° de la Constitución Política del Perú. Esta norma prevé la conservación y utilización sostenible que implica la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como los procesos ecológicos

esenciales de los que depende la supervivencia de las especies. Busca promover la participación justa y equitativa de los beneficios que se deriven de su utilización y fomenta el desarrollo económico del país sobre la base de la utilización sostenible de sus componentes, promoviendo la participación del sector privado. Esta Ley fue reglamentada el 20 de junio de 2001 mediante el Decreto Supremo n.° 068-2001-PCM.

En mayo del año 1999 se promulgó la Ley n.° 27104, Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología, que tiene por objeto normar la seguridad de la biotecnología de acuerdo con la

Constitución Política y lo estipulado en los artículos concernientes del CDB, con la finalidad de proteger la salud humana, el ambiente y la diversidad biológica. Esta norma promueve la seguridad en la investigación y el desarrollo de la biotecnología en sus aplicaciones para la producción y prestación de servicios. Busca regular, administrar y controlar los riesgos derivados del uso confinado y de la liberación al ambiente de los OVM, así como del intercambio y de la comercialización de OVM dentro del país y con el resto del mundo, facilitando la transferencia tecnológica internacional, en concordancia con los acuerdos internacionales suscritos y que suscriba el país. Establece las normas generales aplicables a las actividades de investigación, producción, introducción, manipulación, transporte, almacenamiento, conservación, intercambio, comercialización, uso confinado y liberación de OVM bajo condiciones controladas. Su reglamento fue aprobado el 21 de octubre de 2002 mediante Decreto Supremo n.° 108-2002-PCM.

En enero del 2000 se firmó en Montreal el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del CDB. Su objetivo es garantizar un nivel adecuado de protección en la esfera de la transferencia, manipulación y utilización segura de los OVM, resultantes de la biotecnología moderna, que puedan ocasionar efectos adversos sobre la conservación y la utilización sostenible de la diversidad biológica, teniendo también en cuenta los riesgos para la salud humana. Esta norma internacional se centra concretamente en los movimientos transfronterizos de OVM. El protocolo fue suscrito por el Perú el 24 de mayo de 2000 y ratificado el 14 de abril de 2004, entrando en vigor el 13 de julio de 2004. El Congreso de la República publicó la Resolución Legislativa n.° 28170 el 13 de febrero de 2004, que aprueba el Protocolo de Cartagena sobre seguridad de la Biotecnología del CDB.

En junio de 2007 fue publicada la Ley n.° 29050, ley que modifica el literal k, del artículo 5° de la Ley n.° 28245, Ley marco del sistema nacional de gestión ambiental sobre el principio precautorio, donde se precisa que "cuando haya indicios razonables de peligro de daño grave o irreversible al ambiente o, a través de este, a la salud, la ausencia de certeza científica no debe utilizarse como razón para no adoptar o postergar la ejecución de medidas eficaces y eficientes destinadas a evitar o reducir dicho peligro". Se entiende que el principio precautorio es aplicable a la tecnología de los OVM.

La Política Nacional del Ambiente, aprobada por el Decreto Supremo n.° 012-2009-MINAM, integra los lineamientos de las políticas públicas en materia de bioseguridad y dispone que el Estado promueve el uso de la biotecnología de modo consistente con la conservación de los recursos biológicos, la protección del ambiente y la salud de las personas.

Ante la falta de procedimientos para la evaluación de riesgos de OVM, en diversos grupos de trabajo del Sector Agricultura y de la Presidencia del Consejo de Ministros se expresó la necesidad de contar con una línea de base de la agrobiodiversidad nativa potencialmente afectada por los OVM[1], especialmente de aquellas especies de las que el Perú es centro de origen. Posteriormente se concretó la elaboración de las líneas de base con fines de bioseguridad mediante la promulgación de la Ley n.° 29811, Ley que establece la moratoria al ingreso y producción de OVM al territorio nacional por un periodo de diez años, que también tiene por finalidad fortalecer las capacidades nacionales y desarrollar la infraestructura que permita una adecuada evaluación de las actividades de liberación de OVM al ambiente con fines de crianza o cultivo.

1 Artículo 1° del Decreto Supremo n.° 011-2011-AG.

En noviembre de 2012 fue publicado el Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM, que aprueba el Reglamento de la Ley n.° 29811. El artículo 28° establece que las líneas de base son producto de la investigación dirigida hacia la obtención de información científica y tecnológica relativa al estado de la biodiversidad nativa, incluyendo la diversidad genética de las especies nativas que pueden potencialmente ser afectadas por OVM y su utilización, con fines de regulación y que forman parte de los insumos necesarios en los análisis de riesgo para la liberación de OVM al ambiente. Asimismo, el artículo 30° establece que la construcción de las líneas de base se realizará por etapas con respecto a las especies que puedan ser afectadas potencialmente por los OVM o su utilización, considerando el siguiente orden de prioridad: a) Especies nativas, b) Especies naturalizadas, y c) Especies exóticas nuevas o de reciente introducción.

En noviembre de 2014 se publicó el Decreto Supremo n.° 010-2014-MINAM, que modifica los artículos 3 (Glosario de términos), 33 (Entidades responsables), 34 (Control de los OVM) y 35 (Decomiso o abandono legal) del reglamento de la Ley n.° 27811 e incorpora dos anexos. La modificación del artículo 33 establece que se incorpore al Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) y al Ministerio del Ambiente (MINAM) como entidades responsables del control de ingreso de mercancías; además, designa al Organismo Nacional de Sanidad Pesquera (SANIPES) en lugar del Instituto Tecnológico Pesquero (ahora Instituto Tecnológico de la Producción - ITP) como responsable del control de ingreso de mercancías de recursos hidrobiológicos.

La Estrategia Nacional de Diversidad Biológica al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018 (EPANDB), aprobada mediante el Decreto Supremo n.° 009-2014-MINAM, presenta la situación de la biodiversidad del Perú en el Sexto Informe Nacional sobre la aplicación del CDB 2014 — 2017. Este informe menciona la eficacia de las acciones de control ante la posible contaminación por OVM en los cultivos de los que el Perú es centro de origen y diversificación, cultivos que sustentan la seguridad alimentaria nacional y global, por lo que el país ha decretado una moratoria de diez años a la introducción y liberación al ambiente de estos organismos, con el objeto de realizar los estudios necesarios para determinar y evaluar sus posibles impactos, y fortalecer las capacidades nacionales de modo que se pueda aprovechar los beneficios de la biotecnología moderna sin riesgo para nuestra biodiversidad (MINAM, 2014; 2019).

El cultivo de algodón es el más regulado en el Perú[2]. Aunque no es necesario revisar dicha legislación, es conveniente señalar que en abril del 2008 se aprobó la Ley n.° 29224, que declara patrimonio genético étnico-cultural de la nación al algodonero nativo peruano. Esta norma dispone el rescate, la recuperación, conservación y promoción en el ámbito nacional del algodonero nativo peruano denominado País[3] y se incorpora al Anexo de la Ley n.° 28477, Ley que declara a los cultivos, las crianzas nativas y especies silvestres usufructuadas como patrimonio natural de la nación.

2 Por ejemplo, la Resolución Ministerial n.° 0251-94-AG, Reglamento del cultivo del algodonero para los valles de la costa central.

3 Hasta 1997 estuvo prohibido el uso de semilla de algodón del cultivar nativo País, por considerarlo contaminante de los algodones comerciales de cada zona, disponiendo sanciones económicas, hasta que dicha disposición fue derogada mediante la Ley n.° 29224.

1.2 Marco institucional

Ministerio del Ambiente (MINAM):

El MINAM es un organismo del Poder Ejecutivo cuya función general es diseñar, establecer, ejecutar y supervisar la política nacional y sectorial ambiental, asumiendo la rectoría con respecto a ella.

En materia de bioseguridad, el MINAM es la instancia de coordinación intersectorial, el Punto Focal Nacional del Protocolo de Cartagena y el Punto Focal Nacional del Centro de Intercambio de Información en Seguridad de la Biotecnología. Asimismo, es el Centro Focal Nacional y Autoridad Nacional Competente en el contexto de la Ley n.° 29811 y su reglamento, encargado de proponer y aprobar las medidas necesarias para el cumplimiento del objeto de la referida ley con arreglo al Protocolo de Cartagena, promoviendo el logro de su finalidad a través de la generación de capacidades que permitan cumplir con los requerimientos de bioseguridad en forma eficaz y transparente, con los mecanismos de protección y fomento a la biodiversidad nativa, en el período de moratoria, con la finalidad de preparar al país para afrontar los retos que exige la liberación al ambiente de OVM en el territorio nacional con fines de crianza o cultivo.

Además, como autoridad nacional competente está encargada de realizar análisis cualitativos en los puntos de ingreso o áreas de cuarentena[4].

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA)

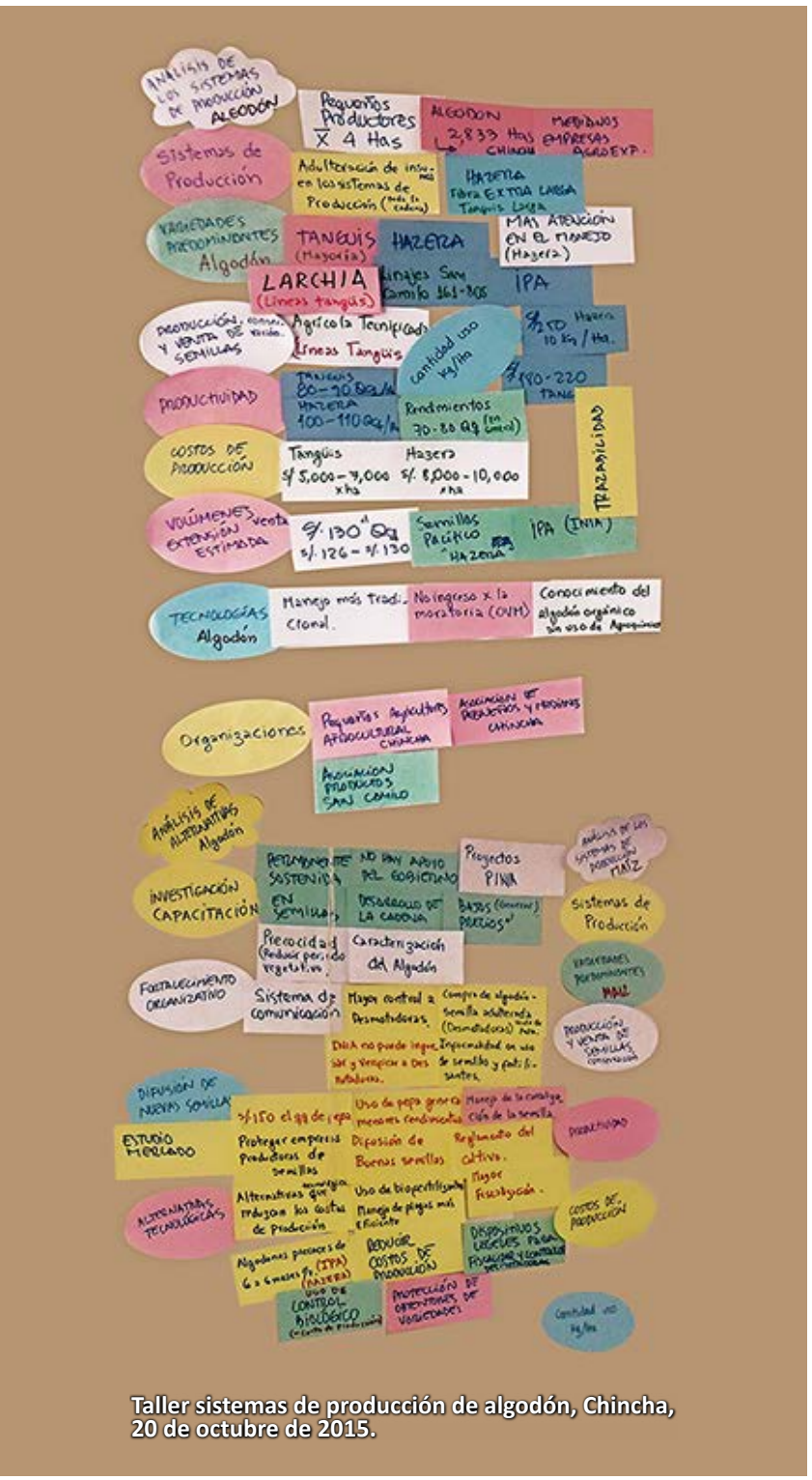
El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) es un organismo público técnico especializado, adscrito al MINAM, encargado de la fiscalización ambiental; a través de la Ley n.° 29325, se le otorga la calidad de ente rector del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización, con las funciones de asegurar el cumplimiento de las obligaciones ambientales fiscalizables por parte de los administrados, supervisar que las funciones de evaluación, supervisión y fiscalización ambiental a cargo de las diversas entidades del Estado, se realicen de forma independiente, imparcial, ágil y eficiente.

Mediante Resolución de Consejo Directivo n.° 011-2015-OEFA/CD, se establece que el OEFA asumirá la competencia encargada en el marco del reglamento de la Ley n.° 29811, aprobado mediante el Decreto Supremo N.° 008-2012-MINAM, y modificado por Decreto Supremo n.° 010-2014-MINAM, que establece "la transferencia al OEFA de las funciones de vigilancia, control, supervisión, fiscalización y sanción otorgadas al MINAM en materia de OVM, en cuanto al cumplimiento de los artículos 4 y 7 de la Ley 29811"[5].

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)

El MINAGRI, como organismo del Poder Ejecutivo, es el ente rector en materia agraria, con personería jurídica de derecho público. Entre sus competencias compartidas está el

4 Inciso e del artículo 33 del Decreto Supremo n.° 010-2014-MINAM.



Taller sistemas de producción de algodón, Chincha, 20 de octubre de 2015.

dictar lineamientos técnicos en materia de conservación, promoción y aprovechamiento de cultivos nativos y camélidos sudamericanos. También cuenta con la Dirección General de Asuntos Ambientales Agrarios, encargada de implementar las acciones en el marco del Sistema Nacional de Gestión Ambiental para la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables y en lo que corresponda, en concordancia con el MINAM.

Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA)

El INIA es un organismo técnico especializado[6] adscrito al MINAGRI, responsable de diseñar y ejecutar la estrategia nacional de innovación agraria. Entre sus funciones generales está la de actuar como el Órgano Sectorial Competente (OSC) para la seguridad de la biotecnología en el desarrollo de actividades con OVM agropecuarios o forestales o sus productos derivados. A la vez, dirige el Grupo Técnico Sectorial (GTS), como órgano de apoyo al OSC (artículos 6° y 10° del Decreto Supremo n.° 108-2002-PCM). Tiene funciones específicas de elaborar y proponer normas y ejercer las funciones de autoridad administrativa y de registro en materia de seguridad de la biotecnología moderna agropecuaria y forestal, según lo dispuesto por el Protocolo de Cartagena.

Esta institución supervisa el cumplimiento de las normas técnicas de bioseguridad referidas a la protección de la salud humana, el medio ambiente y la diversidad biológica, frente a actividades que involucran el uso de OVM en el

5 Artículo 1 de la Resolución de Consejo Directivo n.° 011-2015-OEFA/CD.
6 Decreto Supremo n.° 004-2018-MINAGRI.

ámbito agropecuario y forestal. Para ello cuenta con la Subdirección de Regulación de la Innovación Agraria, en la cual se encuentra inmersa la regulación de la biotecnología moderna y la bioseguridad.

En el marco del reglamento de la Ley n.° 29811, aprobado mediante el Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM, el INIA tiene el encargo de crear el Programa de Biotecnología y Desarrollo Competitivo para la realización de las siguientes acciones:

a) La promoción de la utilización responsable de la biotecnología moderna, sin que perjudique procesos productivos que ya son competitivos y sostenibles, cuyos bienes y productos sean apropiados y apropiables, y que no ponga en riesgo la biodiversidad nativa y naturalizada.
b) La identificación de las aplicaciones de la biotecnología con carácter multisectorial y la evaluación de su pertinencia y oportunidad en la solución de problemas específicos en los procesos productivos nacionales o en la generación de servicios para el desarrollo competitivo y sostenible del país.
c) La generación de condiciones, instrumentos y mecanismos legales y financieros que propicien el desarrollo competitivo de la biotecnología con base en los recursos genéticos nativos.

Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA)

El SENASA es un organismo público técnico especializado adscrito al MINAGRI, con autoridad oficial en materia de sanidad agraria, calidad de insumos, producción orgánica e inocuidad agroalimentaria. Entre sus funciones y atribuciones establece las medidas fito y zoosanitarias para la importación, uso y otras actividades que se realicen con OVM[7,8,9].

Esta entidad es responsable del aspecto fitosanitario del cultivo de algodón, con mandato de establecer y modificar, cuando sea oportuno, las fechas de siembra en cada valle productor de algodón, con períodos de campo limpio. Asimismo, el SENASA tiene la responsabilidad del muestreo de semillas (botánicas o vegetativas, incluyendo esporas, gametos, micelio y otras formas de reproducción vegetal), en los puntos de ingreso o áreas de cuarentena, y de la emisión de documentos resolutivos donde se comunique si existe o no la presencia de OVM[10,11].

Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria (SUNAT)

La Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria (SUNAT) es un organismo técnico especializado, adscrito al Ministerio de Economía y Finanzas, como parte de sus funciones debe controlar y fiscalizar el tráfico de mercancías, cualquiera sea su origen y naturaleza a nivel nacional.

En el marco de la Ley n.° 27811, se establece que la SUNAT efectuará el control aduanero, de conformidad con la legislación aduanera vigente, y procede en concordancia con las comunicaciones realizadas por el SENASA o el SANIPES para el levante de las mercancías cuando corresponda[12].

7 Inciso f del artículo 5° del Decreto Supremo n.° 008-2005-AG.
8 Artículo 5° de la Ley n.° 27322.- Ley Marco de Sanidad Agraria.
9 Artículo 3° del Decreto Supremo n.° 011-2011-AG.
10 Item 34.2 del artículo 34° del Decreto Supremo n.° 008-2012-MINAM.
11 Inciso a del artículo 33° del Decreto Supremo n.° 010-2014-MINAM.
12 Inciso a) del artículo 34.C del Decreto Supremo n.° 010-2014-MINAM.

2

CAPÍTULO

Diversidad y aspectos biológicos del algodón

Tangüis, Vista Alegre, Nazca.

Capítulo II: Diversidad y aspectos biológicos del algodón

El algodón es una planta cultivada que produce fibra textil a nivel mundial a partir de cuatro especies domesticadas del género *Gossypium,* parte del orden Malvales; incluye 51 especies divididas en 4 subgéneros y 8 secciones que presentan variación morfológica desde plantas herbáceas perennes en Australia, hasta árboles en México (Wendel y Grover, 2015).

2.1 Diversidad del algodón

Como sucede en otras plantas, cada especie de algodón contiene una diversidad genética, fisiológica y morfológica, que permite el reconocimiento de grupos menores. Diversos términos han sido creados para designar a tales grupos, existiendo los conceptos de variedad (usado para divisiones naturales), cultivar y linaje (usados para divisiones originadas por selección artificial), entre los más utilizados. Una definición de cada uno de estos términos es presentada en el siguiente recuadro.

Definiciones de especie y de categorías inferiores

ESPECIE
Biológicamente, es un grupo de individuos que pueden usualmente cruzarse entre sí y producen descendencia fértil (Oxford University, 2010).

VARIEDAD BOTÁNICA
El término 'variedad' define a una población de plantas pertenecientes a una misma especie que ha desarrollado caracteres distintivos a partir de la selección natural en respuesta a cambios de los factores ambientales (Arévalo *et al.*, 2006). En este sentido, para el presente estudio se utiliza el término variedad botánica como un taxón para un grupo de plantas que se mantienen en estado natural o silvestre, sin la intervención de la mano del hombre.

CULTIVAR
Un cultivar es un conjunto de plantas cultivadas que se distinguen por caracteres permanentes, morfológicos, fisiológicos, citológicos, químicos, etc., desarrollados para la agricultura, silvicultura u horticultura (Código Internacional de Nomenclatura de Plantas Cultivadas, 1962, citado por Arévalo *et al.*, 2006).

LINAJE
En algodón, el término "linaje" es y ha sido utilizado más que en otros cultivos y hasta la actualidad es utilizado en los programas de mejoramiento genético convencional, por ejemplo, para distinguir los *stocks* de los productores de semilla que lo conservan, sea registrado o no. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y el IICA dan la definición de “linaje” al "registro de la descendencia o ancestros, particularmente de una condición o rasgo particular, que indica a los miembros individuales, su relacion y su estatus en relación con el rasgo o condición" (NAL, 2020). En aplicación de esta definición y usos, diferentes empresas desarrollan cultivares o híbridos comerciales, a los cuales denominan linajes incluyendo el nombre de la empresa para distinguirlos como una marca propia.

2.1.1 Diversidad de especies

El material genético del algodón se agrupa en "juegos" de 13 cromosomas cada uno. Ese número es también conocido como "número básico de cromosomas", "número monoploide" o simplemente “x”. Las células sexuales pueden contener uno o varios de estos juegos, al número total de juegos que contienen se le denomina "número haploide" y se le asigna la letra "n". Algunas especies de algodón, llamadas diploides, poseen dos juegos de cromosomas en sus células somáticas (las células no sexuales), por lo que se las designa con un total de 2n = 2x = 26 cromosomas. Otras especies son tetraploides, con un número de 2n = 4x = 52 cromosomas.

Inicialmente se dividió a las especies de algodón en seis grupos clasificados de acuerdo al tamaño de sus cromosomas (Hutchinson *et al.*, 1947; citado por Garrido-Linares *et al.*, (2007). Posteriormente se las clasificó en nueve grupos, de los cuales un grupo comprende las especies tetraploides y los otros ocho grupos a las especies diploides. Estos grupos se diferencian en el número, forma, tamaño y comportamiento de los cromosomas, lo que ha llevado a reconocer a cada grupo como un genoma o grupo genómico, y se las designa con letras: una sola letra (A, B, C, D, E, F, G y K) a cada grupo de especies diploides y dos letras (AD) al grupo tetraploide. Cada grupo corresponde a un linaje natural (Seelanan *et al.*, 1997). Según Hutchinson *et al.* (1947); citado por Garrido-Linares *et al.* (2007), las especies diploides son originarias de cuatro continentes: América (genoma D), Australia (genomas C, G y K), África y Asia (genomas A, B, E y F).

El género *Gossypium* tiene amplia variabilidad morfológica entre especies y dentro de cada especie. Las especies del noroeste de Australia se presentan como herbáceas perennes y las del suroeste de México como árboles. Los colores de la corola abarcan un espectro que va del azul al púrpura (*G. triphyllum*), rosa (*G. sturtianum*), blanco y amarillo pálido (*G. barbadense y G. hirsutum*) e inclusive un profundo amarillo azufre (*G. tomentosum* de Hawái). Las cubiertas de las semillas van de ser casi glabras (*G. klotzschianum* y *G. davidsonii*) a presentar cerdas café, densas y firmes que ayudan en la dispersión por viento, pasando por formas con finas hebras blancas que caracterizan a plantas altamente mejoradas de las cuatro especies cultivadas (Wegier, 2013).

Son tres las especies de algodón presentes en el Perú. Dos de ellas son nativas: *G. barbadense*, conocido como "algodón del país", que es cultivada, y *G. raimondii* o “algodoncillo”, que es silvestre. La tercera, *G. hirsutum,* es una especie introducida y cultivada. En el Anexo 1 se presenta una clave rápida para la identificación de estas especies por sus flores y semillas.

La diversidad de *G. barbadense* en el Perú incluye a los cultivares Tangüis, Pima, Hazera, País, y Áspero, así como a la variedad botánica *brasiliensis*, conocida como algodón Arriñonado (MINAM, 2013a, 2013b, 2014, 2017).

G. raimondii, especie endémica del Perú, está en peligro crítico de extinción (CR) según la categorización de las especies amenazadas de flora silvestre del Perú[13], situación que se ha constatado al haberse encontrado solo cinco relictos en el norte peruano: uno en Chongoyape (Chiclayo, departamento de Lambayeque), uno en Chilete, dos en San Benito (Contumazá, departamento de Cajamarca) y uno en Cascas (Gran Chimú, departamento de La Libertad). Es preciso señalar que si se pierden estos relictos se podría extinguir la especie, por lo que se hace necesario impulsar acciones para su conservación.

G. hirsutum se cultiva principalmente en el departamento de Lambayeque, encontrándose en el Perú el cultivar denominado Del Cerro. De esta especie se ha encontrado plantas y poblaciones de algodón de fibra verde creciendo en forma subespontánea en el departamento de Lambayeque y en el distrito de Palcazú, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco (MINAM, 2014).

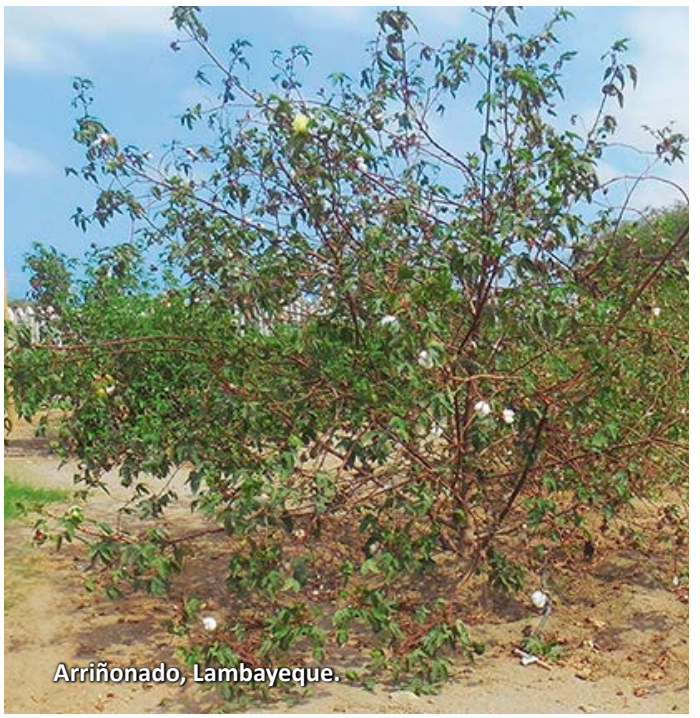
13 Decreto Supremo n.° 043-2006-AG.

2.1.2 Variedades

Una sola variedad botánica de algodón ha sido identificada en el Perú. Se trata del algodón *G. barbadense* variedad *brasiliensis*, que es distinta debido a que presenta semillas soldadas (Lazo, 2012) en dos hileras, que le dan un aspecto típico por el cual a esta variedad se la conoce en el país como "algodón arriñonado".

Al no haberse encontrado evidencia de que en el pasado esta variedad haya sido cultivada o seleccionada, se asume que los rasgos distintivos de este algodón fueron conseguidos por selección natural, por lo que corresponde la denominación de variedad botánica. En el pasado este algodón fue descrito como *G. barbadense* subespecie *brasiliensis*, a partir de muestras de algodón de tipo "amazónico" de origen desconocido (Stephens, 1973) y de fibra de color blanco, el cual crece en la Rupa Rupa y Omagua (Basurto, 2005; MINAM, 2014, 2017).

Las poblaciones de *G. barbadense* variedad *brasiliensis* son recursos genéticos importantes porque presentan rasgos adaptativos a los ambientes húmedos, presenta interesantes propiedades textiles como longitud de la fibra similar al Tangüis (30 a 32 mm), alta resistencia, similar al Pima Americano, color similar al Tangüis y Pima, con un alto nivel de brillo, peso de la fibra por bellota muy alto, similar a los mejores cultivares de algodón Del Cerro. Aunque el grosor de la fibra, típica del Áspero, limita sus aplicaciones textiles, estas características son apropiadas para el hilado y tejido de telas fuertes como lona, sarga, tela plana y otras ideales para uniformes escolares, de oficina y de fábrica, ropa militar, pantalones, camisetas y polos de peso medio, y la capellada para zapatillas y otro tipo de calzado (Lazo, J. 2020; citado por Expotextilnews[14]).



Arriñonado, Lambayeque.

14 Algodón Kidney: Un reciente descubrimiento en la región amazónica peruana. Recuperado el 8/04/2020 de http://www.expotextilnews.com.pe/algodon/algodon-kidney-un-reciente-descubrimiento-en-la-region-amazonica-peruana/

2.1.3 Cultivares

Seis cultivares de algodón son conocidos en el Perú, cinco de ellos pertenecientes a la especie *G. barbadense* y uno a *G. hirsutum*. Estos cultivares son:

- Áspero

  Cultivar perteneciente a la especie *G. barbadense.* Se trataría del cultivar al que corresponden las fibras que los antiguos Nazcas y Paracas emplearon en la elaboración de sus famosos mantos y que, además, fueron usadas por los pueblos preincas en tejidos mixtos con lana de alpaca y fibra coloreada en atuendos y mantos ceremoniales, tejidos que se continuó elaborando durante el virreinato y la época republicana. Este cultivar se encuentra en la Chala (Tumbes y Arequipa) y en la Rupa Rupa y Omagua (San Martín y Ucayali), donde presenta fibra blanca y fibra de colores (Basurto, 2005); también se encuentra en Huánuco (Vreeland, 1985). Es utilizado en la confección de prendas gruesas, como calcetines de deporte, por sus óptimas cualidades de absorción de humedad. Es un cultivo tradicional, de bajo rendimiento en algodón rama (861 kg/ha), de crecimiento tipo monopodial y ciclo tardío (7.5 a 8 meses). Se cultiva con prácticas agrícolas tradicionales y con mano de obra familiar. En 1976 registró el 0.5 % de la producción nacional de algodón en rama (Vreeland, 1985) y el 5 % en el año 2002 (Basurto, 2005). En la presente línea de base se ha incluido en este grupo a los algodones considerados como pertenecientes al cultivar Semi Áspero, presente principalmente en Lambayeque y Piura.

  Este cultivar estaría expuesto a la erosión genética por el abandono de su cultivo y la inadecuada selección de semillas, lo que se hace evidente por la pérdida de algunos colores, como el azul, que se menciona en antiguas crónicas (Basurto, 2005).

Áspero, Pachiza, Mariscal Cáceres, San Martín.

- Del Cerro

Cultivar perteneciente a la especie *G. hirsutum*, que tiene una fibra de color blanco brillante, fina y larga. No se sabe con exactitud cuándo fue introducido al Perú. Se especula que proviene de Brasil o que ingresó en la década de 1960 desde Centro América, o bien en la década de 1890 desde Estados Unidos. Actualmente se le cultiva en Lambayeque debido a su adaptación a las condiciones climáticas de esa zona. Su fibra es utilizada como complemento del Pima por la industria textil peruana.

Se encuentra también plantas y pequeñas poblaciones de plantas arvenses y ruderales en Lambayeque y Piura, que son aprovechadas selectivamente por la población rural. Este cultivar fue encontrado recientemente en la provincia de Oxapampa (Pasco), durante las prospecciones dirigidas por el MINAM (2013a, 2013b), tratándose del primer reporte de su presencia en esa región.

Del Cerro, Lambayeque.

Del Cerro, Palcazu, Oxapampa, Pasco.

Del País, Rupa Rupa, Leoncio Prado, Huánuco.

Del País

Perteneciente a la especie *G. barbadense* y conocido también como País, es el cultivar a partir del cual se habría domesticado el algodón en el Perú. Es perenne o semi perenne, subespontáneo y cultivado (Lazo, 2012), presenta fibras de colores (marrón, pardo, fifo o lila, uyco o crema y blanco). Fue cultivado extensamente a la llegada de los españoles en 1531 y hacia 1900 fue sustituido por algodones comerciales de fibra blanca (Fernández et al., 2003). También es llamado "criollo" (Basurto, 2005) y, últimamente, "nativo" (Vreeland, 1985; Vasquez y Pérez, 2012).

Se trata de un cultivar rústico, muestra resistencia a la sequía, a elevados niveles de salinidad y a altas concentraciones de boro (condiciones que afectan extensas áreas del litoral peruano) así como a diversas plagas y enfermedades comunes del cultivo de algodón (Vreeland, 1986). Tiene un tiempo de persistencia en campo promedio de diez años, pero se ha encontrado ejemplares en producción de cuarenta años, que el agricultor mantiene normalmente por la poda en forma de socas, la cual sigue floreciendo (Brack, 2004) en forma continua y alterna de rebrote y floración. En la actualidad es cultivado en el distrito de Mórrope, provincia y departamento de Lambayeque.

Su cultivo fue prohibido por considerársele hospedero de plagas, disponiéndose sanciones económicas. En la década de 1980, se realizó una campaña de sensibilización, para recuperar este algodón nativo; dicha prohibición fue luego derogada en 1997 mediante la Ley n.° 29224, (Chicoma *et al.*, 1985), gracias a lo cual el cultivo de este algodón se recuperó parcialmente. Este cultivar representa un invaluable recurso genético (Fernández *et al.*, 2003), sobre cuya variabilidad genética y potencial se tiene escaso conocimiento (Arévalo y Fernández, 1995; Vreeland, 1985).

Además de su notable fibra, tiene otras potenciales ventajas botánicas y fitosanitarias, así como posibles propiedades farmacológicas que deben ser estudiadas con más detenimiento (Fernández *et al.*, 2003; Brack, 2004).

Este cultivar enfrenta serias amenazas debido a la destrucción de sus hábitats y al reemplazo de los tipos locales, por lo que se debe implementar estrategias de conservación tanto *ex situ* como *in situ* (Westengen *et al.*, 2005).

- Hazera

Sus progenitores son los cultivares Pima (*G. barbadense*) y Acala (*G. hirsutum*), este último de fibra extra larga e introducido al Perú desde Israel a partir de la década de los noventa. Es un algodón precoz y tiene una productividad potencial de entre 4600 a 5060 Kg/ha[15] (MINAM, 2015). Ha sido logrado por la empresa homónima, que es líder en la industria de semillas y que desarrolla, produce y comercializa cultivares y semillas en una amplia gama de cultivos en todo el mundo.

Hazera, Santa, Ancash.

- Pima

Este cultivar, perteneciente a la especie *G. barbadense*, fue introducido a Piura el año 1922 por Emilio Hilbck Seminario, procedente de Texas, EE.UU. Los experimentos de adaptación se realizaron en campos experimentales de Lambayeque y Piura (INIA, 2018). No se conoce la cantidad de semilla introducida, lo que no permite inferir sobre la base genética de esa introducción inicial. Posteriormente fue probado en otras partes de la región Chala, sin lograr su adaptación. También se hizo intensos trabajos de mejoramiento genético, que dieron como resultado diferentes poblaciones denominadas "linajes", y que derivaron en la denominación del Pima Peruano, reconocido internacionalmente por su alta calidad de fibra extralarga de color blanco cremoso.

Aunque el Pima es resultado de procesos de selección y cruzamientos, su diversidad genética es estrecha, tal como se encontró en un estudio con 34 marcadores SSRs polimórficos de 23 accesiones de algodón Pima (Montoya, 2008).

Del Cerro, Lambayeque.

15 Se ha realizado la conversión de la medida denominada "quintal": Expresión que en términos de peso equivale a 46 kg. Recuperado el 30/03/2020, del sitio web: http://www.guiadealgodon.org/guia-de-algodon/factores-de-conversion/

Tangüis, Vista Alegre, Nazca.

Tangüis

De origen netamente peruano (Simbrón, 2014), este cultivar de la especie *G. barbadense* fue logrado por el Sr. Fermín Tangüis a partir de la selección de 10 bellotas (Klinge, 1932), lo que explica la muy limitada diversidad genética, con alto grado de similaridad, encontrada en 45 accesiones a nivel de 34 marcadores SSRs polimórficos (Montoya, 2008). Entre sus características más relevantes está su resistencia al *wilt* o marchitez, ser de fibra larga y de color blanco brillante, y tener un crecimiento indeterminado. Está adaptado a las condiciones de la región natural Chala, en la costa central y sur del país.

Con este cultivar se hizo intensos trabajos de selección que derivaron en diferentes poblaciones o "linajes" denominados con letras de acuerdo a la procedencia. Por ejemplo, la "ch" corresponde a los linajes seleccionados en Chincha, mientras "cñ" designa a los linajes seleccionados en Cañete.

Áspero pardo, Pachiza, Mariscal Cáceres, San Martín.

Del Cerro, Lambayeque.

2.1.4 Linajes

- Linajes del cultivar Áspero:

El INIA ha liberado el linaje INIA 802 Shanao, a partir de algodón Áspero (*G. barbadense*), nativo, con mayor productividad y adaptado a los valles del Sisa, Bajo Mayo y Huallaga central. Posee fibra de color blanco opaco y rendimiento en rama de 1000 a 1500 kg/ha y en fibra de 395 a 593 kg/ha (INIA, 2004).

El INIA también ha liberado el INIA 804 Colorina, obtenido del algodón Áspero nativo de San Martín. Este linaje es denominado Colorina por ser el primer algodón de color logrado por mejoramiento genético convencional (INIA, 2014).

- Linajes del cultivar Del Cerro:

De este cultivar, el INIA ha liberado el INIA 801 Utquillo, seleccionado del algodón norteamericano Upland por su tolerancia al ataque del 'brazo negro' o 'mancha angular' causados por *Xanthosomas campestris* pv. *Malvacearum*. Tiene alto rendimiento en rama y buena calidad de fibra (INIA, 2013).

También se ha liberado el INIA 803 Vista Florida, obtenido de poblaciones de algodón Del Cerro de diferentes zonas algodoneras de Lambayeque. Presenta productividad, precocidad y calidad de fibra sobresalientes, se adapta a los valles algodoneros de Lambayeque como La Leche, Zaña, Motupe y Olmos (INIA, 2012).

Pima, Catacaos, Piura.

- Linajes del cultivar Pima:

  Los linajes 6, 8, CPR 15, CPR 21, PPM N-2, PPM N-4 son conservados y distribuidos por FUNDEAL[16], que viene mejorando el algodón Pima Peruano por más de 35 años, tratando de obtener linajes altamente productivos y con la calidad que exige la industria textil como micronaire 3.5 a 3.8, resistencia entre 36 a 40 g/tex, uniformidad mayor a 48 % y longitud de fibra entre 38 a 40 mm (FUNDEAL, 2013). El PPM N2 y el PPM N4 tienden a la precocidad y crecimiento semi determinado, son tolerantes a la marchitez del algodonero o fusariosis causada por el hongo *Fusarium oxisporum* f. *vasinfectum* (FUNDEAL, s.f.).

  El linaje HRC-4, llamado también Pima Vicus, fue seleccionado por el INIA. Es de ciclo corto (150 días), con potencial de cosecha de hasta dos pañas[17] y rendimiento de 2500 - 3013 Kg/ha[18] (INIA, 2010).

  El IPA-59 ha sido desarrollado por el IPA. Es una planta con alta precocidad (6.0 a 6.7 meses), hábito de crecimiento más determinado con alta productividad de algodón rama (3600 a 4600 Kg/ha) y alta calidad de fibra, con cualidades del tipo Pima Americano. (IPA, 2015). El IPA llama progenies o líneas avanzadas al material experimental que se encuentra en diferentes estados de investigación para el logro de nuevos cultivares, sin utilizar el término "linaje"[19].

16 El 2019 proveyó semilla para dos mil hectáreas de algodón mediante acuerdos con 13 juntas de regantes. Fuente: Diario Gestión. 23/05/2019. Lima.
17 Paña: Es cada recojo a mano que se realiza durante el periodo de la cosecha (Reyes, 2014).
18 Se ha realizado la conversión de la medida denominada “Carga”: Expresión que en términos de peso equivale a 364 libras, o 3.64 quintales de algodón en rama (Reyes, 2014).
19 IPA, Actividades Año 2014. Recuperado el 31/03/2020, del sitio web: http://www.ipaperu.org/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=94

- Linajes del cultivar Tangüis:

Hasta el año 2011, la Asociación de Agricultores de Cañete conservaba semilla de los linajes Cñ W-339-67, Cñ W-21-75, Cñ-CPR-208-83, todos derivados del cultivar Tangüis (Veramendi y Lam, 2011). El prefijo Cñ indica la procedencia de Cañete.

La Asociación de Fomento Agroindustrial de Chincha conserva semilla de los linajes CH-CPR-118-74 y CH-H-49-82, las cuales son plantas de fibra tipo Tangüis (Veramendi y Lam, 2011).

La sucesión Luis Massaro Gatnau conserva semilla del linaje LMG 1-72, que fue seleccionado a partir de 1972 del linaje Cñ — W — 452 — 66 y que se cultiva en forma comercial desde 1977. Posee las mismas características del Tangüis tradicional en su color, pero con alta resistencia y alta madurez (lectura elevada del micronaire), sin deterioro de la finura intrínseca de la fibra (Massaro, s.f.).

La Asociación de Agricultores de Ica conserva semilla de los linajes ICA 161-74, ICA 805-W-63, ICA 183-81. Estos linajes fueron creados tras largos años de rigurosas pruebas, y seleccionados desde Casma en el departamento de Ancash hasta Acarí en el departamento de Arequipa, lo que ha dado excelentes resultados. Las plantas son de fibra tipo Tangüis y procedentes de Ica (Asociación de Agricultores de Ica, s.f.).

La UNALM ha liberado, cultiva semilla y promociona el linaje UNA-1 (UNALM, s.f.). También conserva y cultiva semilla de UNA Centenario.

El IPA, por su parte, ha logrado, cultiva y promociona el cultivo de IPA-09, cuyas características más destacadas son su alta rusticidad y potencial de rendimiento en diversas condiciones de clima, suelo y manejo. La intensa actividad del IPA ha sido reportada en su sitio web hasta la campaña 2014-2015, en que reportaban el incremento de semilla de este linaje para cubrir 3000 ha en costa central y norte.[20]

Tangüis, Aplao, Castilla, Arequipa.

20 IPA, Actividades Año 2014. Recuperado el 31/03/2020, del sitio web: http://www.ipaperu.org/index.php?option=com_content&view=article&id=123&Itemid=94

2.2 Distribución de la diversidad del algodón en el Perú por departamentos y distritos

Entre los años 2013 a 2018 se hizo prospección en 616 distritos de todo el país; En la Tabla 1 y el Mapa 1 se observa la más amplia presencia de *G. barbadense* en el 99.53 % de los distritos visitados, es decir en 422 de 424 distritos donde se encontró algodón; *G. raimondii* en 4 y *G. hirsutum* en 10. En general, el departamento donde se encuentra algodón en más distritos es San Martín, con 77 distritos, seguido de Amazonas con 44 distritos. Lambayeque y Cajamarca son los departamentos con mayor concentración de la diversidad genética del algodón, donde se constató la presencia de las tres especies.

Tabla 1: Distribución de especies de algodón por departamentos y número de distritos con su presencia. Perú, 2013 - 2018

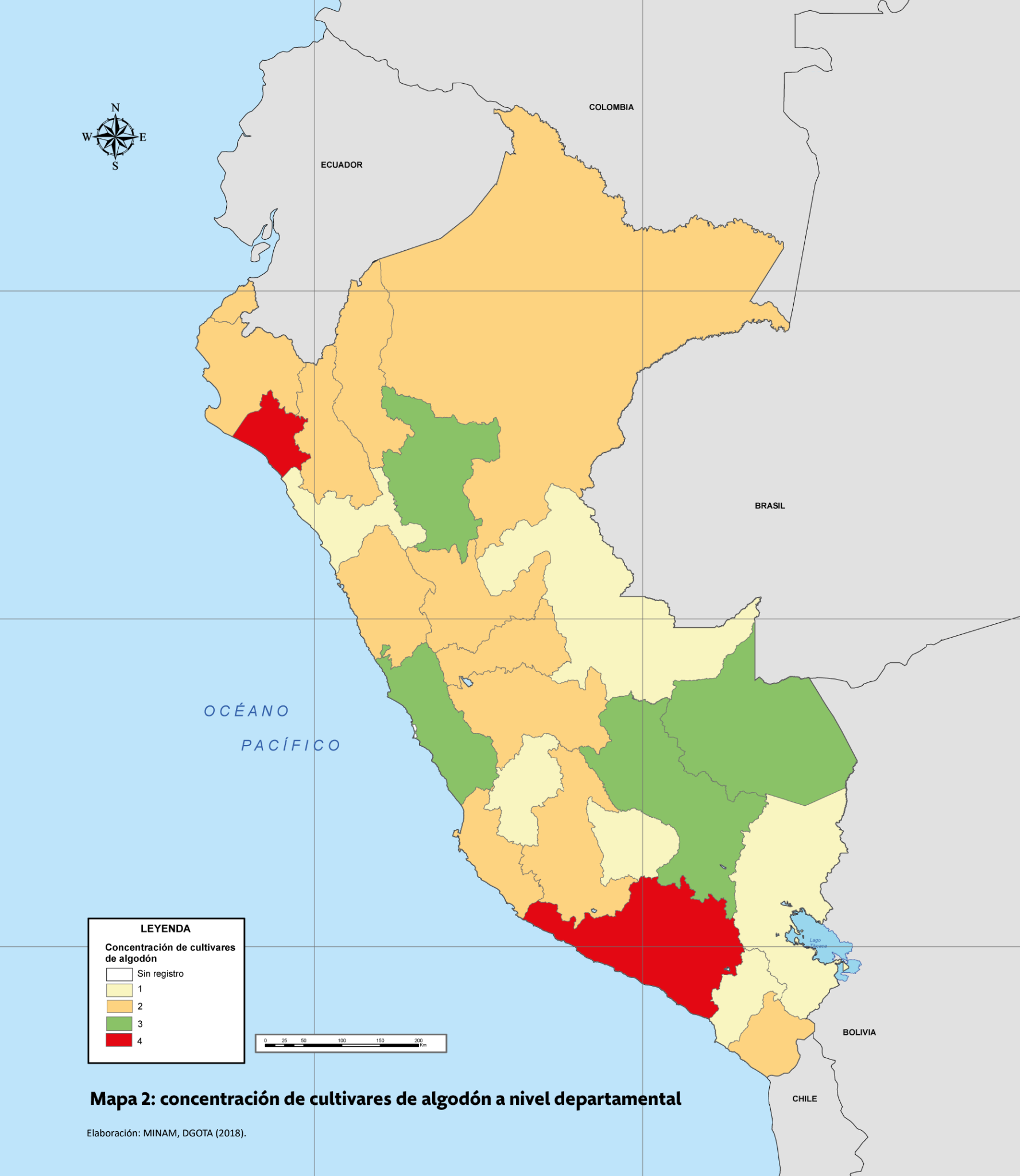
DEPARTAMENTO	*G. barbadense*	*G. raimondii*	*G. hirsutum*	TOTAL
Amazonas	44 (2)			44
Áncash	6			6
Apurímac	3			3
Arequipa	11			11
Ayacucho	3			3
Cajamarca	25 (1)	2	2	25
Cuzco	10 (1)			10
Huancavelica	7			7
Huánuco	19 (1)			19
Ica	34			34
Junín	16 (8)			16
La Libertad	13	1		14
Lambayeque	17	1	7	18
Lima	38			38
Loreto	33 (3)			33
Madre de Dios	7 (1)			7
Moquegua	3			3
Pasco	8		1	8
Piura	21			21
Puno	2			2
San Martín	77 (1)			77
Tacna	7			7
Tumbes	7			7
Ucayali	11			11
Total	**422**	**4**	**10**	**424**

Entre paréntesis se indica el número de distritos en los que se ha registrado la variedad botánica *brasiliensis.*

Fuente: MINAM (2018)

Mapa 1: Distribución departamental actual de especies de algodón en el Perú

Elaboración: MINAM, DGOTA (2018).



Mapa 2: concentración de cultivares de algodón a nivel departamental

Elaboración: MINAM, DGOTA (2018).

Durante los estudios de prospección también se ha levantado información sobre la distribución del algodón por cultivares, la cual se presenta en la tabla 2.

Tabla 2: Número de distritos por departamento con presencia de cultivares de algodón en el Perú, 2013 – 2018.

DEPARTAMENTO	DEL PAÍS	TANGÜIS	ÁSPERO	PIMA	ARRIÑONADO	TOTAL
Amazonas	43				2	45
Áncash	4	3				7
Apurímac	3					3
Arequipa	5	7	1			13
Ayacucho	2		1			3
Cajamarca	25				1	26
Cusco	9		4		1	14
Huancavelica	7					7
Huánuco	19				1	20
Ica	1	34				35
Junín	14				8	22
La Libertad	13					13
Lambayeque	17			4		21
Lima	2	37		1		40
Loreto	33				3	36
Madre de Dios	5		1		1	7
Moquegua	3					3
Pasco	8					8
Piura	19			5		24
Puno	2					2
San Martín	3		76		1	80
Tacna	6	1				7
Tumbes	4		3			7
Ucayali	11					11
Total	**258**	**82**	**86**	**10**	**18**	**454**
Porcentaje	**56.83**	**18.06**	**18.94**	**2.20**	**3.96**	**100.00**

Fuente: MINAM (2018).

Señora con hilados de algodón Del País.
Cuispes, Bongará, Amazonas.

Algodón Del País.
Picota, San Martín.

El cultivar nativo Del País es el más distribuido, creciendo en forma semi espontánea en los 24 departamentos. Es en Amazonas donde se le encontró en más distritos (43), seguido de Loreto (33) y Cajamarca (25).

La variedad botánica *brasiliensis* se encontró en forma semi espontánea en ocho departamentos del Perú, en más distritos de Junín (8), seguido de Loreto (3) y Amazonas (2).

El cultivar nativo Áspero se encuentra en seis departamentos del Perú, encontrándose en la mayor cantidad de distristos en San Martín (76), seguido de Cusco (4) y Tumbes (3).

El Tangüis se encuentra en seis departamentos, cultivado o creciendo en forma semi espontánea en varios distritos de Lima (37), Ica (34), Arequipa (7), Áncash (3) y Tacna (1). El Pima ha sido encontrado cultivado en algunos distritos de Piura (5), Lambayeque (4) y Lima (1).

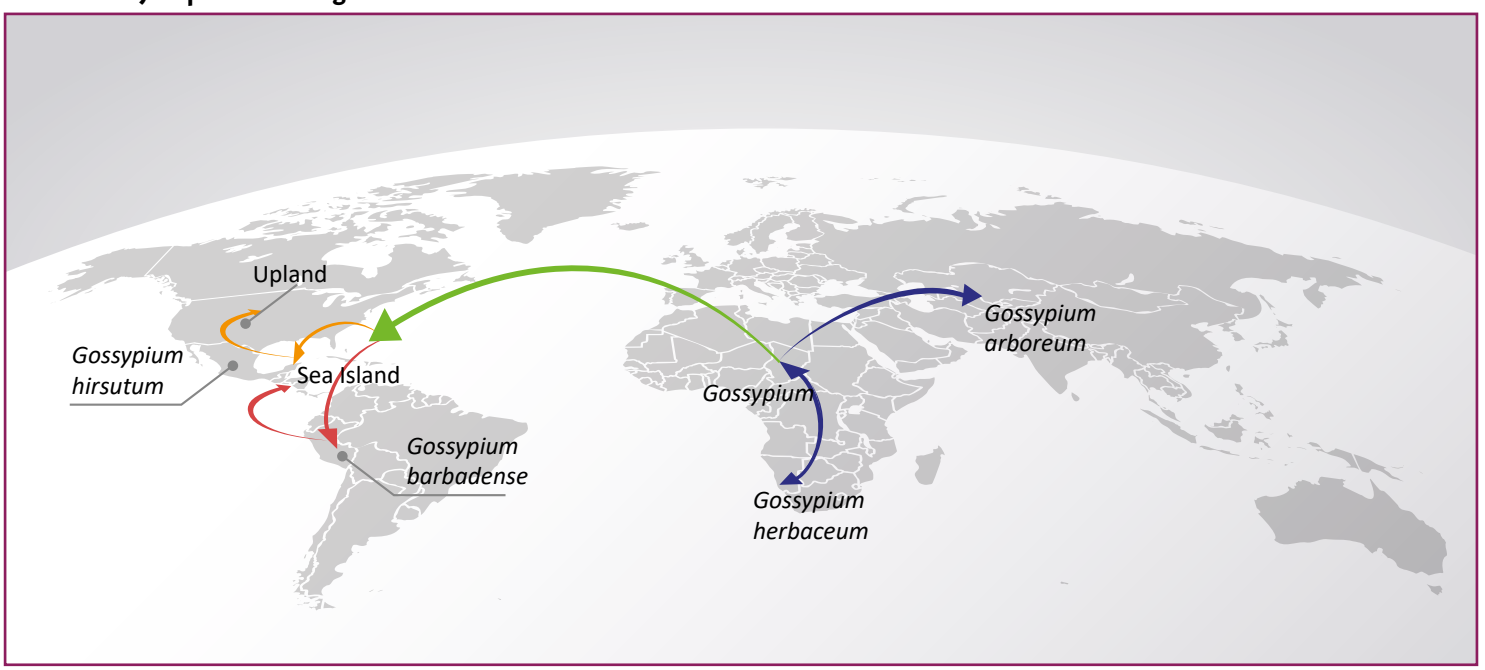
2.3 Origen, domesticación y dispersión

El género *Gossypium* se habría originado en África a partir de la divergencia o separación de sus ancestros durante el Mioceno (Garrido-Linares *et al.*, 2007), entre 5 y 15 millones de años atrás, a lo que siguió una rápida y temprana diversificación de los principales grupos genómicos. La historia evolutiva del género incluyó múltiples episodios de dispersión transoceánica, invasión de nichos ecológicos y alta hibridación interespecífica natural entre especies que en la actualidad están geográficamente aisladas (Wendel y Cronn, 2003).

Los algodones alopoliploides parecen haber surgido como consecuencia de la dispersión transoceánica de un taxón del genoma A hacia el Nuevo Mundo, seguida de la hibridación con un diploide del genoma D indígena del Nuevo Mundo, lo que, a su vez, siguió con la duplicación del número de cromosomas, resultando en las especies comercialmente importantes: *G. barbadense* y *G. hirsutum*. Esta duplicación del genoma ha conducido a una serie de interacciones genéticas que ha contribuido al éxito de la adaptación morfológica, fisiológica y ecológica, así como nuevas oportunidades para la mejora agronómica a través de la selección humana (Wendel y Cronn, 2003).

Sobre el origen de *G. raimondii*, esta especie es parte del genoma D, que al parecer no tiene más de 10 millones de años, lo que implica un origen posterior a la dispersión desde África. El genoma D involucra un conjunto de 13 especies, la mayoría concentrada en el oeste de México, por lo que dicho país sería un centro de diversificación. Es probable que el linaje del genoma D se haya establecido inicialmente ahí y diversificado en esa región. Se infiere que posteriormente se dieron dispersiones a larga distancia, probablemente en el Pleistoceno relativamente reciente, que condujeron a la evolución y aparición de *G. raimondii* en Perú y de *G. klotzschianum* en las Islas Galápagos (Wendel y Percival, 1990; citado por Wendel *et al.*, 2010).

Distribución y dispersión del algodón cultivado



G. barbadense es considerada una especie alotetraploide producto de la fusión por hibridación de los genomas A y D, donde el genoma A fue aportado por un ancestro de *G. arboreum* y *G. herbaceum,* y el genoma D fue aportado por *G. raimondii*. Este fenómeno natural habría ocurrido hace aproximadamente uno o dos millones de años (Westengen *et al.*, 2005) en Sudamérica (Fryxell, 1984), como resultado de la reunión biológica verdaderamente sorprendente entre genomas diploides ancestrales que actualmente están restringidos geográficamente a diferentes hemisferios (Wendel y Cronn, 2003).

Las especies que producen fibra textil y que fueron cultivadas desde tiempos remotos son cuatro: *G. barbadense*, *G. hirsutum*, *G. herbaceum* y *G. arboreum.* Estas son producto de un proceso de domesticación simultánea, las dos primeras en América y las dos últimas en África y Asia (Wendel y Cronn, 2003).

Sobre la domesticación del algodón en el Perú, se toma como referencia que en el Arcaico Pre cerámico habría surgido la agricultura en la costa peruana con la domesticación de plantas, cuando los pescadores combinaban el uso de los recursos marinos con los componentes hortícolas complementarios, como el algodón, para elaborar redes de pesca (Lumbreras, 2006). El algodón, que se siembra desde hace al menos 6000 años en Perú, ha sido utilizado por los peruanos desde tiempos remotos en sus prendas de vestir, redes de pesca, cordeles y mantas, entre otros (Brack, 2004 y 2015).

Los trabajos realizados por Junius Bouton Bird en 1946 proporcionan información sobre las muestras más antiguas de domesticación provenientes de Huaca Prieta y Ancón, donde se ha encontrado restos de cápsulas y fibras de algodones con características intermedias de domesticación, de una época entre los 3000 a 1800 años a. C. (Lumbreras, 2008; Lazo, 2004; Brack, 2003, 2004, 2015).

Los patrones geográficos de distribución de la diversidad genética de *G. barbadense* revelan que los algodones peruanos presentan características primitivas, con patrones distintos a los de otros algodones de Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela y las islas del Caribe (Westengen *et al.,* 2005). Esta evidencia sustenta que el territorio conformado por el noroeste del Perú y el sudoeste de Ecuador sería el posible centro desde donde el algodón primitivo sudamericano se habría dispersado sobre los Andes y expandido a lo largo de su rango de distribución precolombino. En la Amazonía peruana se constata el carácter de semillas soldadas con la presencia de *G. barbadense* variedad *brasiliensis* (MINAM, 2014, 2017). Sobre la base de estas evidencias, se sostiene que la costa norte peruana es el centro de origen de *G. barbadense* y *G. raimondii*, así como el centro primario de domesticación de *G. barbadense*. Desde aquí el algodón se habría dispersado (probablemente en el marco de la domesticación) a lo largo de los Andes, y de allí a otras partes del continente (Westengen *et al.,* 2005).

Mucho antes del arribo de los españoles a América, algodones domesticados cultivados y no cultivados fueron utilizados por su fibra por las primeras comunidades americanas localizadas al oeste de los Andes (Lazo, 2012). Entre los años 2000 y 1000 a.C., la difusión de los algodones domesticados se habría hecho más activa entre el oeste y el este de los Andes. La dispersión hacia la Amazonía se dió a partir de formas domesticadas, probablemente desde lo que hoy es Perú, Ecuador y Colombia, en dos puntos de los Andes: el paso del Cauca en Colombia, y el paso del Alto Marañón en el norte del Perú, que habría sido favorecida por las redes fluviales vecinas al río Orinoco en Colombia, y a los ríos Huallaga y Ucayali en el Perú (Lazo, 2012).

El algodón tipo Amazónico, *G. barbadense* variedad *brasiliensis*, cuyo origen no está claramente establecido, se habría dispersado hacia el oeste de los Andes a través del paso del río Apure en el noroeste de Colombia (Stephens, 1973). La confirmación de esta teoría, sin embargo, requiere mayor evidencia, sobre todo de los algodones de la zona del Marañón, pues representarían formas intermedias entre los tipos del oeste y del este de los Andes (Ano y Schwendiman, 1984; Lazo, 2012). Este algodón se adaptó bien a las condiciones tropicales húmedas existentes en toda el área del norte de Argentina, Bolivia, Paraguay, noreste de Brasil, las Guayanas y el norte de Sudamérica (Hutchinson, 1947; citado por Lazo, 2012).

Probablemente, *G. barbadense* llegó en diversas épocas a las islas Galápagos a partir de la costa noroccidental de América del Sur por intermedio de la corriente de Humboldt, donde

colonizó las zonas costeras y se adaptó a los suelos rocosos de origen volcánico (Boza, 1934; Giles, 1961; Stephens y Rick, 1966; citados por Lazo, 2012).

La dispersión de *G. barbadense* hacia Las Antillas habría ocurrido desde el norte de Sudamérica con la ayuda de las corrientes marinas favorecidas por su curso en dirección noroeste a partir del noreste de Brasil, de las Guayanas y de Venezuela, así como por las posibles migraciones de taínos y caribes realizadas entre los años 1000 a. C. y 300 d. C., quienes habrían llegado hasta la Isla de Cuba (Stephens, 1967).

Tras el arribo de los europeos a las Américas se empezó el cultivo de los algodones de fibra larga y extra larga denominados ELS (siglas en inglés de *extra long staple*), a través de la introducción del algodón Sea Island a los Estados Unidos de América en 1766, desde Jamaica o desde las Islas Bahamas. El origen exacto del algodón Sea Island se desconoce (Gururajan, 2007).

Los primeros trabajos de selección en los Estados Unidos de América datan del siglo XVIII y fueron realizados en Carolina del Sur (anónimo, 1841) y Georgia, a partir de algodones semi-domesticados migrados de las Antillas, dando posiblemente origen al cultivar Sea Island, de fibra fina con bajo porcentaje de fibra y bajo rendimiento (Balls, 1912; Brown, 1938; Hutchinson, 1962; citados por Lazo, 2012). Los genetistas sugieren que el algodón Sea Island adquirió fotosensibilidad, fibras extra largas y resistencia por herencia transgresiva a través de la introgresión de genes, probablemente de *G. hirsutum*, pero su cultivo se dio solo hasta 1920, cuando una infestación severa del picudo mexicano del algodonero (*Anthonomus grandis*) hizo imposible que continúe (Gururajan, 2007).

Por otro lado, el ingeniero francés Louis Alexis Jumel (Breuil-le-Sec, Oise, 1785 — El Cairo 1823), que en su época fue constructor de telares y máquinas de hilar, fue llamado a Egipto en 1817 por el bajá Mechemet Alí para hacerse cargo de las fábricas de hilados. Jumel llevó el algodón subespontáneo de origen peruano a Egipto, cuyas fibras largas eran mejores que el cultivar indígena del valle del Nilo. Este algodón fue cultivado a iniciativa suya y apareció en los mercados en 1821 con la denominación de algodón Jumel, también conocido como Mako (García, s.f.).

En 1820, producto de cruzamientos con el algodón Jumel se obtuvo los primeros cultivares Egipcios Mit-Afifi y Sakel, entre 1868 y 1900. Estos mostraban caracteres similares a los algodones perennes, plantas arborescentes de ciclo tardío (Balls, 1912; Brown, 1938; Hutchinson, 1962; citado por Lazo 2012). Estos cultivares son los más antiguos de Egipto, sumándoseles luego los cultivares Zagora, Fouadi, Nahda, Maarad y Casoulig, que tienen su origen en el siglo pasado, a partir de las descendencias de cruzamientos efectuados entre algodones perennes de tipo peruano y el cultivar Sea Island (Gururajan, 2007).

Semillas de Mit-Afifi fueron llevadas a Estados Unidos de América. Después de varios experimentos a comienzos del siglo XX se logró el cultivar Yuma y más tarde el Pima; mientras que en Egipto se logró los cultivares Giza y Karnak, entre otros, con un mejoramiento significativo de la calidad de longitud, uniformidad, tenacidad y finura de la fibra. Estos cultivares han constituido la base para la formación del grupo de algodones ELS (Balls, 1912; Brown, 1938; Hutchinson, 1962; citados por Lazo, 2012).

Los algodones ELS en Estados Unidos de América se conocen como Pima, tienen su origen en el cultivar Sea Island que se cruzó con algodones egipcios para producir los algodones ELS contemporáneos. El programa de Mejora del Pima del USDA fue responsable del desarrollo de este cultivar. El primer algodón ELS liberado al mercado fue el Yuma en 1908, como resultado de la reselección de Mit-Afifi. El Pima fue obtenido en Arizona en 1910, derivado del Yuma. Posteriormente, llegó a Estados Unidos de América el cultivar Sakel de Egipto, que fue cruzado con el Pima en 1918, generando el Pima-S1, liberado en 1953. Subsecuentes selecciones derivaron en el Pima-S2 (Gururajan, 2007).

En 1922 don Emilio Hilbck Seminario trajo al Perú desde Arizona semillas de Pima en forma reservada, las que plantó en Piura y produjeron magníficas cosechas, aclimatándose y generalizándose su uso, y originando el algodón al que se denominó luego el Pima peruano (Moya, 2006).

Arriñonado, Nieva, Condorcanqui, Amazonas.

2.4 Biología, fenología y ecología

2.4.1. Ubicación taxonómica

Las especies de algodón encontradas en el Perú han sido catalogadas sobre la base del sistema de clasificación filogenética de Adolph Engler (1974), en concordancia con el Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Mostacero *et al.*, 2009). Su clasificación se muestra en el siguiente recuadro.

Clasificación botánica de los algodones del Perú

Algodoncillo *(G. raimondii)*, Chongoyape, Chiclayo, Lambayeque.

2.4.2. Características de las especies

Las distintas especies de algodón tienen características que las diferencian; muchas de ellas se encuentran en las flores. Para facilitar la comprensión de las descripciones que se da a continuación, se presenta un esquema de la estructura floral en la Figura 1.

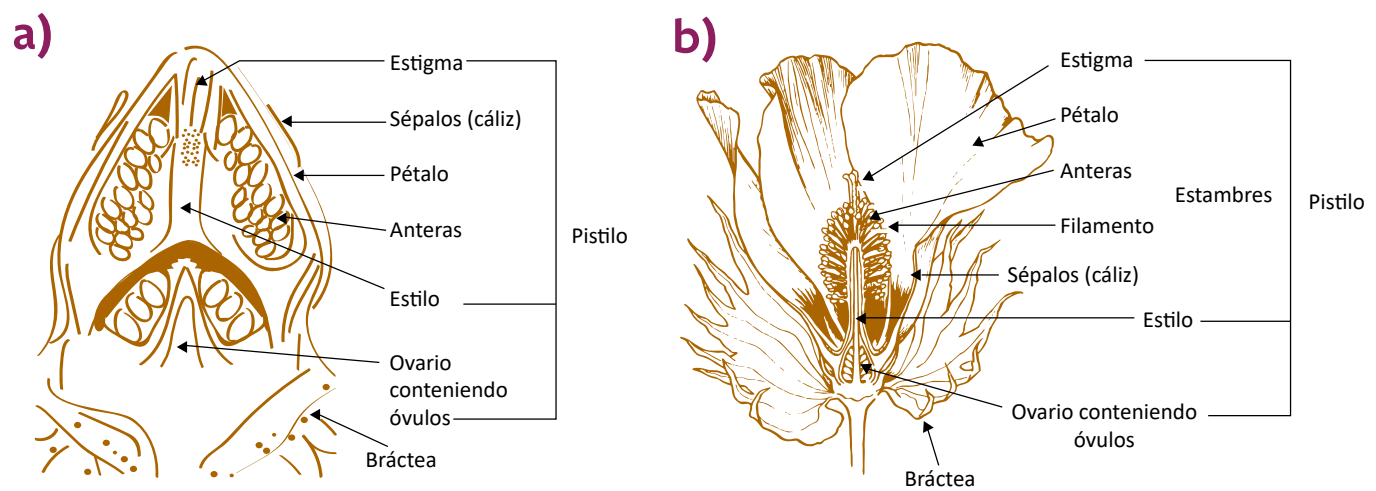


Figura 1. Esquema de sección de: a) botón floral, y b) flor madura de algodón

(Dibujos a partir de fotografías de UC Davis (2020)[21])

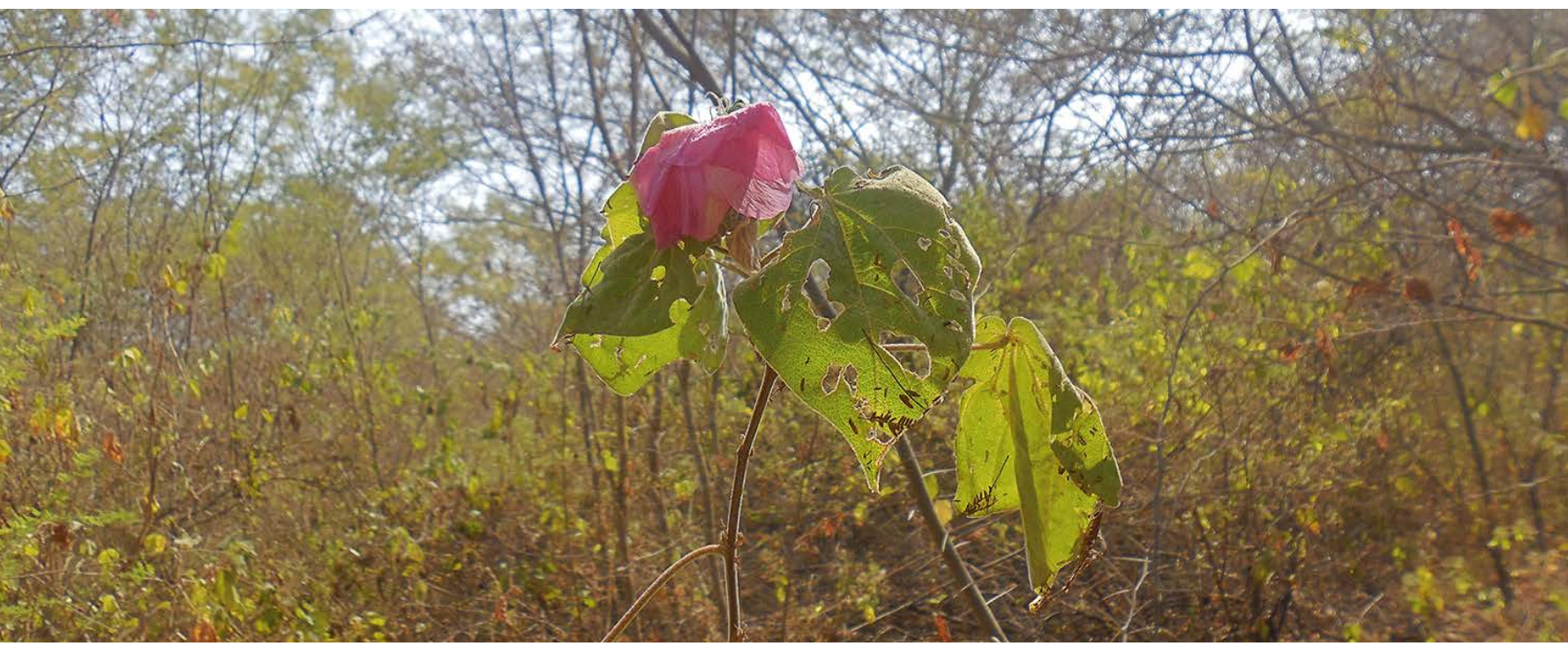
21 University of California at Davis. Recuperado de http://www-plb.ucdavis.edu/labs/rost/cotton/Reproduction/fanat.html, visitado el 02/04/2020

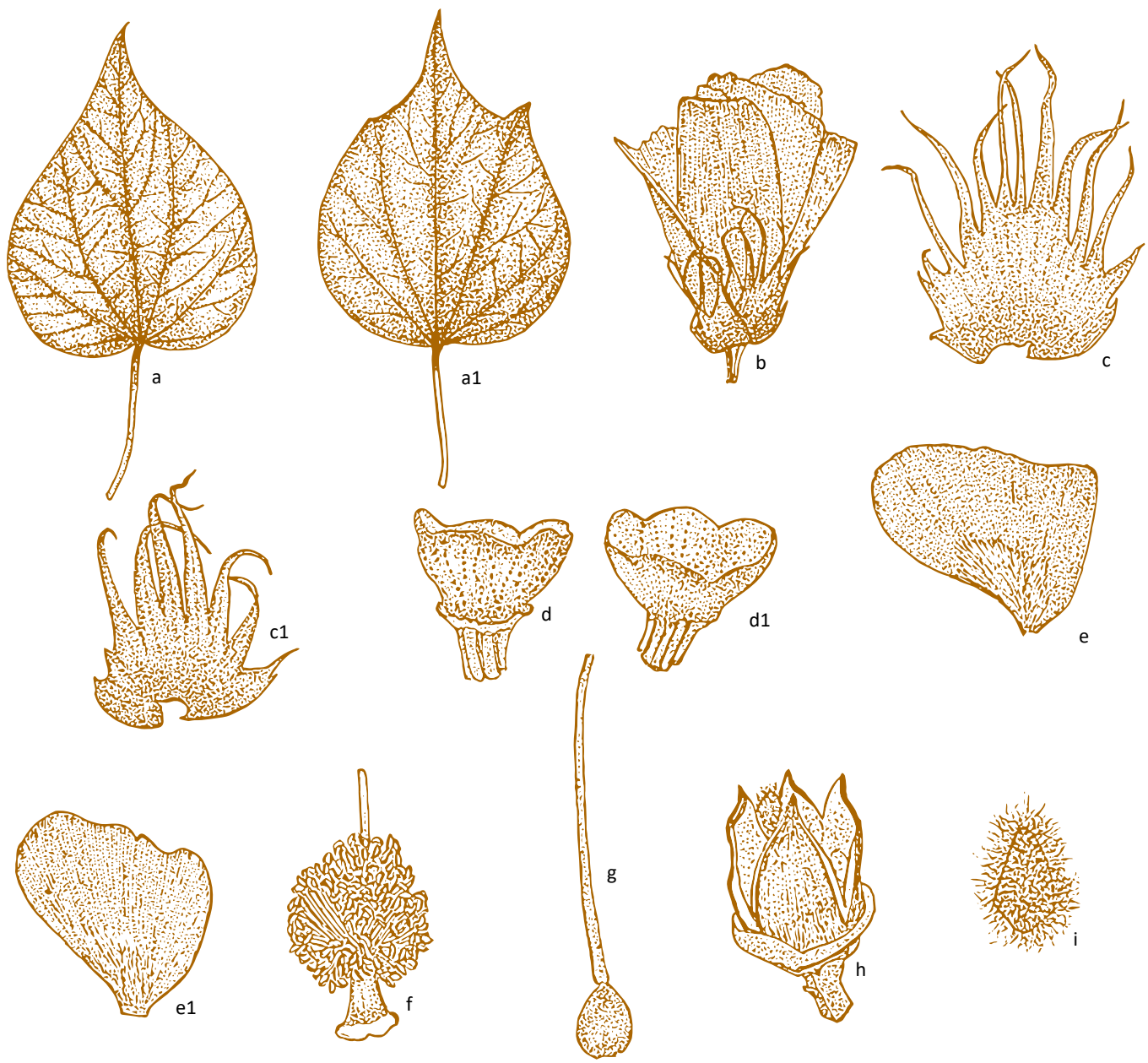
a. *Gossypium raimondii* Ulbrich

Es una especie endémica de Perú y no cultivada, con 2n = 2X = 26 cromosomas, totalmente silvestre y que no produce fibra textil, conocida como "algodoncillo". Fue descrita por el botánico alemán Oskar Eberhard Ulbrich en 1932, con muestras del departamento de Cajamarca.

Es una planta leñosa y perenne de corteza marrón con densa pubescencia en las ramas terminales. Sus hojas son alternas con borde entero, rara vez con lóbulos y ápices, largamente acuminadas, setosas, finamente lanuginosas y pubescentes por ambas caras (más denso en el envés). El peciolo finamente acanalado, densamente lanuginoso y con pubescencia blanca. Presenta flores vistosas, amarillas, solitarias, hermafroditas y terminales con un corto y pubescente pedúnculo. El receptáculo es aplanado, el involucro está formado por tres brácteas grandes que cubren al botón floral, desiguales e imbricadas. El cáliz es acopado, pentalobulado, la cara externa tiene pelos estrellados y es más pubescente que la cara interna, que tiene pelos simples; presenta glándulas puntiformes y desiguales en ambas caras de los sépalos. La corola es imbricada y forma un tubo de color amarillo sulfúreo con una mancha purpúrea en la base. Los estambres son monadelfos y forman una cabezuela insertados en una columna de color purpúreo con la base en forma de tubo angosto. Las anteras tienen dehiscencia longitudinal. El pistilo está envuelto en gran parte por el tubo estaminal, en donde sobresalen el estilo y el estigma. El ovario es globoso-cónico, glabro, tetracarpelar, tetralocular, con estilo filiforme y blanco, el estigma es truncado. Su fruto es una cápsula globosa-cónica con dehiscencia loculicida. Las semillas son cónicas y angulosas con lados desiguales y cubiertas de pelusa verde, en número de 6 a 7 por lóculo (MINAM, 2013a, 2013b).

En la Figura 2 se ilustra las diferentes partes y componentes descritos para el algodón nativo silvestre *G. raimondii*.





Gossypium raimondii Ulbrich: a y a1: hojasx1; b: flor x1; c y c1: brácteas; d y d1: cáliz; e y e1: pétalos; f: columna estaminal; g: pistilo; h: cápsula; i: semilla.

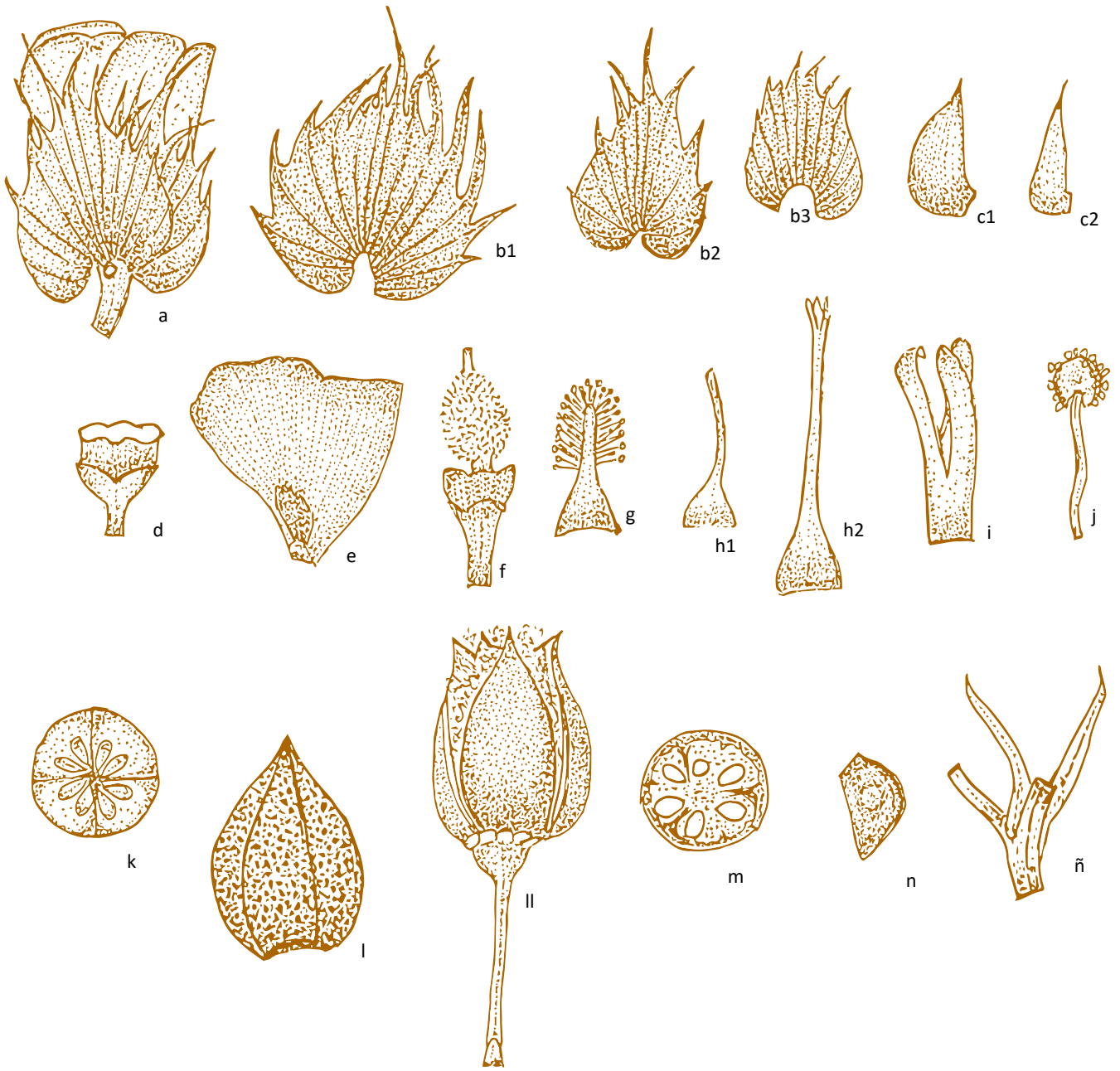
Figura 2: Estructuras vegetativas y reproductivas de *G. raimondii*.
Dibujos: Leopoldo Vasquez Nuñez

b. *Gossypium barbadense* L.

Es una especie originaria del Perú y la más cultivada. Se le conoce como algodón Áspero, Criollo, Del País, De Colores, Arriñonado, Pima y Tangüis y, más recientemente, como Nativo. Fue descrito inicialmente por Carl Von Linné en su famosa obra Species Plantarum (1753) a partir de una muestra cultivada de Sudamérica.

Es una planta leñosa y perenne de corteza marrón rojiza con pelos estrellados blancos y numerosas glándulas oleíferas puntiformes negras. Sus hojas son palmatilobuladas, con base acorazonada con peciolos cilíndricos y estípulas tempranamente caedizas con ápice acuminado. Las flores son solitarias, vistosas, amarillas, hermafroditas, con pocos nectarios en el extremo superior y gran cantidad de glándulas oleíferas negruzcas; en la base presentan brácteas desiguales, coriáceas y persistentes. Sobrecaliz hirsuto por el envés con pelos estrellados y por el haz glabro, glándulas oleíferas puntiformes negras por ambas caras. Cáliz cupuliforme, membranoso, cubierto de glándulas puntiformes, dispuestas en hileras verticales con borde aparentemente truncado con cinco lóbulos poco notorios. La corola tiene cinco pétalos cuneiformes, soldados entre sí en la base; y, en la parte basal interna de cada pétalo tiene una mancha purpúrea. Numerosos estambres insertados en la columna estaminal con forma de tubo carnoso blanco; antera monotésica con dehiscencia longitudinal. Pistilo con ovario globoso-cónico, 3 a 5 carpelos con igual número de lóculos, cada uno con 6 a 8 óvulos de placentación axilar. Estigma engrosado formando ramas estigmáticas que sobresalen al tubo estigmático. Cápsula loculicida con 6 a 8 semillas o más por lóculo. Semillas ovoides, negruzcas con ápice obtuso y ligeramente mucronado con pubescencia blanca, marrón, parda, crema o lila [MINAM, 2013a, 2013b].

La Figura 3 presenta las diferentes partes y componentes de las estructruturas vegetativas y reproductivas descritas para *G. barbadense*.



Gossypium barbadense L.: a = Flor; b1, b2 y b3 = brácteas; c1 y c2 = bractéolas; d = cáliz; e = pétalo; f = columna estaminal y pistilo; g = columna estaminal en corte longitudinal; h1 = pistilo; h2 = pistilo; i = ramas estigmáticas; j = estambre; k = corte transversal de ovario; l = cápsula cerrada; II = cápsula abierta; m = corte transversal de cápsula; n = semilla; ñ = estípulas.

Figura 3: Estructuras vegetativas y reproductivas de *G. barbadense*.
Dibujos: Leopoldo Vasquez Nuñez

c. *Gossypium hirsutum* L.

Es una especie cultivada. Planta anual o cortamente perenne. Hojas lobuladas con peciolo ligeramente acanalado de color purpúreo y pubescente, al igual que los tallos jóvenes, con gran cantidad de glándulas oleíferas puntiformes negras, circulares y lenticulares, estípulas persistentes. Flores solitarias, vistosas, hermafroditas, de color amarillo pálido o blanco con grandes nectarios cupuliformes en la unión con el limbo. Sobrecaliz con tres brácteas cordiformes, ligeramente soldadas en la base, cóncavas con estrías longitudinales; envés pubescente con glándulas puntiformes negras, haz glabro con bordes lascimiados con dientes acuminados y desiguales. Cáliz acopado, glabro con numerosas glándulas puntiformes negras con cinco dientes notorios, anchamente deltoideos con bordes hirsutos pubescentes. Corola con pétalos cuneiformes, imbricados, blancos cuando recién se abren y tornándose rosados y marchitándose al atardecer, soldados entre sí y angostos en la unión con el receptáculo. Columna estaminal corta con su parte superior con un haz de estambres en forma de capítulo, monotéticos de desigual tamaño. Pistilo con ovario globoso o cónico, con numerosas glándulas, presenta de 3 a 5 carpelos con igual número de lóculos, cada uno con dos hileras de óvulos, estilo filiforme, igual número de ramas estigmáticas que de carpelos. Cápsula loculicida de color marrón purpúreo por fuera y blanquecino por dentro, con 5 a 6 semillas por cada lóculo. Semillas elípticas, ligeramente arriñonadas, con pelos largos (uso fibra textil) y algunos cortos que forman una densa pelusa negra verdusca (linter) [MINAM, 2013a, 2013b].

En la Figura 4 se muestra las diferentes partes y componentes de las estructuras vegetativas y reproductivas para el algodón cultivado introducido *G. hirsutum*.

Gossypium hirsutum L.: a = Flor; b1 y b2 = brácteas; c1 y c2 = bractéolas; d = cáliz; e1 y e2 = pétalo; f1 y f2 = columna estaminal y pistilo; g = pistilo; h = estambre; i = corte transversal de ovario; j1 y j2 = cápsula cerrada; k = cápsula abierta; l = corte transversal de cápsula; II = semilla; m = plántula.

Figura 4: Estructuras vegetativas y reproductivas de *G. hirsutum.*
Dibujos: Leopoldo Vasquez Nuñez

2.4.3. Ecología y fenología del algodón

El algodón, en su hábitat natural, tiene tres características: i) crecimiento perenne, ii) fructificación indeterminada, y iii) origen tropical (Pérez, 2008).

Siendo de origen tropical, es exigente en temperaturas cálidas. Su desarrollo vegetativo y reproductivo es influenciado por la temperatura, estando entre 22 y 28°C la óptima para el adecuado balance vegetativo y reproductivo. Mayor temperatura favorece el desarrollo vegetativo en detrimento de las formas reproductivas, y por debajo de los 15°C el algodón no prospera. La luz también cumple un rol importante en la producción. En las zonas de mayor nubosidad se producen bellotas de menor peso y fibras opacas, mientras que la alta radiación solar permite lograr mejor matiz de la fibra (Basurto, 1993).

La especie *G. barbadense* se adapta a condiciones de desierto y de trópico, por lo que es de potencial valor frente a los efectos del cambio climático. En Lambayeque y Piura prospera entre el nivel del mar y los 1900 m s. n. m. Se desarrolla en suelos con altos contenidos de sales, aprovecha el agua de la napa freática mediante un sistema radicular muy eficiente (Basurto, 2005).

En el Perú, para evitar el crecimiento perenne, el cultivo de algodón es regulado, estableciendo épocas de siembra, matada y quema, por cada zona o valle. De esta manera se logra su cultivo anual y la siembra se realiza cuando las condiciones de temperatura son favorables de manera consistente, que normalmente coincide con la fenología de las principales plagas que atacan al cultivo en forma simultánea. Para evitar la severidad de las plagas, con el consecuente retraso del desarrollo del cultivo, la matada y quema reglamentada buscan eliminar el inóculo de las plagas.

En las plantas de algodón que crecen al borde de los caminos, acequias y bermas de las ciudades, se puede observar la fructificación indeterminada, es decir, en cualquier época del año, especialmente en los algodones blancos y de colores denominados Del País, Áspero y Arriñonado, caso que no ocurre en las chacras, debido a la matada y quema.

Como su origen es tropical, el cultivo del algodón está adaptado a regiones donde las temperaturas van de cálidas a calientes. En etapas iniciales del cultivo, el mejor indicador de altos rendimientos depende de las condiciones ambientales, lo cual es relevante para la toma de decisiones oportunas sobre las labores culturales, tales como siembra, riego, fertilización, control de insectos, malezas y enfermedades, hasta la cosecha (Pérez, 2008).

Según el manual de observaciones fenológicas del SENAMHI (Yzarra y López, 2012), se reconoce ocho etapas fenológicas en el cultivo de algodón en el Perú:

1) Emergencia: aparición de los cotiledones por encima de la superficie del suelo.
2) Tercera hoja verdadera: se observa la tercera hoja verdadera en la planta.
3) Quinta hoja verdadera: se observa la quinta hoja verdadera en la planta.
4) Botón floral: se aprecia el primer botón floral. Los botones tienen la forma de una pirámide de tres lados. Se anota la fase cuando el botón floral alcanza de 3 a 5 mm.
5) Floración: aparece la primera flor, manteniéndose abierta usualmente un solo día. Se abre en la mañana y, después de cambiar de color, se marchita antes del anochecer.
6) Formación de bellotas: Aparecen las primeras bellotas bien formadas, las cuales alcanzan aproximadamente 1 cm de tamaño.
7) Apertura de bellotas: Se observa una abertura en el extremo superior de las bellotas, de aproximadamente 1 cm de ancho, y puede verse las fibras del algodón.
8) Maduración: La bellota se encuentra totalmente abierta. Las fibras del algodón se notan plenamente.

En el Perú, la antesis y apertura de la flor en las tres especies ocurre en un solo día. Se inicia entre las 5:30 y 6:30 horas, con aproximadamente 1 mm de diámetro de apertura de la corola, proceso que es progresivo hasta las 9:30 a 11:00 horas,

cuando se observa la máxima apertura. Finalmente los pétalos cambian de color a rosa o rojizo y se inicia el marchitamiento de la flor aproximadamente a las 12:30 horas.

La diferencia en el tiempo de duración de la aparición del botón hasta la antesis es notable (Tabla 3). En *G. hirsutum* es menor, seguido por *G. raimondii*, mientras que en *G. barbadense* depende del cultivar. En el algodón Del País de fibra blanca dura entre 38 y 42 días. Las diferentes tonalidades de color de fibra y los cultivares modernos son más tardíos, con un rango de 40 a 55 días desde la formación del botón hasta la antesis.

Tabla 3: Número de días desde la aparición del botón floral hasta la antesis en flores de tres especies de algodón peruano, 2016.

ESPECIE	MÍNIMO	MÁXIMO
Gossypium barbadense	38	55
Gossypium hirsutum	27	33
Gossypium raimondii	43	47

Elaboración: MINAM, 2016.

La fenología de la flor en las tres especies de algodón presentes en el territorio peruano tiene similaridades. El botón floral se origina en una yema axilar de la hoja como una estructura piramidal muy pequeña, de 5 mm, y crece continuamente manteniendo la misma forma, con dos bractéolas que cubren el cáliz y la corola, en forma de un botón con el cáliz en la base y la corola en la parte superior.

En *G. raimondii* se distingue claramente su fenología floral por las dos bractéolas que cubren al cáliz y la corola, y que alcanzan su máximo desarrollo a los 34 días, momento en que se produce la antesis, midiendo la flor de 8 a 9,5 cm incluido el pedúnculo, con brácteas de 2 cm de largo por 2,2 cm de ancho.

Figura 5: Secuencia del crecimiento del botón floral de *G. raimondii*

En *G. barbadense* el origen y desarrollo del botón floral hasta la antesis tiene una duración de 40 a 52 días y las flores abiertas miden de 4 a 8 cm de diámetro, con brácteas de 3 a 6 cm de largo por 2.5 a 4.6 cm de ancho.

Figura 6: Secuencia del crecimiento del botón floral de *G. barbadense*

En *G. hirsutum* se distingue las dos bractéolas del cáliz y la corola, en forma de un botón con el cáliz en la base y la corola en la parte superior, alcanzando su máximo desarrollo a los 29 días, con flores de 5,6 cm a 7,5 cm incluido el pedúnculo y brácteas de 4 cm de largo por 3,5 cm de ancho.

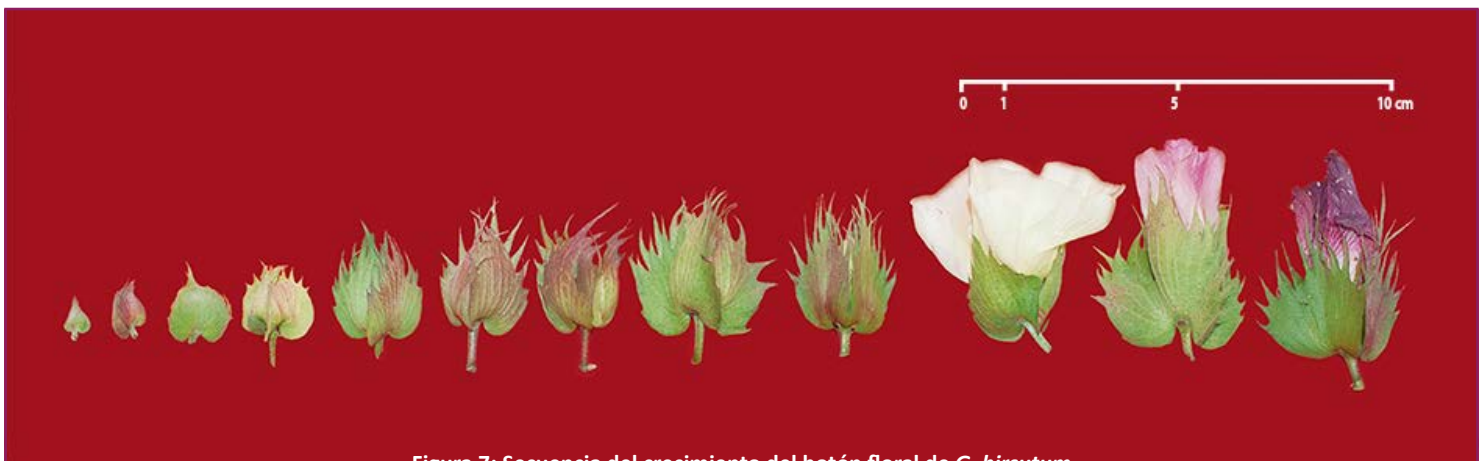


Figura 7: Secuencia del crecimiento del botón floral de *G. hirsutum*

Con respecto al máximo desarrollo de la flor, *G. hirsutum* es el más precoz, seguido por *G. raimondii* y, por último, *G. barbadense*. La longitud de la flor y el tamaño de las brácteas también son variables en las tres especies, más aún en *G. barbadense*, dependiendo del cultivar. En el año 2016, un estudio de biología floral del algodón, realizó determinaciones biométricas de algunas partes de la flor, por grupos de color de fibra (MINAM, 2016); cabe indicar que en la literatura no se ha encontrado referencias sobre asociación genética entre estas características de flor y de fibra.

Tabla 4: Días a máximo desarrollo, longitud de la flor y longitud y tamaño de las brácteas por especie.

ESPECIE	COLOR TÍPICO DE LA FIBRA	DÍAS A MÁXIMO DESARROLLO DE LA FLOR	LONGITUD DE LA FLOR, INCLUIDO EL PEDÚNCULO (cm)		TAMAÑO DE LAS BRÁCTEAS (cm)	
			MÍNIMO	MÁXIMO	LARGO	ANCHO
G. hirsutum	Blanco	29	5.6	7.5	4	3.5
G. raimondii	Sin fibra	34	8	9.5	2	2.2
G. barbadense	Blanco	45	9	11	7	5
	Crema	45	7.3	8.5	7.5	6.5
	Pardo	45	9	12.5	6.3	5.1
	Marrón	45	8.5	9.5	6.8	6.1
	Lila	45	9	12.5	6.3	5.1

Elaboración: MINAM, 2016.

2.5 Flujo de polen y de genes

El polen del algodón es relativamente grande y tiene espinas largas; es esférico, pesado, pegajoso y húmedo. Sus poros son pequeños o largos, rugosos, puntiagudos, con pared interna distintiva o endexina delgada, abertura rectangular hacia la ectexina o pared externa (CONABIO, s.fa y b; Australian Government, 2008; Tripathi *et al.,* 2011). El tamaño de los poros varía entre aproximadamente 81 µm y 103 µm para *G. hirsutum,* y entre 66 µm y 115 µm para *G. barbadense* (CONABIO, s.fa y b; El Nagger, 2004; MINAM, 2018; Saad, 1960; citados por Australian Goverment 2008).

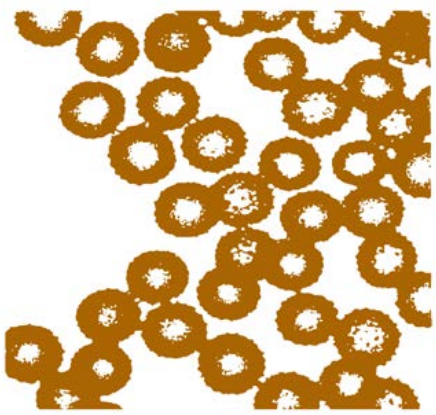


Figura 8. Granos de polen de *G. hirsutum.*
Dibujo a partir de microfotografía de Burke, 2002

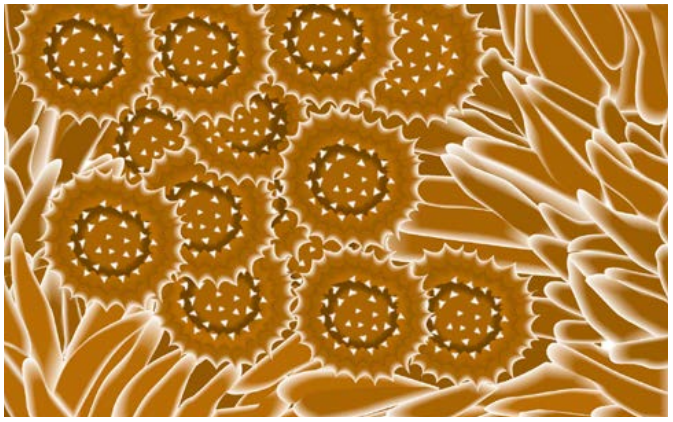


Figura 9. Granos de polen de algodón, pegados a la superficie papilar del estigma.
Dibujo a partir de microfotografía de Swanson, S.[22]

22 Fotografía de microsropio ESEM (Environmental Scanning Electron Microscope). Sarah Swanson, UW-Madison Plant Imaging Center, Dpt. Of Botany. 2014. University of Wisconsin Board of Regents.

Aunque persiste cierta confusión sobre qué especie tiene los granos de polen más grandes, la mayoría de autores reconoce que el polen de *G. barbadense* sería más grande y tendría más poros que *G. hirsutum*. Por otro lado, *G. hirsutum* tendría los granos de polen más largos (Tablas 5 y 6).

Tabla 5: Número y tamaño de poros según el tamaño del polen por especie.

	TAMAÑO (µm)	NÚMERO DE POROS	POROS PEQUEÑOS (µm)	POROS LARGOS (µm)
G. hirsutum	81 - 143	8 – 12	1 - 3	4 – 6
G. barbadense	66 - 73	22 – 45	-	11

Fuente: CONABIO (s.f a y b).
Elaboración: MINAM (2018).

Tabla 6: Longitud del grano de polen, longitud y densidad de sus espinas por especies.

ESPECIES	LONGITUD DEL GRANO DE POLEN (µm)	LONGITUD DE ESPINAS (µm)	DENSIDAD DE ESPINAS	REFERENCIA
G. hirsutum	85–88	7.5	-	El Nagger, 2004
	100.9	12.1	8.3x10-3 espinas/µm2	Kakani *et al.*, 1999
G. barbadense	66–73	11	-	El Nagger, 2004
	117.9	15.4	4.9x10-3 espinas/µm2	Kakani *et al.*, 1999

Fuente: Australian Government, (2008); CONABIO (s.f a y b).
Elaboración: MINAM (2018)

El carácter pegajoso y húmedo de los granos de polen permite que se junten en grupos, facilitando su transporte por los insectos polinizadores, por lo que es difícil que sean arrastrados por el viento. La viabilidad del polen disminuye drásticamente más allá de una distancia de 12 m (CONABIO, s.f a), por lo que su distribución también decrece con el incremento de la distancia (McGregor, 1976, citado por CONABIO, s.f a).

Después de la antesis, las anteras son dehiscentes y descargan el polen. La duración de la viabilidad del polen varía de 4 a 8 horas, rara vez hasta 24 horas. Se estima que, en general para el género *Gossypium*, cada flor produce diez mil granos de polen (Tripathi *et al.*, 2011), según Ter Avanesian (1978), citado por Pérez *et al.* (2012) y Australian Government (2008), hay aproximadamente veinte mil granos de polen por flor. Con base en datos tomados en Rusia (Tsyganov, 1953, citado por McGregor, 1976, a su vez citado por Lee, 1986) se estima que cada flor produce aproximadamente 45 mil granos de polen viables. Estos datos nos hacen notar que la influencia del medio ambiente es determinante, la que sin duda varía por la latitud y la longitud donde se cultiva o crece una determinada especie de algodón. En *G. hirsutum* cada flor produce 45 mil granos de polen (Ferreira, 2008 y CONABIO, s.f a).

En *G. barbadense* el polen se libera justo antes de la antesis, por tanto está disponible tan pronto como la corola se ha expandido lo suficiente como para permitir la entrada de insectos. El polen de *G. hirsutum* se desprende más tarde, después de que la abertura de la corola es lo suficientemente grande como para que los polinizadores tengan acceso (Brubaker *et al.*, 1993; citado por Australian Government, 2008). Los estigmas son receptivos poco después de la antesis, por lo que generalmente las flores son autopolinizadas, ya que no existen mecanismos de autoincompatibilidad.

Los nectarios florales exudan el néctar por medio de un anillo de células papiliformes situadas en la base interna del cáliz. Hay usualmente tres nectarios dentro y fuera del involucro, los cuales se sitúan debajo de los sépalos en la unión de las tres brácteas, y otros tres justo debajo de la

base de las brácteas. Los nectarios foliares se localizan en el envés de la hoja, sobre la base de la vena primaria, en la unión del peciolo. También se presentan en la base del peciolo de los renuevos foliares (McGregor, 1976, citado por CONABIO, s.f a).

Para entender el concepto de flujo de genes es oportuno revisar el concepto de introgresión desarrollado por Anderson (s.f), citado por Sevilla y Holle, (2004) referido a que dos especies se pueden cruzar y sus híbridos ser viables; este cruzamiento de dos especies distintas ocurre progresivamente en la naturaleza, resultando en la incorporación gradual del germoplasma de una especie dentro de otra mediante retrocruzas sucesivas a través de las generaciones, lo cual se conoce como introgresión.

Esta es una de las formas del flujo de genes; otra de las formas es la que ocurre al cruzarse individuos de dos poblaciones de una misma especie, intercambiando así genes entre ellas, resultando en que los genes de una u otra población se establecen entre ambas después de varias generaciones (Bórem, 2007; Paes *et al.*, 2012; Wegier, 2013).

Cuando se trata de cultivos, las poblaciones generalmente son llamadas cultivares, ya sean nativos, convencionales o con eventos de OVM. De ocurrir el flujo de genes se denomina "contaminación", término que es cuestionado por Paes *et al.* (2012) porque la ocurrencia de un simple cruzamiento no significa fijación del gen en la otra población. Según estos autores, para que se produzca el flujo de genes y la subsecuente introgresión deben ocurrir los siguientes eventos:

a) Cruzamiento con especies sexualmente compatibles u otros cultivares de la misma especie. Para que ocurra esto, ambas se deben localizar cerca geográficamente y presentar fenologías similares, para que al momento de la polinización exista receptividad. Además, la progenie debe ser viable.
b) En general, para que el gen sea fijado en la población, este debe otorgar una ventaja competitiva a la progenie (ejemplo: resistencia a plagas o a condiciones abióticas adversas), que será seleccionada por procesos naturales o artificiales (acción humana).
c) El gen debe estar presente en generaciones sucesivas (introgresión). El hecho de que se presente flujo de genes (y persistencia del gen en la población) no significa automáticamente que haya algún riesgo. Simplemente se debe evaluar los posibles efectos que la presencia de este gen tenga en la especie en la cual se introdujo por cruce y en sus interacciones con otros organismos en el entorno.

El algodón ocupa el tercer lugar entre los cultivos que contienen eventos de OVM y es considerado de baja tasa de exogamia. Por esta razón se habría realizado pocos estudios de flujo genético por polen y semilla (Mallory-Smith y Zapiola, 2008).

En Brasil se señala que el flujo de genes a través del polen es posible entre cultivares de una misma especie y entre especies de *Gossypium*, inclusive con cultivares que contengan eventos de OVM. Esto se puede dar a partir de cultivos y plantas aisladas por intermediación de insectos polinizadores (Bórem, 2007).

En Colombia se realizó un monitoreo en algodón con el objeto de detectar si existe flujo de genes vía semilla y polen desde cultivares con eventos de OVM, en el municipio del Espinal (Tolima). Se encontró evidencia de flujo de genes vía semilla en el 96 % de los lotes cultivados con algodón convencional y en el 80.4 % de las zonas de refugio (con algodón convencional entre o dentro de algodón OVM). Las causas serían el uso de semillas convencionales con presencia de semillas OVM, y la dispersión de semillas OVM en los lotes convencionales durante la siembra. Se evidenció flujo de genes vía polen en un lote cultivado con algodón convencional y en nueve de los once refugios. En los individuos arvenses no se evidenció ningún tipo de flujo de genes (Rache, 2011).

En China se estudió el flujo de genes desde *G. hirsutum* con evento de OVM (Bt) hacia *G. hirsutum* convencional, y desde *G. hirsutum* con evento de OVM (Bt) hacia *G. barbadense* convencional. Se observó el flujo de genes hasta 36 m entre cultivares con evento de OVM y

convencional, siendo este mayor entre los 0 y 6 m (de 1.85 a 11.05 %). Mientras, el flujo de genes entre las especies de *G. hirsutum* con evento de OVM y *G. barbadense* convencional fue de hasta 72 m, alcanzando el 8.67 % entre los 0 y 6 m (Shen *et al.*, 2001; citado por Shirong, 2002).

Estudios realizados en los Estados Unidos de América han demostrado que el flujo de genes vía polen varía dependiendo de la ubicación, el período de tiempo y los métodos de medición. Se ha detectado flujo de genes en Arizona, Arkansas, Mississippi y el Norte de California a 20 y 25 m. En otros países se ha demostrado que el flujo de genes vía polen disminuye con la distancia desde la fuente de polen y depende de las condiciones ambientales (Van Deynze *et al.*, 2005).

En México se aprobó la liberación al ambiente de algodón *G. hirsutum* con evento de OVM en 1996. Después de 15 años se confirmó la contaminación de poblaciones silvestres por eventos de OVM Cry 1AB/1Ac. Posteriormente se hizo muestreos, encontrando 21 % de las muestras positivas para OVM, de las que 18 % corresponden al evento CP4 EPSPS, 2 % al Cry1Ab/1Ac y el 1 % al Cry2Ab (Sosa, 2017). Resultados similares fueron reportados por Wegier *et al.* (2011) en años anteriores.

Investigaciones en invernadero para medir el flujo de genes mediante polen en ausencia y presencia de polinizadores (*Bombus ignitus, Apis mellifera* y *Pieris rapae*) en un cultivar de algodón con evento de OVM resistente al insecto *Helicoverpa armigera* y al herbicida glifosato, con dos líneas de algodón convencional (Shiyuan321 y Hai7124) durante 2012 y 2013, confirmaron que los híbridos mostraron resistencia al herbicida y al insecto, lo que evidenciaría que el flujo génico por polen depende de las especies de polinizadores, la distancia entre las plantas y la planta receptora (Yan *et al.*, 2015).

El flujo genético es un aspecto importante en la evaluación y el manejo de riesgos de los cultivares con eventos de OVM, debido a que es un proceso que se da en forma natural. Esto podría implicar impactos específicos o especiales en la biología, ecología, agricultura, la sociedad y la cultura (Heinemann, s.f). Por ello, con fines de bioseguridad se hace necesario evaluar las distancias de aislamiento entre los sembríos de algodón GM con algodones convencionales (Van Deynze *et al.*, 2005).

El flujo de genes de cultivos con eventos de OVM hacia los cultivos convencionales podría dar como resultado la presencia adventicia del OVM, producir plantas resistentes al glifosato (malezas nuevas y más resistentes) que pueden interferir con los sistemas de manejo de malezas. También podrían producirse efectos potenciales sobre la resistencia de los insectos y sobre los derechos de propiedad intelectual de las compañías biotecnológicas, o también el comercio de productos convencionales (Smyth *et al.*, 2002; Messeguer, 2003; Mellon y Rissler, 2004; Mallory-Smith y Zapiola, 2008; Heuberger *et al.,* 2010).

El flujo de genes es un fenómeno natural no exclusivo de los cultivos con eventos de OVM y puede ocurrir a través del polen, la semilla y, en algunos casos, los propágulos vegetativos (Mallory-Smith y Zapiola, 2008).

El objetivo principal en la evaluación de riesgos debido al flujo de genes de cultivos con eventos de OVM y cultivos convencionales es el análisis de varios factores como el viento, la distancia, la cantidad y tipo de polinizadores, la probabilidad de fertilización y el manejo de las semillas por parte de los agricultores. Varios estudios han demostrado que el flujo de genes a través del polen disminuye drásticamente al aumentar la distancia entre el donante y el receptor del polen cuando hay presencia de polinizadores. Por lo tanto, la ausencia de polinizadores eficientes y el mantenimiento de largas distancias entre cultivos son importantes para atenuar el riesgo ambiental (Yan *et al.*, 2015).

2.6 Cruzabilidad y alogamia

Las plantas que normalmente se autopolinizan son llamadas autógamas. Una de sus características es que sus flores son perfectas o hermafroditas y tienen algunos mecanismos que dificultan la polinización cruzada natural, la que se presenta generalmente en un rango de 0 a 5 %. A este grupo debería pertenecer el algodón, porque presenta flores perfectas y compatibles. Las plantas que normalmente son de polinización cruzada son las alógamas y pueden ser plantas monoicas o dioicas, lo que facilita el cruzamiento natural. Algunos cultivos como los algodones (*Gossypium* spp.), el frijol de palo (*Cajanus cajan*), los sorgos (*Sorgum* spp.) y el haba cochinera (*Vicia faba* variedad *Equina*) no entran ni en la categoría de la autopolinización ni en la de polinización cruzada. El algodón en su mayor parte se autopoliniza, pero la polinización cruzada se da entre 5 y 25 % o más de los casos. En las flores de este cultivo, el estigma está expuesto y la polinización cruzada se produce cuando los insectos que llevan polen extraño hacen contacto con un estigma aún no polinizado. En algunos casos en los que las poblaciones de insectos son abundantes, se ha dado a conocer porcentajes de polinización cruzada hasta del 50 % (Poehlman, 2005).

El algodón es considerado una especie predominantemente autógama, pero la polinización por insectos, en especial las abejas, conduce a una tasa natural de cruzamiento. Los insectos más comunes en las plantaciones de algodón varían según las regiones, y existen varias especies de abejas y otros insectos himenópteros, coleópteros o lepidópteros que pueden intervenir en cierto porcentaje de polinización cruzada. Las flores en los cultivos de algodón son visitadas por abejas (*Apis mellifera*), abejorros (*Bombus* spp.), abejas pequeñas (*Melissodes* spp.), avispas (hymenópteros), moscas (dípteros) y mariposas (lepidópteros), causantes de la polinización cruzada (Tian *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2005; citados por Rache *et al.*, 2013). Diversos estudios demuestran que la provisión de abejas puede aumentar el

rendimiento de semilla y fibra de algodón a través de una mejor polinización, es decir, que las tasas de exogamia se ven afectadas por la actividad de las abejas (McGregor, 1976, citado por Van Deynze *et al.*, 2005).

Otros factores de entrecruzamiento que fueron evaluados son el número de polinizadores, la aplicación reducida de insecticidas, el viento, la ubicación del cultivo, las condiciones ambientales, el clima, la reducción del bosque y la presencia cercana de cultivos frutales, los que podrían influir en la tasa de polinización cruzada entre genotipos de algodón (Van Deynze *et al.*, 2005).

2.7 Dispersión y flujo de semillas

La semilla comprende cualquier estructura de la planta con capacidad de propagación y contiene los atributos propios que le confiere su dotación genética, ya sea de pureza o uniformidad, y la capacidad de generar nuevas formas o diversidad (INIEA, 2006).

El género *Gossypium* posee un mecanismo que dispara las semillas a corta distancia (dispersión autócora), ya sea en áreas de producción o durante el transporte de las cosechas. En México la semilla de algodón con linter es utilizada para la alimentación de ganado, por lo que tiene un alto potencial de dispersión en otros hábitats donde no se produce algodón, como los bordes de caminos. Estudios hechos en Australia indican que la semilla de algodón tiene el riesgo más bajo de dispersión involuntaria en el ambiente. Sin embargo, la dispersión autócora activa el mecanismo de dispersión en el momento de la dehiscencia del fruto (CONABIO, s.f a y b).

En el estudio realizado por Rocha Munive *et al.* (2018) en México se observó que el riesgo más alto de flujo de genes no se da por polen, sino por las semillas derramadas durante el transporte. Ese estudio identificó que existe un control muy estricto y medidas de bioseguridad durante el transporte de las semillas de algodón GM desde las compañías de semillas hasta los campos. Sin embargo, después de la cosecha, los controles se relajan y las semillas se transportan a las desmotadoras en vehículos abiertos que derraman semillas en las carreteras, que luego germinan y desarrollan plántulas al borde de dichas vías. Las autoridades de sanidad y las compañías de semillas han dispuesto medidas para eliminar las plantas.

En Brasil se reporta que el flujo génico puede ocurrir de dos maneras: por polen y por semillas, aunque el flujo a partir de semillas directamente al campo ocurre difícilmente, porque las semillas son grandes, cubiertas con linter y raramente son transportadas por animales (Llewellyn y Fitt, 1996, citado por Curvêlo *et al.*, 2002). Cuando las semillas caen fuera de las fincas requieren gran cantidad de agua para germinar y las plantas formadas tienen poca probabilidad de supervivencia debido a su escasa capacidad colonizadora (Wozniack, 2002; citado por Curvêlo *et al.*, 2002).

La dispersión de semillas en Brasil generalmente se produce por el uso indebido de la pepa (llamada hueso, que es la semilla destinada a la alimentación animal o para la fabricación de aceite comestible), además de mezclas en desmotadoras del Nordeste brasileño, que normalmente desmotan más de un cultivar o especie de algodón. El intercambio de semillas entre agricultores también es otra fuente de flujo génico por semillas, generalmente de *G. barbadense* y del algodoncito mocó, un cultivar de *G. hirsutum* (Curvêlo *et al.*, 2002).

El flujo de genes por semillas ha recibido menos atención que el flujo de genes por polen (Heuberger et al., 2010). Algunos estudios han informado sobre el flujo de genes en parcelas de algodón con eventos de OVM a algodón convencional a través del polen o vía semillas (Mallory-Smith y Zapiola, 2008; Heuberger *et al.*, 2010).

En Colombia, ante la incertidumbre sobre las medidas de contención necesarias para impedir el flujo de polen y de semillas de algodón desde los campos regulados que contienen cultivares con eventos de OVM hacia los campos adyacentes de cultivos convencionales, se evaluó el flujo de genes entre cultivares de esos dos tipos de algodón. Se analizó 56 refugios, 27 campos con algodón convencional y cuatro individuos arvenses en El Espinal (Tolima). Los resultados indicaron presencia de plantas con eventos de OVM en 45 refugios (80.4 %) y 26 campos de algodón convencional (96 %), además de flujo génico por polen en un campo de algodón convencional y nueve refugios. En todos los campos cultivados con algodón convencional se evidenció flujo de genes desde cultivares de algodón con eventos de OVM, además en 54 de los 56 refugios estudiados y en dos individuos arvenses (Rache *et al.*, 2013).

Por las evidencias antes mencionadas y debido a la variabilidad climática se sugiere establecer experimentos en invernaderos, utilizando protocolos de evaluación rápida de flujo de genes por más de una campaña agrícola.

CAPÍTULO 3

El algodón y su entorno

Capítulo III: El algodón y su entorno

En el presente capítulo se aborda los temas relacionados con el ecosistema, el agroecosistema y los organismos y microorganismos asociados con el algodón.

3.1 Ecosistemas y agroecosistemas asociados con las especies de algodón

El rasgo característico de un país megadiverso como el Perú es su diversidad de ecosistemas. El país ya tiene el Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú (MINAM, 2018), que es uno de los principales esfuerzos realizados para clasificar la diversidad de sus ecosistemas; sin embargo, previamente diversos investigadores e instituciones han propuesto diferentes formas de clasificación vinculada a ecosistemas con sus respectivos mapas de diferente temática pero siempre relacionada a lo que hoy conocemos como ecosistemas. En la Tabla 7 se muestra algunas de esas propuestas para la clasificación ecológica y de la vegetación del Perú.

Tabla 7: Sistemas de Clasificación Ecológica y de la vegetación del Perú.

AUTOR	TÍTULO
Weberbauer, 1922	Mapa de Vegetación de los Andes peruanos
Holdrige, 1976	Mapa Ecológico del Perú
Pulgar Vidal, 1981	Ocho regiones naturales
Brack, 1986	Ecorregiones
Rivas-Martínez *et. al.*, 1988	Mapa de Pisos Bioclimáticos del Perú
INRENA, 1995	Mapa Ecológico del Perú
INRENA, 1995	Mapa Forestal del Perú
Zamora, 1996	Mapa de Regiones Ecológicas del Perú
NATURESERVE, 2007	Mapa de Sistemas Ecológicos, Cuenca Amazónica de Perú-Bolivia
Ministerio de Agricultura, 2008	Mapa Forestal
Josse *et. al.*, 2009	Macrogrupos y ecosistemas andinos cartografiados en el mapa de los Andes del Norte y Centro
MINAM, 2010	Mapa de Ecorregiones del Perú
MINAM, 2012	Mapa de cobertura vegetal

Elaboración: MINAM.

Entre ellas destacamos: La clasificación en ocho regiones naturales de Javier Pulgar Vidal se basa en la percepción del observador, considerando la integridad de todos los factores ambientales y el proceso histórico de la obra humana por adaptar y modificar su entorno desde antaño hasta el presente. En este sentido, consideramos pertinente para el presente documento utilizar esta clasificación, dado que los cultivos del algodón están asociados con la intervención histórica en los ecosistemas peruanos.

Sobre las ocho regiones naturales

> "Causa profunda admiración y es motivo de orgullo nacional el comprobar que los antiguos peruanos y los campesinos, sus actuales herederos —poseedores milenarios de esta tierra— llegaron a configurar una imagen clara del territorio peruano, conforme a la cual el Perú está dividido en OCHO REGIONES NATURALES, cuyos nombres han quedado guardados en la Toponimia Regional Peruana: Chala, Yunga, Quechua, Suni, Puna, Janca, Rupa-Rupa y Omagua. Nosotros hemos hallado estos topónimos regionales desperdigados en el fondo inmenso del Diccionario Geográfico Toponímico Peruano y también conservados en la tradición. Después de identificarlos, los hemos confrontado científicamente con la realidad geográfica, analizándolos en relación con todos o con la mayoría de los factores del medio ambiente natural y, finalmente, hemos planteado la urgencia y la necesidad de adoptar un criterio geográfico que considere al Perú como un país variado y armonioso, con ocho realidades, problemas, posibilidades y soluciones" (Javier Pulgar Vidal, 2014).

Para la clasificación a nivel de microhábitat se ha utilizado la identificación agroecológica basada en el uso del suelo, que es reconocida por el poblador local. Los microhábitats reconocidos aquí son: chacra, borde de la chacra, borde de la acequia o canal, borde del camino, jardín y berma.

La distribución de las especies de algodón a nivel nacional abarca los 24 departamentos del Perú y cinco regiones naturales: Chala, Yunga, Quechua, Rupa-Rupa y Omagua. El algodón se adapta al medio según las condiciones ambientales y la intervención humana.

En la región natural Chala (0 a 500 m s. n. m.) fueron encontradas las tres especies de algodón. *G. raimondii* fue encontrado en el distrito de Chongoyape, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. De *G. hirsutum* se encontró el cultivar Del Cerro en siete distritos de tres provincias de Lambayeque, mientras que de *G. barbadense* se encontró los cultivares Áspero, Del País, IPA-59, Pima y Tangüis en once departamentos, 56 provincias y 184 distritos del Perú.

La especie silvestre *G. raimondii* se encuentra formando parte de bosques ribereños en el noroeste peruano dentro de las regiones naturales Chala y Yunga. Sin embargo, su hábitat se reduce constantemente por el avance de la agricultura. Es conocida como "algodoncillo" o "algodón de monte" por los pobladores. No se ha reportado ningún uso o utilidad, pero es parte de la flora de las riberas y su presencia en la zona es cada vez menor. Por otro lado, las especies cultivadas *G. barbadense* y *G. hirsutum* se encuentran creciendo en forma semi espontánea a lo largo y ancho de todo el territorio.

Los resultados de las prospecciones realizadas entre el 2012 y el 2017 corresponden a un total de 1380 lugares en los 24 departamentos del Perú, 108 provincias y 424 distritos. Los cultivares registrados en cada región natural y en cada departamento se muestran en el Anexo 3.

En la región natural Yunga (500 a 2300 m s. n. m.) se encontró también las tres especies. Se destaca que de *G. barbadense,* aparte de los cultivares Áspero, Del País, IPA-59, Pima y Tangüis, encontrados en 18 departamentos, 87 provincias y 345 distritos, también se encontró el Arriñonado en ocho departamentos, 12 provincias y 18 distritos. *G. raimondii* fue encontrado en los distritos de San Benito y Chilete de la provincia de Contumazá en el departamento de Cajamarca. De *G. hirsutum* se encontró el cultivar Del Cerro en los distritos de Pulán y Huarango, de las provincias de Santa Cruz y San Ignacio, respectivamente, ambos en el departamento de Cajamarca.

En la región natural Quechua (2300 — 3500 m s. n. m.) se encontró *G. barbadense* cultivar Áspero, en tres distritos de la provincia de Abancay en el departamento de Apurímac.

En la región natural Rupa Rupa (400 - 1000 m s. n. m.) se encontró los cultivares nativos Áspero y Del País de *G. barbadense*. Áspero se encontró en 76 distritos de 11 provincias del departamento de San Martín, mientras que el cultivar Del País fue registrado en 200 distritos de 41 provincias de siete departamentos. Asimismo, el Arriñonado fue encontrado en nueve distritos pertenecientes a cuatro provincias de los departamentos de Amazonas, Huánuco y Junín.

En la región natural Omagua (80 - 400 m s. n. m.) se encontró los cultivares Arriñonado, Áspero y Del País de *G. barbadense* en nueve departamentos, 51 provincias y 240 distritos del Perú.

3.2 Organismos y microorganismos blanco y no blanco

Se considera organismos o microorganismos blanco a aquellas especies a las que están dirigidos los métodos de control o la producción de un determinado OVM. Los organismos o microorganismos no blanco son todos aquellos que comparten el mismo ambiente y que no son el objetivo de control para el que han sido desarrollados los OVM.

Entre los OVM de algodón que cuentan con autorización para la liberación al ambiente en ciertos países, se encuentran aquellos para el control de *Chloridea virescens*, *Pectinophora gossypiella*, *Alabama argillaceae* y *Spodoptera frugiperda* (Agro-Bio, 2007), especies que se encuentran presentes en nuestro país.

La identificación, comportamiento, biología y ecología de los organismos asociados al cultivo del algodón en el Perú han sido estudiados desde hace varias décadas por Sarmiento y Sánchez (2012), Beingolea (1959), González (1962), Herrera (1961), Ingunza y González (1964), entre otros. De la revisión integrada de sus publicaciones, se tiene un registro de 48 familias de organismos de importancia; de éstas, 19 familias con 42 especies de insectos son plagas, 14 familias con 40 especies de insectos son predadores, 7 familias con 39 especies son insectos parasitoides y 8 familias con 9 especies de arácnidos también son predadores (Sarmiento y Sánchez, 2011). Los Anexos 4 y 5 muestran las especies de organismos y microorganismos relacionados con el cultivo del algodón, mientras los Anexos 6 a 11 presentan datos sobre la abundancia de los microorganismos encontrados en cultivos de algodón en 15 departamentos del Perú.

3.2.1. Organismos blanco de OVM

Actualmente existen para *G. hirsutum* a nivel mundial, 67 eventos OVM aprobados para su cultivo en diferentes países, de los cuales son 27 singulares y 40 apilados. Es también importante referir que el ISAAA tiene registrados un total de 166 eventos con 13 características de modificación genética en cinco grupos: tolerancias a diversos herbicidas, resistencia a antibióticos, resistencia a insectos, marcadores visuales y bajo contenido de gossypol[28] (ISAAA, 2020). Las especies dañinas al cultivo, entre plagas y patógenos, son más de 50 pero solo algunas de ellas llegan a tener importancia económica. Los organismos blanco para los que se ha realizado modificaciones genéticas en el algodón (*G. hirsutum*), son aquellas especies de lepidópteros que afectan directamente a los brotes y a los órganos reproductores, como *Chloridea (=Heliothis) virescens* y *Pectinophora gosypiella*, y masticadores de follaje como *Alabama argillacea.* Para el control de microorganismos que afectan el cultivo del algodón aún no se ha desarrollado OVM.

Para el caso del Perú, además de los lepidópteros mencionados, el picudo peruano *Anthonomus vestitus*, de la familia Curculionidae y considerado uno de los principales factores limitantes del cultivo del algodón, podría ser objeto de OVM con fines de control.

3.2.2. Organismos y microorganismos no blanco de OVM

Entre los organismos no blanco se encuentran algunos fitófagos, la fauna benéfica en general (parasitoides, predadores y polinizadores) y los organismos descomponedores, los cuales no participan en el ciclo de vida del algodón pero sí son parte importante funcional del agroecosistema.

La polinización cruzada mediada por insectos, especialmente abejas, conduce a una tasa natural de cruzamiento que sustenta la variabilidad genética de

28 International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications - ISAAA. GM approval database. Recuperado de: http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp, visitado el 31/03/2020.

Organismos
no blanco de OVM

PREDADORES

Guardacaballo *(Crotophaga sulcirostris)*, predador de larvas

Mariquita *(Cheilomenes sexmaculata)*

Mariquita *(Cycloneda sanguínea)*

HONGOS

Mancha negra causada por *Alternaria* sp.

POLINIZADORES

Melitoma segmentaria

Abeja *(Apis mellifera)* intentando ingresar al botón floral

Abeja *(Apis mellifera)* con polen en flor de algodón Del Cerro

NEUTROS

Cyphonia trifida

FITÓFAGOS

Arrebiatado *(Dysdercus obscuratus)*

Daño causado por la cochinilla harinosa del algodonero

Organismos
blanco de OVM

FITÓFAGOS

Picudo *(Anthonomus vestitus)*

Gusano perforador de la hoja (*Bucculatrix* sp)

Gusano medidor *(Anomis texana)*

las especies cultivadas del algodón; entre los cuales tenemos abejas (*Apis mellifera*), abejorros (*Bombus* spp.), abejas pequeñas (*Melitoma segmentaria*), avispas (himenópteros), moscas (dípteros) y mariposas (lepidópteros) (Tian *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2005; citados por Rache *et al.*, 2013), que potencialmente pueden aumentar el rendimiento de semillas y fibra de algodón (McGregor, 1976, citado por Van Deynze *et al.*, 2005).

Por otro lado, se encuentra a la mesofauna compuesta por los invertebrados macroscópicos que habitan en el suelo, los cuales se comportan como descomponedores epígeos, como los colémbolos, ácaros, proturos, dipluros y tisanuros, micromiriápodos y pequeñas larvas de dípteros y coleópteros (Lavelle y Spain, 2003). En el Perú encontramos 11 familias de ácaros asociados al cultivo del algodón (*Macrochelidae, Astegistidae, Euphthiracaridae, Tydaeidae, Digamasellidae, Acaridae, Microzetidae, Hypochthonidae, Saproglyphidae, Parasitidae* y *Erythaeidae*).

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

La riqueza y abundancia de los microorganismos del suelo ocurre en función de la diversidad de los cultivos y del manejo de sus agroecosistemas. Los microorganismos asociados a la rizósfera del algodón realizan una intensa actividad de intercambio con la zona radicular, proporcionando la materia orgánica necesaria para la fertilidad física (al cambiar la estructura del suelo) y química (al hacer disponibles los nutrientes).

Entre los microorganismos benéficos, tenemos a las bacterias aerobias mesófilas, que son responsables del incremento o disminución en el suministro de nutrientes en la relación suelo-planta, a los actinomicetos que degradan azúcares, proteínas, ácidos orgánicos, hemicelulosas, ligninas, quitinas y parafinas, incrementando la materia orgánica en el suelo, a hongos degradadores aeróbicos de materia orgánica, a microorganismos fijadores de nitrógeno no simbiótico, a pseudomonas que colonizan de manera efectiva los órganos subterráneos de las plantas, facilitando su crecimiento y reduciendo enfermedades causadas por hongos patógenos del suelo (Cano, 2011), y a bacterias del género *Bacillus*, con capacidad de producir esporas resistentes a diferentes condiciones de estrés, como la desecación y temperaturas extremas.

Los microorganismos mesófilos, los bacilos y actinomicetos asociados a la rizósfera del cultivo del algodón se miden en unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de muestra, mientras que las pseudomonas y las bacterias fijadoras de vida libre asociadas a la rizósfera del cultivo del algodón se miden con el número más probable (NPM) por gramo de muestra.

3.3 Efectos del cambio climático en la producción de algodón

Si bien en general el cambio climático afecta a toda la agricultura, se estima que las altas temperaturas reducirán los rendimientos e incrementarán la prevalencia de plagas y enfermedades; los cambios en la precipitación es probable que produzcan también el fracaso o disminución de la producción; entre las predicciones para el algodón, ITC (2011) reporta que para Sudamérica tropical se espera efectos que van desde una disminución entre 20 a 40 %, hasta un incremento de 5 a 10 % para el 2080. En países como Perú, donde el algodón comercial se siembra en zonas de irrigación, cualquier alteración de disponibilidad de riego va a ir hacia una disminucion de rendimiento.

Otra dimensión del problema del cambio climático es la mayor frecuencia de eventos extremos, en particular los asociados al Fenómeno de El Niño; como referencia, en el Niño de la campaña 1997-1998 el rendimiento del algodón se redujo en 50 % respecto a lo alcanzado en la campaña 1996-1997 (CONAM, 1999; citado por BCRP, 2009).

4

CAPÍTULO

Aspectos socioeconómicos y culturales de la conservación, el cultivo y uso de la diversidad del algodón

Capítulo IV: Aspectos socioeconómicos y culturales de la conservación, el cultivo y uso de la diversidad del algodón

En este capítulo se explora los factores sociales, culturales, económicos, ambientales y agronómicos que han permitido que hasta nuestros días se conserve aún el patrimonio genético del algodón en el Perú. Se analiza, además, los riesgos que pueden impactar en estos factores y en las decisiones de los agricultores de continuar conservando esta diversidad.

En este, como en otros cultivos, persiste la preocupación por la pérdida de diversidad o erosión genética. Se reconoce que para el caso del algodón y otros cultivos nativos del Perú, su diversidad está siendo reemplazada por otros cultivos o por otros cultivares de mayor rendimiento (reconversión); sin embargo, esta planta continúa siendo cultivada o manejada fuera de sus chacras, o en los jardines o huertos de agricultores que pertenecerían al segmento de pobreza o pobreza extrema.

¿Qué determina la decisión del agricultor de continuar cultivando, manejando o utilizando el algodón nativo? Para responder esta pregunta, el MINAM realizó entre los años 2013 a 2018 diferentes estudios que incluyeron la evaluación socioeconómica y cultural para conocer qué factores estarían impactando en la conservación de la diversidad genética del algodón, con miras a proponer políticas de conservación a largo plazo, teniendo en cuenta un potencial futuro escenario de presencia autorizada de OVM en el territorio nacional.

4.1 Importancia de la conservación de la diversidad del algodón

En el Perú, el cultivo del algodón es tan antiguo que está vinculado a su proceso de domesticación. En la actualidad, la diversidad nativa de algodón se encuentra a lo largo y ancho del territorio nacional y tiene un gran valor sociocultural (MINCETUR, 2010), valor que se evidencia en la variabilidad de colores de fibra. Cabe destacar que, a pesar de que en una época se prohibió el cultivo de estos algodones de colores en el Perú (Vreeland, 1986) mediante diferentes restricciones legales que abarcaron aproximadamente 60 años (Fustamante, 2012), los campesinos continuaron cultivando el algodón nativo.

La elaboración de la línea base de la diversidad del algodón peruano contempla el análisis situacional de la conservación *in situ* y *ex situ* del algodón. La conservación *in situ* es realizada por los agricultores o comunidades locales en las chacras y sus alrededores, donde siembran los cultivares tradicionales y crecen en forma espontánea plantas y grupos de plantas arvenses y ruderales de algodón. La conservación *ex situ* es realizada por instituciones académicas y de investigación mediante bancos de germoplasma y herbarios.

Según Esquinas (1982) en el Perú se conservaba *ex situ* 299 accesiones de algodón en la UNALM y en el INIA (en ese entonces INIPA) 695 accesiones, de ellas, 649 en La Molina y 46 en la ex Estación Experimental El Chira en Piura.

De acuerdo al Directorio de Colecciones de Germoplasma en América Latina y el Caribe (Knudsen, 2000) y el Segundo Informe sobre el Estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (INIA, 2009), la única colección de germoplasma de algodón en Perú se conserva en el INIA, consta de 54 accesiones de *G. barbadense* y 35 accesiones de *G. hirsutum*.

Posteriormente a dichas publicaciones, el MINAM (2012 a, b y c) reunió información sobre las colecciones de germoplasma y de herbarios, encontrando un grupo mayor de instituciones que conservan *ex situ* material biológico de algodón peruano (Tabla 8).

Tabla 8: Centros de conservación *ex situ* de algodón a nivel nacional.

	CENTRO DE CONSERVACIÓN *EX SITU*	REGISTROS
1	Herbario de la UNMSM	134
2	Herbario de la UNPRG	69
3	Banco de Germoplasma de la UNP	87
4	Herbario de la UNT* (15)	100
5	EEA del INIA*	
6	Herbario MOL*	
7	Misión de colecta del IBPGR	54
TOTAL		486

Fuente: MINAM, 2012.
*Incluyendo las colectas de Westengen *et al.*, 2005

Los herbarios de la UNMSM y UNPRG conservan muestras herborizadas de *G. barbadense* y *G. raimondii*. Las colectas realizadas por Westengen *et al.*, (2005) fueron depositadas en el herbario de la UNT, la UNALM y el banco de germoplasma a cargo del INIA. Consultados los especialistas a cargo de las colecciones, manifestaron que en el INIA se conserva las semillas en cámara fría, mientras que en la UNALM ya no existen colecciones. La misión de colecta del IBPGR en el Perú fue realizado por G. Ano y J. Shwendiman el año 1981, no se tiene referencia de réplicas conservadas en el país.

Sobre la conservación *in situ* se puede afirmar que diez mil años de agricultura en el Perú son prueba suficiente para garantizar la sostenibilidad de la conservación bajo condiciones *in situ* de la diversidad y variabilidad genética del algodón y todos los cultivos originarios del Perú. Sin embargo, los motores de cambio de la modernidad y la globalización podrían impactar sobre la conservación *in situ*, por lo que esta línea de base representa la oportunidad para evaluar de manera periódica los cambios que puedan ocurrir en los campos de los agricultores.

Los resultados de las prospecciones realizadas entre el 2014 al 2017 muestran, principalmente, que las poblaciones de *G. barbadense* identificadas están conformadas por pocos individuos. Incluso, se ha hallado individuos aislados cultivados o creciendo en jardines, huertos, bordes de carreteras y linderos de las chacras.

En la región Chala o Costa, especialmente en el norte, se ha encontrado los algodones de colores conocidos como “algodón nativo” y “algodón del país”. Estos corresponden al cultivar nativo País o Del País, que presenta una amplia variabilidad en el color de la fibra, destacando los tonos pardo, marrón, marrón rojizo, lila o fifo y crema o uyco.

El algodón de tipo Áspero ha sido encontrado en la región Rupa Rupa o Selva Alta, asociado a campos de cultivo. Los cultivares mejorados de algodón Áspero han sido encontrados en campos de cultivo que producen fibra con fines comerciales. También se ha encontrado la variedad botánica *brasiliensis*.

El algodón Tangüis y el algodón Pima son cultivares mejorados de *G. barbadense*, mientras que el algodón

denominado Del Cerro pertenece a la especie *G. hirsutum.* Este último es cultivado con fines comerciales pero también se encuentra plantas arvenses de esa especie al borde de caminos y chacras. Algunas plantas de *G. hirsutum* tienen fibra verde, que es utilizada con fines textiles artesanales en pequeños predios y se le conoce como algodón verde.

La forma como se conserva la diversidad del algodón en las regiones prospectadas es muy diversa. En zonas que no son productoras de algodón comercial es frecuente encontrar plantas en huertos, jardines, bordes de caminos o de ríos, creciendo de manera espontánea. En las encuestas, los agricultores manifiestan que utilizan la fibra para hilados y tejidos artesanales.

En las zonas productoras predomina el algodón en monocultivo o asociado a cultivos alimenticios como maíz o leguminosas. Los agricultores indican que los conocimientos tradicionales transferidos fueron en su mayoría de abuelos a padres y de padres a hijos, y que aprendieron de ellos a cultivar y sembrar el algodón, como también el conocimiento para el uso medicinal, así como para el hilado y el tejido.

Es importante mencionar que también se ha encontrado plantas de algodón en ciudades como Piura y Lima, así como dentro de las zonas urbanas de muchos distritos costeros, creciendo en las bermas y los jardines en forma espontánea.

El agricultor local (incluso las tejedoras artesanales) utiliza prácticas tradicionales de manejo del algodón, que en su mayoría se registra en huertos y jardines. Sus prácticas de cultivo son en secano y riego cuando disponen de irrigación. Sus prácticas agrícolas son de poda, deshierbado y recolección de las motas, lo que confirma el uso selectivo de la fibra de algodón que hacen las poblaciones locales (ver Anexo 2).

Los distintos tipos de algodón nativo tendrían mayores perspectivas de adaptación a los problemas de cambio climático y a los sistemas de agricultura orgánica, por su resistencia a la sequía y a algunas enfermedades (Vreeland, 1986), lo que representa una ventaja comparativa para el establecimiento de cadenas de valor en torno al algodón. Es por ello que el valor o la riqueza no están en los cultivos propiamente dichos, sino en la diversidad genética que contienen (Sevilla, R. 2016; comunicación personal).

En los esfuerzos de reunir información sobre las colecciones de algodón se hizo evidente que el mayor número de colectas fue realizado en el norte peruano, donde es fácil encontrar la variabilidad de colores de la fibra del algodón, puesto que la población local de mujeres continúa realizando tejidos con estos algodones en la actualidad, tal como lo evidenció Vreeland (1985) y posteriormente el MINCETUR (2010).

Cuando el MINAM realizó la prospección de algodones de colores en la región natural Chala en el centro y sur del país, no fue fácil hallarlos, puesto que no se encontró tejedoras que orientaran en la búsqueda. Sin embargo, se confirmó que están ampliamente distribuidos, siendo un ejemplo de ello el algodón pardo de Arequipa, al cual llaman color vicuña.

La conservación *in situ* de la diversidad del algodón guarda relación con sus diferentes usos, siendo el más importante el textil, debido a la actividad artesanal que aún se mantiene en el Perú, sobre todo en la zona rural. Esto explicaría por qué en el norte de la región natural Chala se conservan los algodones de color.

Tabla 9: Usos de diferentes órganos de la planta de algodón por departamento.

DEPARTAMENTO	RAÍZ	TRONCO	HOJA	FLOR	FRUTO	FIBRA	SEMILLA
Amazonas			Medicinal	Medicinal		Textil	Medicinal
Áncash					Ornamental	Textil	
Apurímac		Artesanal			Ornamental	Textil	
Arequipa		Ornamental			Ornamental	Textil	
Ayacucho					Otro	Textil	
Cajamarca		Leña	Medicinal	Ornamental	Medicinal	Textil	Medicinal
Cuzco			Medicinal		Medicinal	Textil	
Huancavelica		Ornamental	Medicinal		Ornamental	Textil	Medicinal
Huánuco			Medicinal		Ornamental	Textil	
Ica					Ornamental	Textil	
Junín			Medicinal	Ornamental		Textil	Medicinal
La Libertad					Ornamental	Textil	
Lambayeque			Medicinal		Ornamental	Textil	
Lima					Medicinal, ornamental	Textil	
Loreto			Medicinal	Ornamental	Medicinal	Textil	
Madre de Dios		Ornamental	Medicinal		Medicinal	Textil	
Moquegua		Ornamental			Ornamental	Textil	
Pasco	Medicinal		Medicinal		Medicinal	Textil	
Piura					Medicinal, ornamental	Textil	
Puno		Artesanal			Ornamental	Textil	
San Martín			Medicinal		Ornamental	Textil	
Tacna		Leña			Ornamental	Textil	
Tumbes					Medicinal, ornamental		
Ucayali			Medicinal	Medicinal	Ornamental	Textil	

Fuente: MINAM (2013a, 2013b, 2014a, 2016 y 2017).

El aprovechamiento de la fibra de algodón, como es lógico, está orientado a la textilería. El uso medicinal es también importante; en ese caso, se utilizan diversas partes de la planta, como la fibra, para tratar el mal de ojo, cerrar la "mollera" de los bebés y la "lamedura de araña" (Tabla 9). Las hojas y flores se utilizan en infusiones para tratar cólicos estomacales y flatulencias. El líquido proveniente de la cápsula se usa para tratar los dolores de oído y la cicatrización de heridas de la piel. En algunos distritos del Perú, sobre todo en los de la Amazonía, utilizan la semilla tostada como alimento. En otros casos, el algodón se utiliza de forma ornamental, principalmente en jardines, pero guardando relación también con el uso medicinal. La parte del algodón que más se utiliza es la fibra, para tejidos artesanales, uso medicinal o el comercio en zonas productoras de algodón; y, el tronco, seguido de las semillas, que son usadas para autoabastecimiento (MINAM, 2017).

4.2 Estadísticas e información básica para el análisis de riesgo

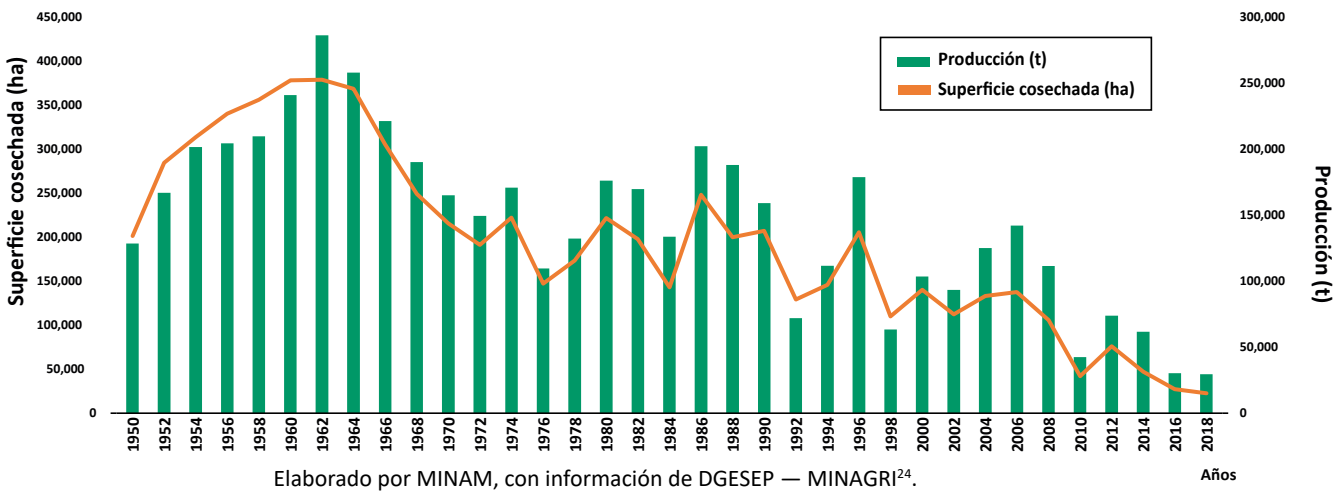
El algodón, desde su domesticación hace milenios, ha desempeñado un papel fundamental en la historia de la humanidad, en la actualidad representa el medio de vida de 350 millones de personas y alrededor del 30 % de fibras consumidas en la industria textil mundial con siembras de 32,4 millones de hectáreas en más de 80 países del mundo (ICAC, 2017, citado por FAO y ABC, 2018); asimismo, presenta problemas de carácter ambiental y social actual asociados a los distintos modelos productivos (convencional, orgánico, agroecológico) y la sostenibilidad de su producción comparada con las fibras sintéticas (FAO y ABC, 2018).

Para nuestro país el algodón fue uno de los cultivos de importancia, tanto por la demanda interna como por las divisas generadas por la exportación, constituyó el motor del agro peruano (Brenes *et. al.*, 2001). La fibra de algodón sustentaba a 20 000 familias (8 % de la PEA) y abastecía a fábricas de hilos y tejidos de aproximadamente 400 empresas textileras (INIA, 2009).

Los datos de producción muestran que actualmente se vive la más honda crisis del cultivo de algodón en nuestro país. Según el MINAGRI[23], en el año 1963 se registró el pico más alto de superficie cosechada con 256 800 ha y en el año 2017 se registró el nivel histórico más bajo, con 8158 ha y una producción de 23 mil toneladas (MINAGRI, 2019a). Su participación dentro del valor bruto de la producción agrícola ha disminuido progresivamente a una tasa media anual de 13,7 % en los últimos doce años, pasando de 552 a 108 millones de soles a precios del año 2007; en el año 2018 se redujo a 0,5 %, lo cual ha generado que pierda importancia en el mercado interno (MINAGRI, 2019b). En general esta menor producción se explica por la permanente caída de los precios y su reconversión hacia productos más rentables, aunque el clima propicie buenas cosechas (MINAGRI, 2019a).

En el siguiente gráfico se observa que tanto la superficie cosechada como la producción del algodón en el Perú, ha tenido una tendencia decreciente desde la década de los años 60, hubo algunas recuperaciones notables en algunos períodos pero también disminuciones igualmente notables en otros.

Gráfico 1. Serie histórica de superficie cosechada (ha) y producción de algodón rama (t), Perú 1950 - 2018



Elaborado por MINAM, con información de DGESEP — MINAGRI[24].

23 MINAGRI. Serie de Estadísticas de Producción Agrícola (SEPA). Recuperado el 4/04/2020 de http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/

24 Dirección General de Seguimiento y Evaluación de Políticas – DGESEP. MINAGRI. Información de sistema estadistico de consultas, Recuperado el 05/04/2020 de: http://frenteweb.minagri.gob.pe/sisca/?mod=salida

En los últimos años, las exportaciones de textiles y confecciones también muestran una tendencia decreciente. Aunque no se cuenta con estadísticas, la producción textil se basa en la utilización de distintas materias primas: algodón nacional de los cultivares Pima, Tangüis, Hazera y Del Cerro, así como algodón Upland, importado principalmente de Estados Unidos de América, además de la utilización de lana de ovino y pelos finos, así como fibras y filamentos sintéticos y artificiales (Martínez *et al.*, 2015).

Entre las causas de este escenario crítico se reconoce el rezago del avance tecnológico para el cultivo de algodón (Brenes *et al.*, 2001). Los impulsores de los OVM sostienen que la alternativa es permitir el ingreso de cultivares comerciales de algodón con eventos de OVM para su liberación al ambiente con fines de cultivo, con el fin de aumentar el rendimiento de las cosechas de algodón Pima y Tangüis. Sin embargo, es importante indicar que los eventos de OVM desarrollados se encuentran en la especie *G. hirsutum*, mientras que el algodón ampliamente cultivado en el país es el *G. barbadense*.

Como ya se mencionó, la diversidad del algodón (*G. barbadense*) Pima y Tangüis es reducida. La mayor fuente de diversidad está en el algodón nativo, en los cultivares nativos País o Del País y Áspero, así como en la variedad botánica *brasiliensis*. Esta diversidad aún no ha sido utilizada en los programas de mejoramiento genético convencional que, junto con otras medidas, como la producción orgánica (para ciertos nichos de mercado), la promoción de las artesanías con algodón nativo y el turismo vivencial, podrían aportar en la solución de la crisis que actualmente atraviesa el cultivo de algodón.

Para los fines de mercado, se reconoce el valor de las fibras de los algodones Tangüis y Pima, los cuales están adaptados a las prácticas de los agricultores de la Chala o Costa y que están incluidos en las 12 784 pequeñas unidades agropecuarias (hasta 5.0 ha) que según el CENAGRO (2012), cultivan algodón. Estos y otros datos, como veremos más adelante, cobran relevancia en los análisis de riesgo y en las medidas de bioseguridad que deben tomarse en consideración para el posible uso de los OVM y otras tecnologías.

4.3 Datos socioeconómicos obtenidos en las prospecciones

Como ya se mencionó, la conservación *in situ* de la diversidad del algodón nativo está vinculada a los productores y las tejedoras artesanales, por lo que es relevante conocer qué ocurre a nivel de las zonas productoras, tanto en aspectos socioeconómicos y ambientales como en los agrícolas. Al respecto, es necesario identificar las amenazas a la diversidad biológica que existen en el campo, destacando el comportamiento de la población local ante las limitaciones que enfrenta. Para esto, se analizó la información obtenida en encuestas aplicadas a los agricultores y pobladores locales vinculados con el algodón, en los trabajos de prospección realizados por el MINAM el 2014, 2016, 2017 y 2018 en 22 departamentos del Perú en que se hicieron encuestas a 534 personas que cultivaban algodón.

Se reconoce que la conservación *in situ* es desarrollada por agricultores que se ubican en tierras marginales ocupadas por comunidades y minifundistas (Medina y Roldán, 2012). Esta agricultura coincide con la denominación de "agricultura familiar" por el uso predominante de la fuerza de trabajo familiar que maneja pequeñas extensiones de tierra. Su actividad productiva coincide o está muy cerca al lugar de residencia, tiene acceso limitado al recurso tierra y otros factores de producción; forma parte de redes de reciprocidad y control social, la mujer cumple en ella un importante rol en la actividad productiva y reproductiva, y sus unidades forman parte de comunidades campesinas, nativas o afrodescendientes (MINAGRI, 2015).

Las encuestas realizadas en los lugares de prospección del algodón identifican los factores que influyen en la conservación de la biodiversidad y el comportamiento del poblador local vinculado al algodón, como se presenta a continuación:

- El rango de edad de las personas encuestadas estuvo entre 21 y 88 años, siendo destacable que el 59 % de los encuestados tenía entre 45 y 64 años.

- Se confirmó que existe heterogeneidad de criterios para decidir sobre la siembra de algodón. Tal decisión depende de varios factores, como siembra por demanda, disponibilidad de agua de riego y tradición.

- El 73 % de encuestados cuenta con teléfono celular, lo cual debe tenerse en cuenta para los futuros programas de información, capacitación y transferencia de tecnología, sobre todo considerando que los OVM corresponden a una tecnología que, de aprobarse su liberación al ambiente, será manejada o utilizada por los agricultores, que en su mayoría tienen bajo nivel de educación formal: 60 % de los encuestados solo estudió primaria completa y el 40 % secundaria completa.

Otro componente importante en la conservación de la diversidad genética lo constituye la semilla, que es el factor de mayor importancia para la sostenibilidad de la conservación *in situ* de los cultivos nativos en general y de la diversidad del algodón en particular.

Conservar la pureza (uniformidad) es una condición de calidad en la producción convencional de semilla. Se entiende que para los OVM esta condición también es asumida, porque se trata de generar regalías mediante la compra-venta, mientras que en los lugares donde aún persiste una cultura fuertemente ligada al paisaje y a la naturaleza, la semilla es parte de la vivencia del agricultor: no solamente se compra y se vende, sino que también se intercambia, se regala, se hereda, se usa como medio de pago (por trabajo), se comparte, se presta, se encuentra y se roba (INIA, 2007).

Sobre la procedencia de la semilla de algodón se realizó encuestas a 534 personas durante los periodos de prospección, resultando que 51 % utiliza su propia semilla o semilla del lugar (Tabla 10). Es preciso analizar los lugares donde se encontró cultivos en limpio de algodón, diferenciándolos de los lugares donde solamente se encontró plantas de algodón creciendo en forma subespontánea.

Tabla 10: Procedencia de la semilla por número y porcentaje de encuestados según los periodos de evaluación.

Periodo de prospección	Total encuestados	Semilla propia/ del lugar	Compran semilla	Departamento prospectado y tipo de producción
2014	283	249 (88 %)	34 (22 %)	Prospecciones en zonas de cultivo en limpio y plantas arvenses de algodón de Amazonas, Cajamarca, Huánuco, Ica, Junín, Lima, Loreto, Pasco, San Martín y Ucayali
2016-2017	68	20 (29 %)	48 (71 %)	Prospecciones en zonas de cultivo en limpio y plantas arvenses de algodón en Áncash, Arequipa, Moquegua, Tacna, Puno, Madre de Dios, Cusco, Huancavelica, Apurímac y Ayacucho
2017-2018	183	2 (1 %)	181 (99 %)	Prospección en zonas productoras de algodón de los departamentos de Lambayeque, Piura, Ica, Lima y San Martín
Total	534	271 (51 %)	263 (49 %)	

Como se puede apreciar en la Tabla 10, el 2014 y 2016-2017 solamente se encontró cultivos en limpio de algodón en los departamentos de Lima, Áncash y Arequipa, a diferencia de las prospecciones realizadas los años 2017-2018 que ocurrieron en zonas productoras de algodón Tangüis, Pima, Hazera, e IPA. El resultado es revelador, mostrando que solamente el 1 % utiliza semilla propia.

4.4 Cultivares de algodón con eventos de OVM

El PCB define al OVM como 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 la Diversidad Biológica, 2000). Esta definición equivale a la de Organismo Genéticamente Modificado (OGM) del CDB.

Desde la liberación al mercado en 1982 de la insulina humana obtenida de la bacteria *Escherichia coli* GM, el uso de los OVM se ha extendido de la industria farmacéutica y salud humana a otros sectores como la agricultura, la ganadería, la acuicultura, el medio ambiente (biorremediación) y la industria en general. Su uso en agricultura está referido a la resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a herbicidas, adaptación a sequía y otros tipos de estrés abiótico, así como para mejorar la calidad alimenticia e industrial.

En el año 2018 el algodón era el tercer cultivo con eventos OVM sembrado en el mundo con 24.8 millones de hectáreas, luego de la soya (primero) y el maíz (segundo). En Sudamérica, por ahora, son Perú y Venezuela los únicos países que no los siembran; globalmente el ISAAA (2018), reporta que los eventos apilados que combinan resistencia a insectos y tolerancia a herbicidas cubrieron un 42 % del área total; la tolerancia a herbicidas es la característica preferida cubriendo un 46 % (eventos singulares y apilados). En la siguiente tabla se presentan las características genéticamente modificadas registradas para *G. hirsutum*. Estas características son utilizadas en diferentes eventos, solos o en combinación, dando lugar a las características comerciales que luego son sometidas a la aprobación por los países; al 2020 hay 67 eventos aprobados para algodón en todo el mundo (ISAAA, 2020)[25].

Tabla 11. Características genéticamente modificadas registradas por el ISAAA para el *G. hirsutum* hasta el 2020.

N.°	CARACTERÍSTICA GM REGISTRADA PARA ALGODÓN	N.° EVENTOS REGISTRADOS EN ISAAA CON LA CARACTERÍSTICA
1	Bajo contenido de gossypol	1
2	Marcador visual	10
3	Resistencia a antibióticos	37
4	Resistencia a hemíptero	1
5	Resistencia a lepidópteros	48
6	Resistencia a múltiples insectos	1
7	Tolerancia a herbicida 2,4-D	3
8	Tolerancia a herbicida Dicamba	4
9	Tolerancia a herbicida Glifosato	23
10	Tolerancia a herbicida Glufosinato	25
11	Tolerancia a herbicida Isoxaflutol	2
12	Tolerancia a herbicida Oxynil	10
13	Tolerancia a herbicida Sulfonylurea	1
	Total de características	166

Fuente: ISAAA, approval database 2020[26]

25 International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications - ISAAA. GM approval database. Recuperado de: http://www.isaaa.org/gmapprovaldatabase/default.asp, visitado el 31/03/2020.
26 Ibid.

Los cultivares comerciales de algodón con eventos de OVM autorizados por la resistencia a insectos del orden Lepidoptera, utilizan a *Bacillus thuringiensis* (Bt), una bacteria que sintetiza la proteína Cry, de la cual se ha identificado aproximadamente veinte tipos diferentes de efectos muy específicos en los lepidópteros *Heliothis virescens*, *Pectinophora gossypiella*, *Alabama argillaceae,* y que son parcialmente eficaces para combatir *Spodoptera frugiperda.* Una vez insertado el gen del Bt en el genoma de la planta de algodón, las características de la proteína Cry son transferidas a los cultivares de algodón de alto rendimiento (AGRO Bio, 2007).

Los cultivares de algodón con eventos de OVM autorizados por la tolerancia al herbicida contienen la enzima CP4 EPSPS derivada de *Agrobacterium* sp. cepa CP4, que de forma natural no es afectada por el glifosato, lo que le permite al cultivo resistir la aplicación de dicho herbicida (AGRO Bio, 2007).

4.5 Análisis de riesgos

Los factores que impactan sobre la conservación de la diversidad de los cultivos se pueden clasificar en socioeconómicos-culturales, ambientales e institucionales. Estos factores son relevantes para los análisis de riesgos ante las solicitudes de liberación al ambiente de cultivares comerciales de algodón con eventos de OVM y se revisan brevemente a continuación.

Factores socioeconómicos culturales

En un cultivo no alimenticio como el algodón, las condiciones que afectan la agricultura y la artesanía textil son las preferencias culturales, que podrían modificar sus prácticas de utilización. No se conserva aquello que no se utiliza, y no se utiliza aquello que no se conoce, por lo que el conocimiento tradicional es central en la conservación *in situ* del algodón.

Según el CDB (s.f.), se entiende por conocimiento tradicional a las innovaciones y prácticas de las comunidades indígenas y locales de todo el mundo, adquiridas a partir de la experiencia milenaria, adaptadas al entorno local y transmitidas por vía oral. El conocimiento tradicional tiende a ser de propiedad colectiva y adquiere la forma de historias, canciones, folklore, refranes, rituales, leyes comunitarias e idioma local, e incluye la evolución de especies vegetales, razas animales y las prácticas agrícolas. El conocimiento tradicional es vivencial y pragmático, en especial en los campos de la agricultura, pesca, salud, horticultura y silvicultura.

El algodón ha sido parte del desarrollo cultural en el Perú desde tiempos ancestrales, por lo que su nombre está presente en diversas lenguas indígenas. En quechua es conocido como “utco”, en ashaninka es “ampege”, es conocido por los yaneshas como “ampe”, por los nomatsigenga como “omegitega” y en la antigua lengua muchik fue denominado “jam” (MINAM, 2014).

Actualmente, las comunidades campesinas, indígenas y locales valoran sus conocimientos tradicionales porque son esenciales para su bienestar, conciben su desarrollo desde su propia perspectiva; su visión singular del mundo es inseparable de su estilo de vida, de sus valores culturales, creencias, cultivos y actividades cotidianas, ya sean domésticas o productivas. Es por ello que el Estado reconoce y protege los conocimientos tradicionales o colectivos como propiedad intelectual, por ser el conocimiento acumulado y transgeneracional desarrollado por los pueblos y comunidades indígenas con respecto a las propiedades, usos y características de la diversidad biológica (Ley 27811), y tiene el mandato de promover el rescate, la recuperación y conservación del algodón nativo peruano en el ámbito nacional, según la Ley n.° 29224.

La globalización y la educación formal estarían cambiando la perspectiva de las nuevas generaciones en el ámbito rural, donde se encuentran las poblaciones locales poseedoras del conocimiento tradicional vinculado a los

recursos biológicos en general y al algodón en particular. Como es lógico, estas poblaciones demandan educación formal y el Estado atiende esta demanda. En ese sentido, el currículo educativo nacional ha evolucionado favorablemente al incorporar los enfoques transversales ambiental e intercultural, que son factores a favor de la conservación *in situ* del algodón.

La importancia del algodón en las antiguas culturas peruanas, por medio de la evidencia arqueológica de la textilería con algodón como materia prima se muestra en los fardos funerarios en Paracas (Fernandez *et al.*, 2003), en las redes de pesca de las culturas costeras (Lumbreras, 2006) y en las tumbas del Señor de Sipán (Fustamante, 2012). La calidad de los tejidos muestra que existieron artesanas y artesanos expertos en la utilización de estas fibras (Bulliet, 2008) así como en el manejo del cultivo del algodón para abastecer las necesidades de sus poblaciones.

En relación con los factores socioeconómicos, en el departamento de Lambayeque se registró un total de 6811 artesanos, de los cuales se dedican a la artesanía con algodón nativo 152 mujeres (Fustamante, 2012).

El MINCETUR (2010), mediante el Centro de Innovación Tecnológica SIPÁN (CITE-SIPÁN), promociona el Registro Nacional del Artesano-RNA vinculado al rubro textil de algodón nativo, con fines de elaborar proyectos para alcanzar su autosostenibilidad, el desarrollo de oferta exportable de productos textiles y la elaboración de prototipos de moda étnica traducida en diseños confeccionados en alta costura y prendas bordadas a mano.

En Piura y Lambayeque el procesamiento del algodón es una tradición que no generaría márgenes significativos de utilidad ni aseguraría la sostenibilidad de la actividad artesanal en el largo plazo. No obstante, se registró que las artesanas continúan elaborando artículos con algodón nativo y la mayor parte de ellas manifestaron que continuarían haciéndolo en el futuro (Fustamante, 2012).

Por el lado de la producción, como ya se mencionó, el cultivo de algodón atraviesa por su más honda crisis. Esto puede afectar su conservación, aunque los cultivares País o Del País, Áspero y Arriñonado crecen en forma subespontánea y la población local los aprovecha selectivamente. En cuanto a los cultivares Pima y Tangüis, se considera que podrían tornarse en arvenses (malezas). Sin embargo, aunque el mercado es adverso debido a los bajos precios de la fibra de algodón importada y a los aún más bajos precios de la fibra sintética, las prácticas agrícolas tradicionales adaptadas y adoptadas por los productores permiten que año tras año se vuelva a cultivar algodón.

En cuanto a la oferta de algodón con eventos de OVM o transgénico, considerando que la superficie sembrada de algodón no es significativa dada la crisis actual, si comparamos la superficie cultivada de algodón en Perú en su mejor época (256 800 ha en 1963) con la superficie cultivada de algodón con OVM en Argentina con 450 000 ha (ArgenBio, 2019), que desde el 2015 representa casi la totalidad del área sembrada, queda bastante claro que no es posible competir por extensión de área.

Los otrora gremios de productores nacionales de algodón, que fueron los impulsores de la tecnología agrícola nacional (tal es el caso del algodón Tangüis y el manejo integrado de plagas), actualmente se encuentran a la espera de programas de subsidios y aranceles de protección (La Revista Agraria, 2010). Por su parte, los productores de algodón de colores tienen una visión tradicional en su relación con el mercado, y no cuentan con financiamiento ni con información de mercado (Vásquez y Pérez, 2012).

La producción de algodón nativo, de fibra de colores, está concentrada en algunos distritos de Lambayeque. Esta no cubre la demanda, debido a que el interés por las fibras de colores por parte de ciertos consumidores ha despertado

a su vez el interés de empresarios a nivel nacional e internacional. Con respecto al precio, el del algodón nativo de colores en rama fue superior al pagado por el algodón blanco: S/ 9.00 y S/ 5.20 respectivamente (Vasquez y Pérez, 2012).

El CITE-SIPÁN (citado por Vásquez y Pérez, 2012) señala que los productos orgánicos de algodón tienen potencial en el mercado externo y, según PromPerú (2008), las ventas de productos orgánicos a nivel mundial crecen a un ritmo de 14 % al año, coyuntura que no se está utilizando para favorecer el cultivo del algodón nativo. Bastaría con cubrir una pequeña fracción de esa demanda teniendo en cuenta que el mercado de productos orgánicos continúa creciendo de forma sostenida (FiBL, 2017).

Factores ambientales

La expansión de las ciudades, la degradación de los suelos, el cambio de uso de los suelos y el cambio climático se reconocen entre los factores ambientales que impactan sobre la conservación de la diversidad de especies en general y, por ende, sobre las especies cultivadas y silvestres de algodón. Asimismo, impactan sobre las comunidades locales, los agricultores tradicionales y sus respuestas adaptativas.

Ante este escenario, a nivel científico se viene construyendo recientemente indicadores para fijar la unidad de conservación *in situ* para los cultivos. Hasta ahora se ha concentrado los esfuerzos de conservación en bancos de germoplasma como una medida para concentrar la diversidad, conservarla, estudiarla y monitorearla; en la actualidad, es la única forma de diseñar las políticas públicas en materia de conservación.

Una de las finalidades de la Ley n.° 29811 es fortalecer las capacidades nacionales mediante las instituciones gubernamentales para la conservación *in situ*. El MINAM, por su parte, está promoviendo el desarrollo de mecanismos de retribución por la conservación de la agrobiodiversidad con poblaciones locales, aprovechando los alcances de la Ley n.° 30215, Ley de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos.

Factores institucionales

Para aprobar la liberación al ambiente de cultivares comerciales de algodón con eventos de OVM se requerirá evaluar la actual capacidad del productor para aplicar las recomendaciones de bioseguridad propias de cada proveedor de semilla OVM, considerar también el escenario de agricultura tradicional o agricultura familiar, para hacer efectivas y sostenibles las medidas que minimicen el riesgo de contaminación o pérdida de la diversidad del algodón.

Cabe indicar en este punto que en general, el agro carece seriamente de programas agresivos de apoyo tecnológico, asistencia técnica efectiva y capacidades locales para las necesidades de bioseguridad en relación con los cultivos OVM. Otra dimensión de la debilidad del agro es la informalidad en la comercialización, tanto de la fibra de algodón y otros derivados, como la semilla y la pepa que no es semilla. El Perú es el único lugar en el mundo donde ocurre la venta de algodón rama, pues lo normal es que se comercialice en fibra (Suárez, F. 2016; comunicación personal).

En general la cadena productiva algodón-textil-confecciones contiene una problemática amplia y compleja, que se expresa en baja rentabilidad, falta de capacidad de negociación, comercialización informal y poco organizada, falta de financiamiento, limitado o nulo acceso a transferencia tecnológica, escaso acceso a información de mercados y precios, e inestabilidad de las políticas públicas para el sector.

El Estado, como una política general, promueve y prioriza decididamente la asociatividad como una medida efectiva de superar la pobreza. Una gran debilidad es la falta de asociaciones de productores, especialmente en torno al algodón, pues la mayoría de organizaciones y gremios de productores de algodón han dejado de operar.

En el presente, solamente el IPA, la UNALM y la UNP tienen programas sobre algodón. La Universidad Nacional San Luis Gonzaga de Ica (UNICA) y las empresas privadas han cerrado sus programas de algodón. El INIA (2007) menciona en su catálogo de colecciones de germoplasma que conserva 54 accesiones de *G. barbadense* y 35 accesiones de *G. hirsutum*, y tiene incluido a este cultivo en el Programa de Cultivos Agroindustriales y de Exportación[27].

Se requiere extraer lecciones de las diferentes acciones, proyectos, planes y programas orientados a fortalecer la cadena productiva algodón-textil-confecciones, con la finalidad de hacer efectivas las medidas que se adopte, especialmente en un posible escenario de introducción de nuevas tecnologías como los OVM y en un contexto donde el agricultor presenta un perfil limitado en nivel educativo formal y una visión singular de su entorno que no favorece la formalidad.

27 Información recuperada el 02/04/2020 de http:// https://www.inia.gob.pe/programas-nacionales/

4.6 Propuestas y sugerencias

Las consideraciones socioeconómicas establecidas en el artículo 26° del PCB son relevantes para los países megadiversos como el Perú, donde existen culturas locales que utilizan selectivamente la diversidad biológica y mantienen una cultura conservacionista, creadora y recreadora de diversidad genética. Por estas razones se sugiere incorporar las consideraciones socioeconómicas en los análisis de riesgo, teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Los sistemas tradicionales de producción y la cultura que los sostiene constituyen una valiosa estrategia sostenible de conservación *in situ* de la diversidad de las especies cultivadas en los agroecosistemas.

- Las amenazas a la conservación *in situ* persisten. Estas vienen de los cambios ambientales, culturales, catástrofes, crecimiento demográfico, y son las que debe neutralizarse mediante la promoción de la conservación *in situ* de la diversidad genética en las zonas donde se desarrollaron las características distintivas de las poblaciones o diversidad y los sistemas propios locales de reproducción de sus medios de vida.

- En la actualidad se viene desarrollando indicadores para monitorear la conservación *in situ* de la diversidad para garantizar la adecuada gestión de la agrobiodiversidad, así como la articulación de la conservación de esta como parte de los mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos (Ley 30215).

- El Protocolo Suplementario de Cartagena (PSC), sobre responsabilidad y compensación, a la fecha no ha sido ratificado por el Perú. Sin embargo, el Proyecto de Resolución Legislativa (desarrollado por el MRE) fue remitido al Congreso de la República en enero de 2019. El PSC se constituye en el referente para asegurar la conservación *in situ* de la agrobiodiversidad y su implementación permitirá a los diferentes actores, especialmente a las empresas productoras y comercializadoras de OVM, asumir su responsabilidad frente a cualquier daño al medio ambiente, a la diversidad biológica y a la salud humana que se pueda generar al liberar OVM al ambiente, y compensar económicamente a los afectados.

5

CAPÍTULO

Propuesta para la gestión de la diversidad del algodón

Capítulo V: Propuesta para la gestión de la diversidad del algodón

De acuerdo con los resultados de las prospecciones realizadas en campo en el marco de la elaboración de la línea de base, de continuar la tendencia decreciente de las áreas de cultivo, en los próximos 40 años podría haberse dejado de cultivar. ¿Se puede revertir esta situación? La respuesta es sencilla y clara: sí.

En las siguientes líneas se propone algunas alternativas para revertir el panorama desalentador del cultivo de algodón, sobre la base de la gestión de la bioseguridad y la conservación de su diversidad.

5.1 Análisis de riesgo

Para el uso seguro de los OVM la ley establece la obligatoriedad de realizar previamente el análisis de riesgo, un proceso que sin duda agrega valor y que, si es debidamente conducido, puede convertirse en una marca nacional registrada, dadas las tendencias crecientes de la demanda en los mercados globales por los productos naturales.

El análisis de riesgo se realiza para examinar la naturaleza de las consecuencias no deseadas y negativas que los OVM podrían causar sobre la salud humana y animal, en el ambiente y en la diversidad biológica (FAO, 2011). Esto se hace mediante el uso sistemático de información disponible para guiar la toma de decisiones informadas, con base en los riesgos y beneficios evaluados derivados de la adopción de una tecnología en particular (Paes *et al.*, 2012). Consta de tres componentes: evaluación, manejo y comunicación del riesgo.

El PCB es el instrumento internacional que en su anexo III establece el procedimiento general para el análisis de riesgo de OVM. Ha sido adoptado por más de 130 países, como instrumento internacional, se podría utilizar en el Perú como una marca o un sello frente a los mercados internacionales.

A este instrumento internacional se añade la Ley n.° 27104, Ley de Prevención de Riesgos Derivados del Uso de la Biotecnología y su Reglamento, el Decreto Supremo n.° 108-2012-PCM, que regula la bioseguridad con la finalidad de proteger la salud humana, el ambiente y la diversidad biológica, promueve la bioseguridad en la investigación y el desarrollo de la biotecnología en el Perú. La aplicación de estas normas constituye una garantía ante el uso confinado, la liberación intencional de los OVM al ambiente y el movimiento interno y transfronterizo de los OVM. No está de más precisar que estas normas requieren ser perfeccionadas: por ejemplo, se debería incluir un régimen de sanciones, así como la adecuación a las nuevas herramientas de la biotecnología, como la edición genética.

En el marco de esta Ley y su reglamento, en el momento actual el desafío consiste en su aplicación caso por caso, siguiendo rigurosos procedimientos científicos y técnicos, tomando en consideración el principio precautorio. Este proceso añadiría más valor a los productos y subproductos derivados de la biotecnología moderna, más aún si fueran productos derivados de los recursos genéticos de los

cuales el Perú es centro de origen, como es el caso del algodón.

Adicionalmente, si se incorpora a los análisis de riesgo el consentimiento informado y fundamentado previo, tomando en consideración los contextos culturales, sociales y económicos que los rodean (Altieri, 2004), se podría crear alternativas reales para la agricultura libre de OVM o con el uso seguro de OVM, según sea el caso, en especial para los pequeños agricultores, quienes según el IV CENAGRO (2012) están constituidos por aquellos que poseen o trabajan, en conjunto, 1 122 400 unidades agropecuarias de hasta 5 ha cada una, y representan el 80.8 % del total de unidades agropecuarias.

De modo similar, la bioseguridad, mediante los análisis de riesgo, puede ser una poderosa herramienta para proteger la agricultura orgánica, que según la Ley n.° 29196 no admite el uso de semillas GM.

Se debe tomar en cuenta que el mercado global de productos orgánicos y naturales crece sostenidamente, habiendo pasado de 17.9 a 81.6 mil millones de dólares americanos anuales entre el 2000 y el 2015 (FiBL, 2017). La producción de algodón orgánico representa alrededor del 1 % de la producción orgánica global, destacando que la mayor superficie orgánica se concentra en India (FAO y ABC, 2018). Estas cifras revelan oportunidades para el Perú como país donde todavía predomina la pequeña agricultura familiar que conserva buenas prácticas agrícolas tradicionales.

Como sabemos, los productos orgánicos y naturales constituyen un segmento muy específico del mercado y pueden pagar los sobrecostos que significaría sustentar una agricultura libre de OVM. El algodón orgánico es más caro que el algodón convencional debido a que los costos de producción son más altos a causa del bajo rendimiento unitario. Sin embargo, esta aparente desventaja, bien aprovechada, se puede convertir en oportunidad, por las alternativas reales de acceder a nichos de mercado preferentes a los pequeños agricultores, con productos calificados como naturales u orgánicos, valores a los que se pueden sumar otros como la producción tradicional o ancestral y la baja huella ambiental.

5.2 Conservación del medio ambiente y la diversidad biológica

Para cuantificar la amenaza sobre la diversidad biológica, el daño y las reparaciones (de ser necesarias) que pueda causar el uso de OVM, se requiere tener una línea de base, es decir conocer el estado actual de la diversidad que podría potencialmente verse afectada por la liberación al ambiente de los OVM. Eso nos lleva a evaluar la condición de conservación de las especies priorizadas. Parte de esta medición involucra el cumplimiento de la EPANDB[29], que a nivel nacional responde a la Ley n.° 26839, Ley sobre la conservación y el aprovechamiento sostenible de la diversidad biológica y su reglamento, y que, a nivel internacional, corresponde al CDB, que de manera periódica exige el informe nacional sobre el estado de la diversidad biológica y el cumplimiento de las metas país en el marco de las Metas Aichi.

En consecuencia, la gestión de la conservación nos lleva también a la utilización sostenible de sus componentes, en concordancia con los artículos 66° y 68° de la Constitución Política del Perú. Esto implica conservar la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como mantener los procesos ecológicos esenciales de los que depende la supervivencia de las especies. A su vez, esta acción involucra una serie de compromisos vinculados, incluyendo promover la participación justa y equitativa en los beneficios que se deriven de la utilización, así como incentivar la educación, el intercambio de información, el desarrollo de capacidades, la investigación científica y la transferencia tecnológica, de modo que incida directamente en el desarrollo del país. Esto significa que la conservación y la gestión de la bioseguridad servirán también para una mayor y mejor utilización de los componentes de la diversidad biológica, promoviendo la participación del sector privado para estos fines.

Un sistema eficiente y organizado de bioseguridad comprende también el fortalecimiento y la creación, cuando sea necesario, de centros de conservación *ex situ*, en este caso para el algodón. Como ya se mencionó, la diversidad del algodón nativo no ha sido utilizada en todo su potencial, por lo que, para cambiar esta situación, es pertinente promover la investigación con arreglo a la normativa sobre acceso a los recursos genéticos[30].

Si bien la Ley n.° 29811 y su reglamento priorizan la elaboración de las líneas de base, el fortalecimiento de las capacidades nacionales y el desarrollo de infraestructura, se requiere de un sistema eficiente de bioseguridad que comprenda también el establecimiento e implementación de mecanismos de fortalecimiento de la conservación *in situ* de la diversidad biológica en general, y de la diversidad del algodón en particular. Para el caso del *G. raimondii* las acciones de conservación se implementarían dentro de las áreas naturales protegidas, y para *G. barbadense* mediante el reconocimiento de zonas de agrobiodiversidad[31].

Un aspecto central de la conservación de la diversidad del algodón son las semillas. Aunque muchos de los esfuerzos nacionales están orientados a una adecuada regulación del mercado de semillas[32], no se ha logrado aún consolidar un sistema nacional de producción y comercialización, en parte por aspectos culturales propios de los pequeños agricultores que en su mayoría practican la agricultura tradicional. Asimismo, a pesar que la Ley n.° 27262, Ley general de semillas, ya reconocía a la "semilla tradicional", recientemente se desarrolló la normativa específica para las semillas de papa (nota al pie del Reglamento), quedando pendientes los otros cultivos nativos del Perú.

29 Decreto Supremo n.° 009-2014-MINAM.
30 Decreto Supremo n.° 003-2009-MINAM.
31 Decreto Supremo n.° 020-2016-MINAGRI.
32 Decreto Legislativo n.° 1080; Decreto Supremo N.° 006-2012-AG; Decreto Supremo N.° 024-2005-AG; Decreto Supremo N.° 010-2018-MINAGRI

Sin un sistema nacional de semillas sólido, podría ocurrir que solamente se importe la tecnología de los OVM mediante eventos diseñados en otros países, quedando relegada la producción o elaboración propia de eventos de OVM acordes a nuestra realidad. Esto impactaría en el contínuo debate sobre los OVM con respecto, sobre todo, a los derechos de propiedad intelectual.

También, las empresas nacionales y los gremios de productores algodoneros verían con entusiasmo la acción concertada para afianzar el mercado nacional de semillas, que favorecería a los cultivares y linajes mejorados que aún se conservan. En el cultivo de algodón para la campaña 2017-2018, se instalaron 15 434 ha de las cuales 3 597 ha lo fueron con semilla certificada, expresando una tasa de uso de 23.3 % (MINAGRI, 2019 b). El grueso de la producción de semillas de algodón nacional no pasa por el sistema formal, dando lugar a la proliferación de la pepa como semilla, práctica que se ha convertido en un problema estructural en la producción del algodón, con la consiguiente caída de los rendimientos unitarios.

Artesanía textil del norte peruano

El hilado y el tejido artesanal en el norte del Perú son actividades complementarias a la agricultura, que generan ingresos adicionales a pobladores de zonas rurales, permiten la expresión de la creatividad popular y fortalecen la identidad del país. La artesanía en general demanda 68 122 puestos de trabajo, 49.2 % a tiempo completo, de los cuales el 35 % son asalariados y el 65 % son trabajadores independientes (MINCETUR, 2010).

5.3 Conservación de la diversidad sociocultural

La conservación de la diversidad de un cultivo como el algodón, que tiene una larga historia natural y cultural, debe involucrar a los actores directos, esto es, a los agricultores o la población local de las áreas de cultivo. La manifestación más tangible de estas culturas es la diversidad expresada en cultivares nativos tan variados como los distintos colores de la fibra de algodón, manifestación tan importante como el conjunto de costumbres, tradiciones, usos, creencias y mitos, que en suma son los conocimientos tradicionales con su propia y singular visión del mundo.

Las culturas ancestrales han ampliado la forma de utilización de la diversidad biológica al combinar y seleccionar la diversidad genética con las múltiples formas de uso y transformación que han desarrollado las familias de los agricultores. En el caso particular del algodón, conservar la diversidad genética es conservar también esta cultura, del hilado y del tejido que forman parte de sus tradiciones y costumbres. En un contexto de bioseguridad, en el que gran parte de los agricultores no conoce los OVM, se deberá tomar en cuenta las consideraciones socieconómicas y culturales que se han conocido a través de la elaboración de esta línea de base y que serán parte importante de los análisis de riesgo.

La percepción que tienen los agricultores sobre las plantas en general tiene connotaciones utilitarias, incluyendo aquellas que la agronomía convencional califica como maleza. Un hecho singular fue la prohibición de la que fue objeto el algodón nativo, al ser considerado en su momento como maleza hospedera de plagas. Pese a esta prohibición, al ser utilizado tradicionalmente ese algodón por la población rural, lo continuaron manejando y hasta cultivando (Brack, 2004 y 2015). Esta percepción asegura no solamente la conservación de la diversidad del algodón, sino también explicaría el por qué los agricultores más tradicionales prefieren sembrar los cultivares nativos. En este contexto, conviene agudizar el análisis de riesgo, sobre todo cuando los cultivares comerciales y los eventos de OVM van cambiando al paso de los años, mientras que los agricultores, por cultura propia y ancestral, una vez adoptado un cultivar (ya sea nativo o moderno) lo incorporan a su *stock* genético.

Por otro lado, es necesario considerar la Ley n.° 27811, que establece el Régimen de Protección de los Conocimientos Colectivos de los Pueblos Indígenas vinculados a los recursos biológicos, reconoce y protege los derechos y la facultad para decidir de los pueblos y comunidades indígenas sobre sus conocimientos, innovaciones y prácticas tradicionales asociados a los recursos biológicos, entre ellos la creación o recreación de nuevos cultivares nativos. En algodón no existen programas formales de domesticación. Los agricultores, con ingenio y perseverancia, son responsables de la diversidad actual del algodón y deberían, como parte de la política de inclusión social, ser considerados socios en la conservación de dicha diversidad y en la gestión de la bioseguridad.

Sin duda, la actividad artesanal del algodón ha permitido conservar la diversidad de este cultivo y continuará permitiéndola si se dan las condiciones y, eventualmente, los incentivos adecuados. El poblador rural no necesita ser considerado beneficiario de los programas gubernamentales o no gubernamentales pero debería reconocerse su protagonismo histórico en los procesos de domesticación y conservación del algodón nativo.

5.4 Gestión de la bioseguridad

El debate en torno a la bioseguridad comenzó en la década de 1970 y adquirió mayor relevancia con la adopción del CDB, instrumento internacional vinculante del cual hacen parte 185 países. El CDB tiene como objetivo la conservación y uso sostenible de la biodiversidad, y está vigente desde 1993. Este convenio contiene disposiciones directamente relacionadas con los OVM, una de las cuales generó el PCB. Tal instrumento marca el compromiso de la comunidad internacional para asegurar la transferencia, manipulación y uso seguro de los OVM.

La óptima aplicación del PCB en el Perú demanda, sin lugar a dudas, la interoperabilidad del Estado. Según el ordenamiento jurídico nacional, las distintas funciones y competencias en materia de bioseguridad están repartidas entre distintas instituciones y sectores, lo que supone un gran reto para la utilización eficiente, pertinente y segura de la tecnología de los OVM, así como de las nuevas tecnologías que vienen surgiendo conforme avanza la ciencia.

Resulta interesante analizar las experiencias de otros países, como México y Colombia, que han adoptado políticas de exclusión de OVM mediante polígonos que indican permisibilidad para su liberación al ambiente, mientras que en otros no. Por ejemplo, en México se está evaluando el efecto de las proteínas Cry en metapoblaciones de *G. hirsutum* (silvestre) de Oaxaca, y si estas podrían tener efectos adversos sobre la comunidad circundante de las especies del orden Lepidoptera (Benitez, 2014). Tras 19 años de liberación al ambiente de cultivares comerciales con eventos de OVM de *G. hirsutum* en México, han sido detectadas proteínas recombinantes en el 50 % de poblaciones silvestres, lo que evidencia que el flujo génico o de semillas ha logrado pasar los polígonos de exclusión.

Ante esta experiencia internacional, sería conveniente repensar este tipo de política, sumado el hecho de que un conjunto de gobiernos regionales ha declarado sus territorios libres de transgénicos. En este escenario ¿no sería conveniente combinar políticas de conservación con medidas de bioseguridad? Un posible planteamiento sería que en el marco de las ordenanzas regionales en las que los gobiernos regionales se declaran libres de transgénicos, se les asigne responsabilidades de conservación de la biodiversidad nativa; de este modo, se lograría su participación activa en los procesos de bioseguridad.

Como se puede constatar, parte de la bioseguridad está constituida por el conjunto de políticas, normas y procedimientos adoptados, así como por la aplicación de principios científicos rigurosos para evaluar los posibles riesgos derivados de la liberación al ambiente de OVM. Otra parte sustantiva de un sistema eficiente de bioseguridad la constituyen los acuerdos y las acciones interinstitucionales, intersectoriales e interniveles de gobierno, a los que se debe añadir también al sector académico público y privado.

Lograr el cuidado del ambiente y de la biodiversidad en armonía con el desarrollo al que aspiran los pueblos es el reto para países megadiversos como el Perú. Sevilla y Holle (2004) proponen ante esta realidad que la alternativa se base en el uso de las tecnologías sostenibles. Analizan la denominada Revolución Verde, que en su momento tuvo éxitos espectaculares pero que, sin embargo, no logró la sostenibilidad porque contribuyó a la degradación del ambiente con el uso masivo de los fertilizantes, pesticidas y otros agroquímicos, y con la mecanización, que implica el uso de derivados del petróleo con el consiguiente incremento de la huella ambiental.

¿La utilización de los OVM es sostenible? Los impulsores de esta tecnología afirman que se utilizará menos insecticidas; sin embargo, se requiere analizar con sumo cuidado el modelo de producción a escala, que involucra la mecanización y el empleo de herbicidas, así como la disponibilidad de tierras agrícolas adecuadas para estos cultivos en el contexto de gran heterogeneidad geográfica del país y la gran fragmentación de la inmensa mayoría de las unidades agropecuarias del Perú.

5.5 Utilización de la diversidad genética

Se suele decir, con razón, que lo que no se utiliza no se conserva, y que solamente se utiliza aquello que se conoce.

El algodón nativo tiene potencial como recurso genético, fitosanitario, económico y de mercado. Por su amplia variabilidad ha aportado y puede continuar siendo insumo para mejorar los cultivares. Sin embargo, los algodones peruanos han sido poco investigados, por lo que sería importante explorar la posibilidad de usar nuevas tecnologías de la ingeniería genética (Brack, 2004), como la edición de genes.

El Perú tiene gran potencial para desarrollar riqueza y bienestar social por medio de su agrobiodiversidad, como por ejemplo con el cultivo y transformación del algodón. Para recuperar y superar lo alcanzado en el pasado en producción de algodón, sin duda se puede utilizar la tecnología, especialmente aquella ambientalmente sostenible. Se requiere acciones de gestión para conseguir y modernizar la infraestructura y el equipamiento en laboratorios y centros experimentales, así como para contar con personal científico altamente calificado que desarrolle investigación orientada a la mejora del cultivo del algodón en un contexto de gran diversidad. Nada de eso será posible sin la acción concertada de la sociedad civil, el Estado y las instituciones privadas (Sevilla y Holle, 2004).

Una mirada al pasado

En el Perú, el cultivo del algodón se desarrolló después de la Guerra del Pacífico y ya en 1931 representaba el 31.7 % de las exportaciones. Los algodones peruanos llegaron a tener fama internacional, y para 1950 representaban el 63 % del valor de las exportaciones agropecuarias del país. Con la Reforma Agraria la situación cambió, pues a partir de 1968 el país perdió la supremacía debido a la decadencia del cultivo y a la falta de continuidad en la selección genética (Brack, 2004).

Referencias bibliográficas

- Agro-Bio. (2007). *Bio-guía para periodistas.* Bogotá, Colombia: Asociación de Biotecnología Vegetal Agrícola. Recuperado el 10/04/2018 de http://biotecnologia.biologia.ucr.ac.cr/wp-content/uploads/2017/06/BioGuia-para-periodistas.pdf
- Altieri, M. (2004). *Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture.* Ecological Society of America. Frontiers in Ecology and the Environment 2(1), 35-42.
- Ano, G. y Schwendiman, J. (1984). *Gossypium survey: Collecting in Perú (III).* Plant Genetic Resources Newsletter 57, 32-37.
- Anónimo. (1841). *Principios, progresos, estado actual y porvenir de las fábricas de algodones en Inglaterra.* Revista Andaluza Tomo 3, 27, 215-224 y 248-259. Sevilla.
- Arévalo, N. y Fernández, O. (1995). *Evaluación de ecotipos locales de algodón de color (Gossypium barbadense L. variedad peruvianum) en la zona de Tacna.* Ciencia y Desarrollo, *1*, 34-37.
- Arévalo, R., Bertoncini, E., Guirado, N., y Chaila, S. (2006). Los términos cultivar o variedad de caña de azúcar (*Saccharum* spp.). Revista Chapingo, Serie Horticultura 12(1): 5-9, 2006. México.
- ArgenBio. (2015). *Los cultivos transgénicos en Argentina y en el mundo. Datos estadísticos de adopción de cultivos GM 2014/2015.* PQBio. Por qué biotecnología. Programa educativo de ArgenBio. Edición especial "El Cuaderno". 17p. Buenos Aires. Argentina. Recuperado el 28/02/2019 de https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/escuelagro/_archivos//000001_Biotecnologia-%20innovaciones%20sustentables/000000_Informacion%20general%20sobre%20Biotecnologia/000000_Manuales,%20debate,%20material%20de%20Agroindustria/000000_Los%20cultivos%20transg%C3%A9nicos%20en%20Argentina%20y%20en%20el%20mundo.pdf
- Asociación de Agricultores de Ica. (Sin fecha). *Principales características de los linajes de algodón, variedad Tangüis, de la Asociación de Agricultores de Ica.* EEA San Camilo. Departamento de Fitomejoramiento. Programa de Mejoramiento Genético del Algodonero. Tríptico plegable. Ica, Perú.
- Australian Goverment. (2008). *The Biology of Gossypium hirsutum L. and Gossypium barbadense L. (cotton) Version 2.* Australian Office of the Gene Technology Regulator. 87 pp.
- Burke, J. (2002). *Moisture sensitivity of cotton pollen: an emasculation tool for hybrid production*. Agron. J. 94:883-888
- BCRP. (2009). *El cambio climático y sus efectos en el Perú.* Estudio realizado por Paola Vargas. Serie documentos de trabajo, Julio 2009. 59p. Lima: Banco Central de Reserva del Perú.
- Basurto, A. (1993). El cultivo del algodonero "Tangüis" en el Perú. Manual técnico. Lima: Editorial EdiAgraria. 103 pp.
- Basurto, A. (2005). Caso algodón. En CONAM (Ed.). *Magnitud e impacto potencial de la liberación de organismos genéticamente modificados y sus productos comerciales* (pp. 1-18). Lima: Consejo Nacional del Ambiente.
- Beingolea, O. (1959). *Notas sobre la bionomica de arañas e insectos benéficos que ocurren en el cultivo del algodón.* Revista Peruana de Entomologia, 2(1), 36-44.
- Benitez, M. (2014). *Consecuencias de la expresión de proteínas Cry en el algodón silvestre de Oaxaca sobre la comunidade de lepidópteros.* Tesis para optar el Título de Bióloga. México D.F., México: Universidad Nacional Autónoma de México - Facultad de Ciencias. 104p.
- Bórem, A. (2007). *Fluxo Génico do Algodao no Brasil.* Recuperado el 30/05/2018 de: http://www.cnpa.embrapa.br/produtos/algodao/publicacoes/trabalhos_cba4/396.pdf
- Brack, A. (2003). *Perú, diez mil años de domesticación.* Lima: Editorial Bruño. 160 pp.
- Brack, A. (2004). *Biodiversidad, pobreza y bionegocios.* Lima: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD. 180 pp.
- Brack, A. (2015). *Catorce recursos genéticos que cambiaron el mundo y uno que lo cambiará.* Lima: Promperú. 229 pp.
- Brenes, E., Cilloniz, F., Madrigal, K. y Pérez, F. (2001). *El cluster del algodón en Perú: Diagnóstico competitivo y recomendaciones estratégicas.* Lima: Instituto Centroamericano de Administración de Empresas - INCAE. Recuperado el 14/03/2019 de https://sites.hks.harvard.edu/cid/archive/andes/documents/workingpapers/microfoundations/agrotech/peru/cluster_algodon_peru.pdf
- Cano, A. (2011). *Interacción de microorganismos benéficos en plantas: Micorrizas, Trichoderma spp. y Pseudomonas spp. Una revisión.* Rev. U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica, 14(2), 15 – 31. Recuperado el 08/07/2018 de http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v14n2/v14n2a03.pdf

- CDB. (Sin fecha). *El conocimiento tradicional y el Convenio sobre la Diversidad Biológica.* Secretaria del Convenio sobre la Diversidad Biológica. Recuperado el 08/07/2018 de: https://www.cbd.int/doc/publications/8j-brochure-es.pdf
- CENAGRO. (2012) *Censo Nacional Agropecuario del año 2012.* Lima: MINAGRI. Recuperado el 08/07/2012 de http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=iv-censo-nacional-agropecuario-2012/iv-cenagro-2012
- Chicoma, F., Vreeland, J., Rodriguez, V., Seminario, C., Ferreyra, R., Chanco, M. y Lastaunau, O. (1985). *Algodón "del país" un cultivo milenario norteño.* Chiclayo, Perú: Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA).
- CONABIO. (Sin fecha a). *Algodón, Gossypium barbadense. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM) - Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad.* Perú: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado el 10/04/2018 de: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20839_especie.pdf
- CONABIO. (Sin fecha b). *Algodón, Gossypium hirsutum. Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM) - Proyecto GEF-CIBIOGEM de Bioseguridad.* Perú: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado el 10/04/2018 de http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/20829_sg7.pdf
- Curvêlo, E., Vianna, P., Viglioni, J. C. e Borém, A. (2002). *Fluxo Gênico: Análise do caso de Algodão no Brasil.* Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento, 29, 104-113.
- Esquinas, J. (1982). *Recursos fitogenéticos de la región andina (parte 5).* Plant Genetic Resources Newsletter 52, 31-36.
- FAO. (2011). *Biosafety resources book. Module: risk analysis.* Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado el 27/08/2018 de http://www.fao.org/docrep/014/i1905e/i1905e.pdf
- FAO y ABC. (2018). *Cooperación sur-sur trilateral, estudio de nichos de mercados del algodón.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura, Oficina Regional para América Latina y el Caribe. Gobierno de Brasil, Agencia Brasileña de Cooperación del Ministerio de Relaciones Exteriores. Santiago de Chile. 108p. Recuperado el 31/03/2020 de http://www.fao.org/3/I8813ES/i8813es.pdf
- Ferreira, C. (2008). *Abelhas (Hymenoptera, Apoidea) nas flores do algodoeiro (Gossypium hirsutum latifolium cv. Delta Opal - Malvaceae) no Distrito Federal - contribuição aos estudos de biossegurança, no contexto da introdução de variedades transgênicas no Brasil.* Dissertação apresentada ao curso de Pós graduação em "Ecologia, Conservação e Manejo da Vida Silvestre" da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre. 111 pp.
- Fernández, A., Rodríguez, E. y Westengen, O. (2003). *Biología y etnobotánica del algodón nativo peruano (Gossypium barbadense L., Malvaceae).* Arnaldoa, 10(2), 92-107.
- FiBL. (2017). *The world of organic agriculture 2017.* Media Kit. Organic Monitor. Instituto de Investigaciones para la Agricultura Orgánica. Recuperado el 25/07/2018 de https://www.fibl.org/fileadmin/documents/en/news/2017/mr-world-organic-agriculture-2017-english.pdf
- Fryxell, P. (1984). *La evolución de las especies cultivadas de algodón.* CEIBA, 25, 156-163. Recuperado el 9/12/2017 de https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3847/1/07.pdf
- FUNDEAL. (2013). *Productividad y calidad de fibra de las variedades de algodón Pima Peruano Gossypium barbadense L. obtenidas por FUNDEAL.* Díptico del día de campo. Piura, Perú: Fundación para el Desarrollo Algodonero.
- FUNDEAL. (Sin fecha). *PPM N-2 y PPM N-4, nuevas variedades de algodonero tipo Pima Peruano de alto rendimiento y alta calidad de fibra.* Díptico informativo. Piura, Perú: Fundación para el Desarrollo Algodonero.
- Fustamante, K. (2012). *Procesamiento artesanal del algodón nativo: una actividad económica viable o sólo una tradición.* Tesis para optar por el título de magister en Biocomercio y Desarrollo Sostenible. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. 119 pp.
- García, J. (Sin fecha). Jumel (Louis Alexis). *Diccionario de epónimos.* Blog dicci-eponimos.blogspot.com. Recuperado el 16/04/2018 de http://dicci-eponimos.blogspot.pe/2010/01/jumel-louis-alexis.html
- Garrido-Linares, M., Vivas, A. y Orjuela, M. A. (2007). *Búsqueda, identificación, compilación y estructuración de la información de tres especies de uso agrícola: algodón (Gossypium hirsutum L.), maíz (Zea mays L.) y papa (Solanum tuberosum L.) y de sus parientes silvestres para la evaluación de riesgo por introducción, uso o liberación al ambiente de Organismos Vivos Modificados* — OVM. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 132 pp.
- Gonzáles, P. (1962). *Plagas del algodonero en el Valle de Tambo e Irrigación.* Revista Peruana de Entomología, 5(1), 84-90.
- Gururajan, K. (2007). *Egyptian cotton production to meet the extra long staple cotton requirement in the country.* En Central Institute for Cotton Research. Model training course on "Cultivation of Long Staple Cotton (ELS)" (pp. 48-53). Coimbatores, India: Central Institute for Cotton Research. Regional Station.
- Heinemann, J. (Sin fecha). *Una tipología de los efectos del flujo (trans)génico en la conservación y uso sustentable de los recursos genéticos.* Centro para la Investigación

Integrada en Bioseguridad y la Escuela de Ciencias Biológicas, Universidad de Canterbury Christchurch, Nueva Zelanda. Para: FAO — Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 4/06/2018 a partir de http://www.rallt.org/boletin/boletin%20240-300/Bol.%20274_%20flujo%20genetico.pdf

- Herrera, J. (1961). *Problemas entomológicos en el cultivo de los algodones Tangüis y Pima en el Perú, medidas de control y su organización.* Revista Peruana de Entomologia, 4(1), 58-66.
- Heuberger, S., Kirk, C. E., Tabashnik, B. E. & Carrière, Y. (2010). *Pollen and seed mediated transgene flow in commercial cotton seed production fields.* Plos One, 5(11), 1-8. doi: 10.1371/journal.pone.0014128
- Ingunza, P. y Gonzáles, P. (1964). *Insectos del algodonero del Valle de Tambo campana 1961-62.* Revista Peruana de Entomologia, 7(1), 32-44.
- INIA. (2004). *INIA 802 "SHANAO".* Plegable n.° 15. Tarapoto: Instituto Nacional de Innovación Agraria - EEA El Porvenir.
- INIA. (2007). *Mecanismos tradicionales de intercambio de semillas.* Compendio. Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Proyecto conservación in situ de los cultivos nativos y sus parientes silvestres. 85 pp.
- INIA. (2009). *Segundo informe sobre el estado de los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura.* Lima: Instituto Nacional de Innovación Agraria. Subdirección de Recursos Genéticos y Biotecnología-SUDIRGEB. 94 pp.
- INIA. (2010). *Cultivo de algodonero. Nuevas variedades de algodón. Folleto plegable.* Piura, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - EEA El Chira. Programa de Cultivos Agroindustriales.
- INIA. (2012). *Algodón INIA 803 Vista Florida.* Plegable n° 3. Chiclayo, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - EEA Vista Florida.
- INIA. (2013). *Algodón INIA 801-BJA 594 UTQUILLO.* Plegable n°13. Tarapoto, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - EEA El Porvenir.
- INIA. (2014). *INIA 804-Colorina.* Tríptico plegable. Tarapoto, Perú: Instituto Nacional de Innovación Agraria - EEA El Porvenir.
- INIA. (2018). *Rol del INIA en el proceso histórico de la investigación agraria en el Perú.* Lima: Primera Edición. 191 pp.
- INIEA. (2006). *Manejo tradicional de semillas de los cultivos nativos del Perú. Compendio.* Lima: Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria - Proyecto conservación in situ de los cultivos nativos y sus parientes silvestres. 85 pp.
- IPA. (2015). Ficha *Técnica de la variedad Pima IPA-59.* Lima: Instituto Peruano del Algodón. Programa de Investigación. 1 pp.
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications – ISAAA. (2018). *Global status of commercialized biotech/GM crops in 2018: Biotech crops continue to help meet the challenges of increased population and climate change.* ISAAA Brief n.° 54. 21 pp. Ithaca, N.Y.
- ITC - International trade center. (2011). *Cotton and climate change: Impacts and options to mitigate and Adapt.* Technical paper. Geneva. 46 pp.
- Josse, C., Cuesta, F., Navarro, G., Barrena, V., Cabrera, E., Chacón-Moreno, E., Ferreira, W., Peralvo, M., Saito, J. y Tovar, A. (2009). *Ecosistemas de los Andes del Norte y Centro. Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela.* Lima: Secretaría General de la Comunidad Andina, Programa Regional ECOBONA-Intercooperation, CONDESAN-Proyecto Páramo Andino, Programa BioAndes, EcoCiencia, NatureServe, IAvH, LTA-UNALM, ICAE-ULA, CDC-UNALM, RUMBOL SRL. 96 pp.
- Klinge, G. (1932). *Fermin Tangüis.* La vida agrícola, Revista mensual - Órgano de los intereses agrícolas y ganaderos del Perú, 9 (107), 568-576.
- Knudsen, H. (2000). *Directorio de Colecciones de Germoplasma en América Latina y el Caribe.* Roma: International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). 381 pp.
- La Revista Agraria. (2010). *El algodón toca fondo.* La Revista Agraria, 114, 4-8.
- Lavelle, P. y Spain, A. (2003). *Soil ecology.* E.E.U.U: Klewer Academic Publishers. 677 pp.
- Lazo, J. (2004). *Artículos.* Instituto Peruano del Algodón. Recuperado 12/04/2018 de: http://www.ipaperu.org/descarga/ARTICULOS.pdf
- Lazo, J. (2012). *Evolución del algodón Gossypium barbadense L. en el Perú y en el continente.* Mundo Textil, 115,20-23.
- Lee, J. (1986). *The quality of hybrid cotton seed on the Texas high plains as influenced by degree days accumulated resulting from pollination.* A thesis in entomology. Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in partial fulfillment of the requirements for the degree of master of science. 109 pp. Recuperado el

9/04/2020 de https://ttu-ir.tdl.org/bitstream/handle/2346/12150/31295004976808.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Lumbreras, L. (2006). *Un Formativo sin cerámica y cerámica preformativa.* Estudios Atacameños. Arqueología y Antropología Surandinas, 32, 11-34.
- Lumbreras, L. G., Kaulicke, P., Santillana, J. y Espinoza, W. (2008). *Compendio de historia económica del Perú I: Economía prehispánica.* En Contreras C. (Ed.). Economía prehispánica. Lima, Perú. 445 pp.
- Mallory-Smith, C. y Zapiola, M. (2008). *Gene flow from glyphosate-resistant crops.* Pest Management Science, 64(4), 428-440.
- Martínez, C., Serván, L., Varela, C., y Villanueva, P. (2015). *Planeamiento estratégico para el sector textil y de confecciones de Perú con economía circular.* Tesis Posgrado. Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de Posgrado. Centrum. 173 pp. Lima.
- Massaro, A. (Sin fecha). *Proyecto de mejoramiento genético en el valle de Chincha-algodón Tangüis.* Presentación en PP. Recuperado el 12/04/2018 de https://slideplayer.es/slide/10386413/
- Medina, T. y Roldán, A. (2012). *Agricultores líderes en la conservación de la agrobiodiversidad.* Lima: INIA - Proyecto de conservación in situ de los cultivos nativos y sus parientes silvestres. 119 pp.
- Mellon, M. y Rissler, J. (2004). *Gone to seed: Transgenic contaminants in the traditional seed supply.* Union of Concerned Scientists. UCS publications. 70 p. Recuperado el 4/06/2018 de https://www.ucsusa.org/sites/default/files/legacy/assets/documents/food_and_agriculture/seedreport_fullreport.pdf
- Messeguer, J. (2003). *Gene flow assessment in transgenic plants.* Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 73, 201-212.
- MINAGRI. (2015). *Somos nosotros. Agricultura familiar para alimentar al mundo y cuidar el planeta.* Memoria del Año Internacional de la Agricultura Familiar en el Perú. Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. 160 pp.
- MINAGRI. (2019a). *Observatorio de commodities: algodón 2019.* Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria. Publicación trimestral: enero. Recuperado el 01/04/2020 de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/440879/commodities_algodon_enero2019.pdf
- MINAGRI. (2019b). *Plan nacional de cultivos campaña agrícola 2019-2020.* Lima: Ministerio de Agricultura y Riego. Recuperado el 1/04/2020 de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/471867/Plan_Nacional_de_Cultivos_2019_2020b.pdf
- MINAM. (2012a). *Documentar la colección de germoplasma de algodón de la Universidad Nacional de Piura.* Informe final de la consultoría. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Diversidad Biológica. 19 pp.
- MINAM. (2012b). *Documentar las colecciones herborizadas de algodón nativo y su pariente silvestre conservadas en el herbario de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.* Informe final de la consultoría. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Diversidad Biológica. 28 pp.
- MINAM. (2012c). *Documentación de las colecciones herborizadas de Gossypium Malvaceae, conservadas en el herbario de San Marcos.* Informe final de la consultoría. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Diversidad Biológica. 32 pp.
- MINAM. (2013a). *Distribución y concentración de las razas locales de algodón nativo en la costa norte del Perú.* Informe final de la consultoría. Lima: Ministerio del Ambiente. Dirección General de Diversidad Biológica. 34 pp.
- MINAM. (2013b). *Servicio de asistencia técnica especializada para la elaboración de línea base de distritos productores de algodón en la región Cajamarca.* Informe final. Lima: Ministerio del Ambiente - Dirección General de Diversidad Biológica. 58 pp.
- MINAM. (2014). *V Informe Nacional sobre la Aplicación del Convenio sobre la Diversidad Biológica: Perú (2010-2013).* Lima: Ministerio del Ambiente.
- MINAM. (2015). *Identificación de las alternativas a los OVM de algodón y maíz a partir de los recursos genéticos nativos.* Informe final de la consultoría. Lima: Ministerio del Ambiente - Dirección General de Diversidad Biológica. 209 pp.
- MINAM. (2016). *Estudio de biología floral y establecimiento de protocolo para determinar el cruzamiento y el flujo de polen en algodón.* Tercer producto. Lima: Ministerio del Ambiente. 19 pp.
- MINAM. (2017). *Elaboración del mapa, análisis socioeconómico, y de organismos y microorganismos de aire y suelo.* Lineamientos para la conservación de la diversidad genética de la especie. Informe final de la consultoría. Lima: Ministerio del Ambiente - Dirección General de Diversidad Biológica. 95 pp.

- MINAM. (2018). *Mapa Nacional de Ecosistemas del Perú. Memoria descriptiva.* Lima: Ministerio del Ambiente - Dirección General de Diversidad Biológica - Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental. 60 pp.
- MINAM. (2019). *Sexto informe nacional sobre diversidad biológica.* Informe de gestión. Lima: Ministerio del Ambiente - Dirección General de Diversidad Biológica - Dirección de Conservación Sostenible de Ecosistemas y Especies. 108 pp.
- MINCETUR. (2010). *Plan Estratégico Nacional de Artesanía-PENDAR, hacia el 2021.* Lima: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. Recuperado el 4/06/2018 de https://www.mincetur.gob.pe/turismo/lineas-de-intervención/desarrollo-de-la-artesania/plan-estrategico-de-desarrollo-de-la-artesania-pendar/
- Montoya, I. (2008). *Análisis de la biodiversidad genética de 68 accesiones de algodón Pima y Tanguis con SSRs.* Presentación en PP. Recuperado el 12/04/2018 de http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:-nKyOg13F2kJ:ipaperu.org/index.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D59%26Itemid%3D76+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe
- Mostacero, J., Mejía, F. y Gamarra, O. (2009). *Fanerógamas del Perú: Taxonomía. Utilidad y Ecogeografía.* Trujillo, Perú: Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYTEC). 1331 pp.
- Moya, E. R. (2006). *Breve historia de Piura - Tomo I. Tiempos pre-hispánicos. Capítulo VI. Los Tallanes. Su evolución. Organización. Realizaciones.* Recuperado el 16/04/2018 de http://prehistoriapiura.tripod.com/algodon_tallan.htm
- NAL – National Agricultural Library. (2020). *Tesauro y Glosario de la Biblioteca Agricola Nacional.* Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. Recuperado el 30/03/2020 de https://agclass.nal.usda.gov/mtwdk.exe?s=1&n=1&y=0&l=91&k=glossary&t=2&w=linaje,
- Oxfor University Press. (2010). *A dictionary of science.* 6th Ed. New York: Market House Books. 907 pp.
- Paes de Andrade, P., Parrot, W. y Roca, M. (Eds). (2012). *Guía para la Evaluación de Riesgo Ambiental de Organismos Genéticamente Modificados.* Sao Paulo, Brasil: Internacional Life Sciences Institute. 140 pp. Recuperado el 4/03/2018 de https://www.conacyt.gob.mx/cibiogem/images/cibiogem/comunicacion/publicaciones/Guia-evaluacion-riesgo-OGMs.pdf
- Pérez, L. (2008). *Fenología de la planta del algodonero. Secretaría de Agricultura, ganadería, desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).* Oficina Estatal para el Desarrollo Rural Sustentable de Baja California (OEIDRUS). Recuperado el 22/11/2017 de http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/algodonbc/Descargas/FENOLOG%C3%8DA.pdf
- Pérez, M., Bernal, A. y Otero, A. (2012). *Documento base de la especie Gossypium hirsutum L. para el análisis de riesgo ambiental.* México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SENMARNAT) - Instituto Nacional de Ecología (INE). 21 pp.
- Poehlman, J. (2005). *Mejoramiento genético de las cosechas.* 2da. Edición. México: Limusa Wiley. 512 pp.
- Pulgar Vidal, J. (2014). *Las ocho regiones naturales del Perú.* Terra Brasilis (Nova Série). Recuperado el 17/07/2018 de http://terrabrasilis.revues.org/1027
- Rache, L., Mora, J. y Chaparro, A. (2013). *Study of gene flow from gm cotton (Gossypium hirsutum) varieties in "El Espinal" (Tolima, Colombia).* Acta Biológica Colombiana, 18(3), 489-498.
- Rache, L. (2011). *Monitoreo de flujo de genes de algodón transgénico en la agremiación Remolino S. A. (Espinal-Tolima).* Trabajo de investigación. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Bogotá. 112 p. Recuperado el 04/06/2018 de http://bdigital.unal.edu.co/6454/1/190352.2011.pdf
- Ramos, J., Conde, L. y Ghezzi, L. (2011). *Principales plagas y enfermedades en el cultivo del algodonero.* Chincha, Perú: Gobierno Regional de Ica Dirección Regional Agraria - Agencia Agraria Chincha. 19 pp.
- Reyes, P. (2014). *El algodón Pima peruano: Cultivo y manejo agronómico.* Lima: Fondo editorial de la Universidad Nacional de Piura. 76 pp.
- Rocha-Munive, M., Soberón, M., Castañeda, S., Niaves, E., Scheinvar, E., Eguiarte, L. E., Mota-Sánchez, D., Rosales-Robles, E., Nava-Camberos, U., Martínez-Carrillo, J. L., Blanco, C. A, Bravo, A. & Souza, V. (2018). *Evaluation of the Impact of Genetically Modified Cotton After 20 Years of Cultivation in Mexico.* Front Bioeng Biotechnol, 6 (82), 1-12.
- Sarmiento, J. y Sánchez, G. (2011). *Evaluación de Insectos*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú.
- Seelanan, T., Schnabel, A. & Wendel, J. (1997). *Congruence and Consensus in the Cotton Tribe (Malvaceae).* Systematic Botany, 22(2), 259-290.
- Sevilla, R. y Holle, M. (2004). *Recursos Genéticos Vegetales.* Lima, Perú: Luis León Asociados S.R.L. editores. 445 pp.

- Shirong, J. (2002). *Studies on gene flow in China – A review.* Biotechnology research institute. Chinese Academy of Agricultural Sciences. En The 7th international symposium on the biosafety of genetically modified organisms. Beijing, China. 301 p. Recuperado el 04/06/2018 de https://www.researchgate.net/profile/Peter_Bakker/publication/46624832_Monitoring_the_fate_and_ecosystem_effects_of_genetically_modified_Pseudomonas_putida_producing_phloroglucinol_and_phenazine_in_wheat_rhizosphere/links/0c960522e306ecf265000000/Monitoring-the-fate-and-ecosystem-effects-of-genetically-modified-Pseudomonas-putida-producing-phloroglucinol-and-phenazine-in-wheat-rhizosphere.pdf

- Simbrón, R. (2014). *Uso de cloruro de mepiquat en Gossypium barbadense L. en Lambayeque.* Tesis para optar el título profesional de ingeniero agrónomo. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo - Facultad de Ciencias Agropecuarias - Escuela Académico Profesional de Agronomía. 85 pp.

- Smyth, S., Khachatourians, G. G. & Phillips, P. (2002). *Liabilities and economics of transgenic crops.* Nature biotechnology, 20, 537-541.

- Sosa, T. (2017). *Monitoreo de transgenes y proteínas recombinantes en algodón de Oaxaca con fines productivos.* Tesis para obtener el título de licenciada en biologia. México: Instituto Tecnológico del Valle De Oaxaca. 52 pp.

- Tripathi, K., Warrier, R., Govila, O. & Ahuja, V. (2011). *Biology of Gossypium (Cotton).* India: Department of Biotechnology, Ministry of Science & Technology, and Ministry of Environment and Forests. 50 pp.

- UNALM. (Sin fecha). *Algodón UNA n.° 1.* Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina. Programa de Algodón. Tríptico informativo.

- Van Deynze, A., Sundstrom, F. & Bradford, K. (2005). *Pollen-Mediated Gene Flow in California Cotton Depends on Pollinator Activity.* Published by Crop Science Society of America. Recuperado el 6/07/2018 a partir de https://pdfs.semanticscholar.org/197d/5392fddda5d0dc44802b6bbb7b11732a0819.pdf

- Vásquez, P. y Pérez, P. (2012). *Revalorando un cultivo ancestral: Algodón nativo fibra de calidad para la industria.* Chiclayo, Perú: Caritas. 80 pp.

- Veramendi, T. y Lam, S. (2011). *Guía técnica curso-taller manejo integrado del algodonero. Jornada de Capacitación.* La Arena, Piura, Perú: UNALM-AGROBANCO. Recuperado el 21/08/2018 de https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/CapacitacionesProductores/Algodon/Guia_tecnica_de_algodon.pdf

- Vreeland, J. (1985). *El proyecto de investigación del algodón "del país": Un estudio de la tecnología tradicional en el ámbito rural norteño.* En Chicoma, F., Vreeland, J., Rodriguez, V., Seminario, C., Ferreyra, R., Chanco, M. y Lastaunau, O. (Eds.). Algodón "del país" un cultivo milenario norteño. Chiclayo, Perú: Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA).

- Vreeland, J. (1986). *Recuperando el algodón nativo: una tecnología nativa para la agricultura del desierto peruano.* Recuperado el 21/08/2018 de: http://www.sepia.org.pe/facipub/upload/cont/873/cont/file/20080905062533_JAMES M Vreeland.pdf

- Wegier, A., Piñeyro-Nelson, A., Alarcón, J., Gálvez-Mariscal, A., Álvarez-Buylla, E. & Piñero, D. (2011). *Recent long-distance transgene flow into wild populations conforms to historical patterns of gene flow in cotton (Gossypium hirsutum) at its centre of origin.* Molecular Ecology, 20(19), 182-194.

- Wegier, A. (2013). *Diversidad genética y conservación de Gossypium hirsutum silvestre y cultivado en México.* Tesis doctoral. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México - Instituto de Ecología D. F. 114 pp.

- Wendel, J. & Cronn, R. (2003). *Polyploidy and the evolutionary history of cotton.* Advances in Agronomy, 78, 139-186.

- Wendel, J., Brubaker, C. & Seelanan, T. (2010). *The origin and evolution of Gossypium.* En Stewart J. McD. et al. (Eds.). Physiology of Cotton.

- Wendel, J., & Grover, C. (2015). *Taxonomy and evolution of the cotton genus, Gossypium Cotton.* USA: American Society of Agronomy.

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

- Yan, S., Zhu, J., Zhu, W., Li, Z., Shelton, A. M., Luo, J., Cui, J., Zhang, O. & Liu. X. (2015). *Pollen-mediated gene flow from transgenic cotton under greenhouse conditions is dependent on different pollinators.* Scientific Reports, 5, 15917; DOI: 10.1038/srep15917. 9 p.

- Yzarra, W. y López, F. (2012). *Manual de observaciones fenológicas.* Lima, Perú: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi). 98 pp.

Glosario de términos.

Algodón rama. Algodón crudo sin desmotar, llamado también "algodón en rama" o "algodón semilla".

Angiosperma. Se aplica al grupo de plantas cuyas semillas se encuentran encerradas en un ovario maduro (fruto).

Arvense. Planta que crece en campo cultivado, sin haber sido sembrada, agronómicamente es sinónimo de "maleza" en su sentido más amplio.

Bellota. Fruto del algodón. Cápsula antes de abrir y mostrar la fibra.

Bioseguridad. Palabra derivada del contexto de "seguridad de la biotecnología" que comprende acciones o medidas de seguridad para reducir riesgos o probables impactos negativos en la salud humana, medio ambiente y diversidad biológica, por la aplicación de la biotecnología moderna (ADN recombinante y otras técnicas moleculares).

Cáliz. Conjunto de sépalos. Verticilo más externo de la flor.

Cápsula. Fruto seco, dehiscente, gamocarpelar, compuesto por dos o más carpelos.

Citogenética. Es el campo de la genética que comprende el estudio de la estructura, función y comportamiento de los cromosomas.

Corola. Conjunto de pétalos, generalmente de colores.

Diploide. Núcleo o célula que tiene dos juegos de cromosomas homólogos, número cromosómico 2n.

Estípula. Apéndice, a menudo foliáceo, que se presenta a cada lado de la zona basal de una hoja, o que abraza al tallo, en muchos tipos de fanerógamas.

Glabra. Característica de no tener pelos, tricomas u otras estructura similar.

Haploide. Núcleo o célula con una única serie de cromosomas (n), en contraste con diploide (2n).

Hermafrodita. Se aplica a las plantas que tienen en la misma flor el gineceo y androceo.

Morfología. Estudio de la forma de un organismo.

Simpodial. Tipo de crecimiento el que el brote apical cesa de hacerlo, dando lugar a una prolongación de un segundo brote que pasa a ser el apical, y así sucesivamente.

Sépalo. Pieza floral que forma el cáliz de una flor.

Taxonomía. Ciencia de la clasificación.

Tetraploide. Núcleo o célula que posee cuatro series de cromosomas homólogos.

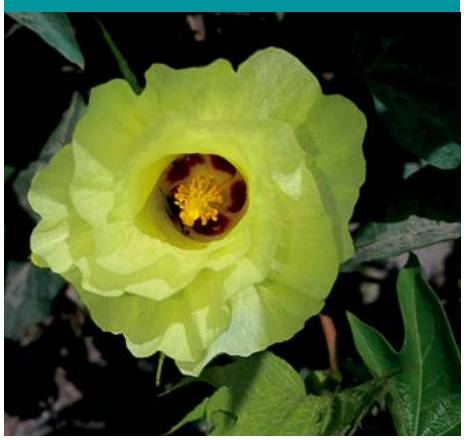
Anexos

Anexo 1
Clave rápida para identificar las especies de algodón *Gossypium* spp

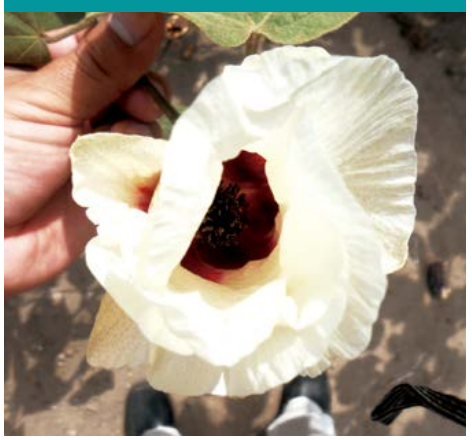
CARÁCTER	*G. hirsutum*	*G. barbadense*	*G. raimondii*
Flor	Blanca	Amarilla con mancha roja en la base de pétalos	Amarilla o blanco morado
Semilla	Totalmente poblada de linter	Poco o sin linter	Sin linter

Flor de *G. hirsutum*

Flor de *G. barbadense*



Flor de *G. raimondii*



Anexo 2
Prácticas agrícolas tradicionales y formas de manejo por especie y departamento.

N.°	DEPARTAMENTO	ESPECIE	CULTIVAR	TIPO DE CULTIVO	HÁBITAT SILVESTRE	PARCELA CULTIVADA	SISTEMA DE MANEJO	PRÁCTICAS CULTURALES
1	Amazonas	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional	Borde o lindero de chacra, orilla de carretera	Chacra, huerto, jardín	Mezcla, monocultivo, intercalado	Riego, secano
		G. barbadense variedad *brasiliensis*	Arriñonado	Cultivar tradicional		Huerto, jardín	Mezcla	Secano
2	Áncash	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional	Matorrales o arbustos	Chacra	Mezcla, monocultivo	Riego, secano
			Tangüis	Cultivar moderno o mejorado		Chacra – finca	Monocultivo	Riego
3	Apurímac	*G. bardadense*	Áspero	Cultivar tradicional	Matorrales o arbustos, orilla de carretera		Mezcla	Secano
4	Arequipa	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional	Borde o lindero de chacra, orilla de carretera	Huerto, jardín	Mezcla	Secano
			Semi áspero	Cultivar tradicional		Chacra, huerto	Mezcla, monocultivo	Riego, secano
			Tangüis	Cultivar moderno o mejorado		Chacra - finca	Mezcla, monocultivo	Riego, secano
			Hazera	Cultivar moderno o mejorado		Chacra - finca	Monocultivo	Riego
5	Ayacucho	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional	Orilla de carretera	Huerto, jardín	Mezcla	Secano
			Semi áspero	Cultivar tradicional		Chacra	Intercalado	Secano
6	Cajamarca	*G. barbadense*	Del País	Cultivar tradicional	Matorrales o arbustos, bosque, orilla de carretera	Chacra, huerto, jardín, barbecho,	Monocultivo, intercalado, asociado, mezcla	Riego, secano
		G. barbadense variedad *brasiliensis*	Arriñonado	Cultivar tradicional		Huerto	Mezcla	Secano
		G. hirsutum	Del Cerro	Cultivar moderno o mejorado		Chacra - finca	Monocultivo	Secano
		G. raimondii		Silvestre	Bosque			

(MINAM, 2013 – 2018)

N.°	DEPARTAMENTO	ESPECIE	CULTIVAR	TIPO DE CULTIVO	HÁBITAT SILVESTRE	PARCELA CULTIVADA	SISTEMA DE MANEJO	PRÁCTICAS CULTURALES
7	Cuzco	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional	Orilla de carretera	Jardín, mercado - pueblo	Mezcla	Secano
			Semi áspero	Cultivar tradicional	Matorrales o arbustos	Huerto	Mezcla	Riego, secano
		G. barbadense variedad *brasiliensis*	Arriñonado	Cultivar tradicional	Matorrales o arbustos		Mezcla	Secano
8	Huancavelica	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional	Orilla de carretera	Huerto, jardín	Mezcla	Riego, secano
9	Huánuco	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Huerto, jardín	Mezcla, monocultivo	Secano
		G. barbadense variedad *brasiliensis*	Arriñonado	Cultivar tradicional		Huerto, jardín	Mezcla	Secano
10	Ica	*G. barbadense*	Tangüis	Cultivar moderno o mejorado		Chacra -finca	Monocultivo, mezcla	Riego
11	Junín	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Chacra, jardín, huerto	Mezcla	Secano
		G. barbadense variedad *brasiliensis*	Arriñonado	Cultivar tradicional		Huerto, jardín	Mezcla	Secano
12	La Libertad	*G. barbadense*	Del País	Cultivar tradicional	Bosque	Chacra, jardín	Mezcla	Riego
		G. raimondii		Silvestre	Bosque			
13	Lambayeque	*G. barbadense*	Del País	Cultivar tradicional		Chacra, jardín, huerto	Monocultivo	Riego
			IPA	Cultivar moderno o mejorado		Finca	Monocultivo	Riego
		G. hirsutum	Del Cerro	Cultivar moderno o mejorado		Chacra – finca	Monocultivo	Riego
		G. raimondii		Silvestre	Bosque			
14	Lima	*G. barbadense*	Pima	Cultivar moderno o mejorado		Jardín		Riego
			Del País	Cultivar tradicional		Jardin		Riego
			Tangüis	Cultivar moderno o mejorado		Chacra, jardín, huerto	Mezcla, monocultivo	Riego

(MINAM, 2013 – 2018)

N.°	DEPARTAMENTO	ESPECIE	CULTIVAR	TIPO DE CULTIVO	HÁBITAT SILVESTRE	PARCELA CULTIVADA	SISTEMA DE MANEJO	PRÁCTICAS CULTURALES
15	Loreto	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Huerto, jardín	Mezcla	Secano
		G. barbadense variedad *brasiliensis*	Arriñonado	Cultivar tradicional		Huerto	Mezcla	Secano
16	Madre de Dios	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Huerto, jardín	Mezcla	Secano
			Semi áspero	Cultivar tradicional		Huerto, mercado, pueblo	Mezcla	Secano
		G. barbadense variedad *brasiliensis*	Arriñonado	Cultivar tradicional	Bosque	Chacra, jardín, huerto	Intercalado	Secano
17	Moquegua	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional	Matorrales o arbustos	Huerto, mercado pueblo	Mezcla	Riego, secano
18	Pasco	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Huerto, jardín	Mezcla, monocultivo	Secano
		G. hirsutum	Del Cerro	Cultivar tradicional		Huerto, jardín, finca	Mezcla, intercalado	Secano
19	Piura	*G. barbadense*	Del País	Cultivar tradicional		Jardín	Mezcla	Riego
			Pima	Cultivar moderno o mejorado		Finca	Monocultivo	Riego
20	Puno	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Huerto	Mezcla	Secano
21	San Martín	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Chacra, jardín, huerto	Mezcla, monocultivo	Riego, secano
		G. barbadense variedad *brasiliensis*	Arriñonado	Cultivar tradicional		Huerto	Mezcla	Secano
22	Tacna	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Chacra, huerto	Mezcla	Riego, secano
			Del País	Cultivar tradicional				
			Tangüis	Cultivar moderno o mejorado		Chacra – finca	Mezcla, monocultivo	Riego
23	Tumbes	*G. barbadense*	Del País	Cultivar tradicional		Huerto, jardín	Mezcla	Riego
24	Ucayali	*G. barbadense*	Áspero	Cultivar tradicional		Chacra, jardín, huerto	Mezcla, monocultivo	Secano

(MINAM, 2013 – 2018)

Anexo 3
Cultivares de algodón registrados por región natural y departamento.

DEPARTAMENTO	NÚMERO DE PROVINCIAS	NÚMERO DE DISTRITOS	CHALA (0 – 500 m s. n. m.) VERTIENTE OCCIDENTAL	YUNGA (500 - 2300 m s. n. m.)	QUECHUA (2300 - 3500 m s. n. m.)	RUPA-RUPA (400 - 1000 m s. n. m.) VERTIENTE ORIENTAL	OMAGUA (80 - 400 m s. n. m.) VERTIENTE ORIENTAL
Amazonas	7	44		Arriñonado (1) Del País (46)		Arriñonado (1) Del País (9)	Del País (5)
Áncash	4	6	Del País (7) Tangüis (5)	Del País (1)			
Apurímac	1	3			Áspero (4)		
Arequipa	5	11	Áspero (2) Tangüis (3)	Del País (7) Hazera (1) Tangüis (15)			
Ayacucho	2	3		Áspero (1) Del País (5)			
Cajamarca	9	25	Del País (5)	Algodoncillo (3) Arriñonado (1) Del Cerro (2) Del País (29)		Del País (11)	Del País (1)
Cusco	3	10		Arriñonado (1) Áspero (6) Del País (18)			
Huancavelica	3	7		Del País (9)			
Huánuco	5	19		Del País (11)		Arriñonado (2) Del País (8)	Del País (5)
Ica	5	34	Del País (40) Tangüis (122)	Tangüis (1)			
Junín	4	16		Arriñonado (1) Del País (5)		Arriñonado (1) Del País (5)	Arriñonado (1) Del País (5)
La Libertad	6	14	Del País (14)	Algodoncillo (1)			

(MINAM, 2013 – 2018)

DEPARTAMENTO	NÚMERO DE PROVINCIAS	NÚMERO DE DISTRITOS	CHALA (0 – 500 m s. n. m.) VERTIENTE OCCIDENTAL	YUNGA (500 - 2300 m s. n. m.)	QUECHUA (2300 - 3500 m s. n. m.)	RUPA-RUPA (400 - 1000 m s. n. m.) VERTIENTE ORIENTAL	OMAGUA (80 - 400 m s. n. m.) VERTIENTE ORIENTAL
Lambayeque	3	18	Algodoncillo (1) Del Cerro (7) Del País (94) Hazera (1) IPA-59 (144)				
Lima	8	38	Del País (2) Hazera (64) Pima (1) Tangüis (133)	Tangüis (13)			
Loreto	7	33					Arriñonado (3) Del País (41)
Madre de Dios	3	7					Arriñonado (3) Áspero (1) Del País (8)
Moquegua	3	3	Del País (1)	Del País (5)			
Pasco	1	8		Del País (7)		Del País (2)	Del Cerro (1) Del País (5)
Piura	8	21	Del País (49) Pima (146)	Del País (1)			
Puno	1	2		Del País (3)			
San Martín	11	77		Áspero (1)		Áspero (30) Del País (50)	Arriñonado (1) Áspero (67) Del País (28)
Tacna	2	7	Del País (3)	Del País (6) Tangüis (1)			
Tumbes	3	7	Áspero (5) Del País (4)				
Ucayali	4	11				Del País (1)	Del País (16)

(MINAM, 2013 – 2018)
Entre paréntesis: frecuencia absoluta encontrada de los cultivares y especies de algodón en los lugares prospectados por departamento.

Anexo 4

Organismos relacionados con el cultivo del algodón según grupo funcional: Fitófagos, parasitoides, predadores, polinizadores y fitopatógenos.

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
FITÓFAGOS				
Insecta	Coleoptera	Curculionidae	Picudo peruano	*Anthonomus vestitus* (Boheman)
			Gorgojo de la chupadera	*Eutinobothrus gossypii* (Pierce)
		Elateridae	Gusanos alambre	*Ctenicera* sp.
				Elater sp.
				Limonius sp.
	Hemiptera	Cicadellidae	Cigarrita verde	*Empoasca kraemeri* Ross & Moore
		Aphididae	Pulgón de la melaza	*Aphis gossypii* Glover
		Pseudococcidae	Cochinillas harinosas del algodonero	*Phenacoccus gossypii* Townsend & Cockerell
				Pseudococcus neomaritimus Beardley
				Gossypina glauca Salazar
		Tingidae	Tostadero peruano	*Corythaica costata* Gibson
		Pyrrhocoridae	Arrebiatado, culi culi	*Dysdercus peruvianus* Güerin
		Pentatomidae	Chinche escudo	*Acrosternum apicicornis* Pirán
				Edessa sp.
				Euchistus sp.
				Nezara viridula Linnaeus
				Thyanta perditor Fabricius
		Aleyrodidae	Mosca blanca	*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring
		Diaspididae	Piojo blanco	*Pinnaspis strachani* (Cooley)
	Lepidoptera	Noctuidae	Gusano de tierra	*Agrotis bilitura* (Guénée)
				Agrotis ípsilon (Hufnagel)
				Agrotis malefida (Guénée)
				Agrotis subterranea (Fabricius)
				Copitarsia incommoda Walker
				Copitarsia turbata (Herrich-Schaeffer)
				Feltia experta Walker
				Peridroma saucia (Hubner)
			Gusano menor de la hoja o gusano medidor	*Anomis texana* Riley

(MINAM, 2013 – 2018)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
FITÓFAGOS				
Insecta	Lepidoptera	Erebidae	Gusano mayor de la hoja	*Alabama argillacea* (Hubner)
		Bucculatricidae	Gusano perforador de hojas	Bucculatrix thurberiella Busck
				Bucculatrix gossypiella (Morrill)
		Noctuidae	Perforador mayor o grande de la bellota	*Chloridea virescens* (Fabricius)
			Gusano ejército	*Spodoptera eridania* (Stoll) *Spodoptera frugiperda* (Smith)
		Pyralidae	Gusano pequeño perforador de la bellota	*Mescinia peruella* Schaus
			Perforador del ápice de la bellota	*Talulla atramentalis* (Lederer)
		Tortricidae	Gusanos pegadores de hojas	*Argyrotaenia sphaleropa* Meyrick
				Platynota sp.
				Crocidosema plebejana Zeller
		Gelechiidae	Gusano rosado de la india	*Pectinophora gossypiella* Saunders
		Elateridae	Gusanos alambre	*Elater* sp.
				Ctenicera sp.
				Limonius sp.
	Thysanoptera	Thripidae	Trípidos	*Caliothrips braziliensis* (Morgan)
				Frankliniella gemina Bagnall
				Frankliniella schultzei (Trybom)
				Leucothrips theobromae Priens
		Phlaeothripidae		*Trybomya gossypii* (Hood)
Arachnida Subclase: Acari	Prostigmata	Tetranychidae	Arañita roja	*Tetranychus urticae* Koch
		Eriophyidae	Ácaro de la verruga del algodonero o erinosis	*Acalitus gossypii* (Banks)
PREDADORES				
Insecta	Coleoptera	Carabidae	Cuyecitos	*Calosoma abbreviatum* Chaudoir
				Calosoma rufipennis Dejean
				Chlaenius sp.
				Cicindella trifasciata peruviana (SÃ¸r-Amerika)
				Galerita sp.
				Megacephala carolina chilensis Castelnau
				Pterostichus sp.

(MINAM, 2013 – 2018)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
PREDADORES				
Insecta	Coleoptera	Coccinellidae	Mariquitas	*Ceratomegilla maculata* (De Geer)
				Cheilomenes sexmaculata (Fabricius)
				Cryptognatha sp.
				Cycloneda sanguinea Linnaeus
				Diomus sp.
				Eriopis conexa (Germar)
				Exochromus sp.
				Hipodamia convergens Guérin-Méneville
				Hyperaspis sp.
				Microweisia sp.
				Pullus sp.
				Scymnobius galapagoensis Waterhouse
				Scymnus ocellatus Sharp
				Scymnus sp.
				Symnina sp.
				Zagreus hexasticta (Crotch)
	Dermaptera	Forficulidae		*Labidura riparia* (Pallas)
	Diptera	Syrphidae	Sírfidos	*Allograpta exotica* (Wiedemann)
				Allograpta piurana Shannon
				Pseudodorus clavatus (Fabricius)
				Syrphus shorae Fluke
		Chamaemyiidae		*Leucopis* sp.
	Hemiptera	Anthocoridae		*Orius insidiosus* (Say)
				Paratriphleps laeviusculus Champion
				Paratriphleps sp.
		Berythidae		*Metacanthus tenellus* Stål
		Lygaeidae		*Geocoris borealis* Malipatil
				Geocoris punctipes (Say)

(MINAM, 2013 – 2018)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
PREDADORES				
Insecta	Hemiptera	Miridae	Chinche predador	*Ceratocapsus dispersus* Carvalho & Fontes
				Hyalochloria denticornis Hsiao
				Hyalodes sp.
				Rhinacloa aricana Carvalho
				Rhinacloa forticornis Reuter
				Rhinacloa subpallidicornis Knight
				Spanagonicus sp.
		Nabidae	Chinche	*Nabis capsiformis* (Germar)
				Nabis punctipennis Blanchard
		Pentatomidae		*Podisus* sp.
		Reduviidae	Chinche	*Zelus nugax* Stål
				Zelus sp.
	Hymenoptera	Vespidae		*Polistes* sp.
	Neuroptera	Chrysopidae		*Chrysoperla* sp.
		Hemerobiidae		*Hemerobius* sp.
		Mantispidae		*Zeugomantispa* sp.
		Sympherobiidae		*Sympherobius* sp.
Arachnida	Araneae	Anyphaenidae		*Anyphaenoides* sp.
				Anyphaena sp.
		Araneidae		*Eriophora* sp.
				Neoscona sp.
		Clubionidae		*Clubiona* sp.
		Linyphiidae		NI
		Lycosidae		*Lycosa* sp.
		Oxyopidae		NI
		Philodromidae		NI
		Salticidae		*Metaphidippus* sp.
		Tetragnathidae		*Leucauge* sp.
		Theridiidae		*Latrodectus geometricus*
				Theridion calcynatum
				Theridula gonygaster
				Theridium sp.
		Thomisidae		*Misumenops* sp.

(MINAM, 2013 – 2018)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
PREDADORES				
Arachnida Subclase: Acari	Mesostigmata	Digamasellidae		*Digamasellidae* sp.
		Macrochelidae		NI
		Rhodacaridae		NI
	Trombidiformes	Bdellidae		NI
		Erythraeidae		*Balaustium* sp.
		Pyemotidae		*Pyemotes ventricosus* Newport.
		Tydeidae		NI
PARASITOIDES				
Insecta	Diptera	Sarcophagidae		*Euravinia communis* Parker
		Tachinidae		*Archytas marmoratus* (Townsend)
				Bonettia sp.
				Bonnetia comta (Fallen)
				Eucelatoria australis Townsend
				Eucelatoria sp.
				Euphorocera peruviana Townsend
				Gonia peruviana (Townsend)
				Hemilydella fasciata Townsend
				Meteorus chilensis Porter
				Nemorilla angistipennis (Townsend)
				Prosopochaeta fidelis (Reinhard)
				Rileyella sp.
				Winthemia reliqua Cortes & Campos
	Hymenoptera	Braconidae		*Apanteles concordalis* Cameron
				Apanteles sp.
				Bracon sp.
				Chelonus sp.
				Deuterixys piurensis
				Leurinion primum Muesebeck
				Phanerotoma sp.
				Rogas gossypii Muesebeck

(MINAM, 2013 – 2018)

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
PARASITOIDES				
Insecta	Hymenoptera	Ichneumonidae		*Campoletis perdistincta* (Viereck)
				Campoletis sp.
				Coccigomynus sp.
				Devorgilla peruviana
				Enicospilus sp.
				Itoplectis sp.
				Venturia peruviana (Cushman)
		Bethylidae		*Paraseriola* sp.
		Chalcididae		*Brachymeria* sp.
		Eulophidae		*Achrysocharella* sp.
				Closterocerus cinctipennis Ashmead
				Closterocerus variegatus (Masi)
		Scoliidae		*Campsomeris* sp.
		Trichogrammatidae		*Trichogramma brasiliensis* (Ashmead)
				Trichogramma euproctidis (Girault)
				Trichogramma sp.
POLINIZADORES				
Insecta	Hymenoptera	Apidae		*Apis mellifera* Linnaeus
				Melitoma segmentaria (Fabricius)
				Bombus sp.
FITOPATÓGENOS				
Secernentea (nematodos)	Rhabditida	Meloidogynidae		*Meloidogyne incognita* (Kofoid & White)
				Meloidogyne sp.
		Belonolaimidae		*Tylenchorhynchus* sp.
	Tylenchida	Aphelenchoididae		*Aphelenchoides* sp.
		Hoplolaimidae		*Heliocotylenchus* sp.
				Rotylenchulus sp.
		Pratylenchidae		*Prathylenchus* sp.
	Dorylaimida	Dorylaimidae		*Dorylaimida* sp.
	Mononchida	Mononchidae		NI
	Dorylaimida	Longidoridae		*Xiphinema* sp.

(MINAM, 2013 – 2018)

Anexo 5

Microorganismos relacionados con el cultivo del algodón según tipo: Hongos, bacterias (Basurto, 1993; Vásquez y Pérez, 2011; Veramendi & Lam, 2011; Ramos *et al.*, 2011).

HONGOS

CLASE	ORDEN	FAMILIA	NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Agaricomycetes	Cantharellales	Ceratobasidiaceae	Chupadera fungosa	*Rhizoctonia solani* Kuhn
Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	Mancha de la hoja	*Alternaria alternata* (Fries)
			Mancha negra de la hoja	*Alternaria macrospora* Zimmermann
	Capnodiales	Mycosphaerellaceae		*Cercospora* sp.
				Ramularia sp.
Eurotiomycetes	Eurotiales	Trichocomaceae	Moho negro	*Aspergillus* sp.
Sordariomycetes	Hypocreales	Nectriaceae	Marchitez	*Fusarium oxysporum* Schltdl.
				Fusarium roseum Link
			Wilt o marchitez	*Verticillium albo atrum* Reinke & Berthold
	Glomerellales	Glomerellaceae	Antracnosis	*Colletotrichum gossypii* Southworth
BACTERIAS				
Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	Mancha angular y podredumbre del algodón	*Xanthomonas campestris* (Pammel) Dowson

Anexo 6

Unidades formadoras de colonias de microorganismos mesófilos de la rizósfera del suelo del cultivo de algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú.

Departamento	Distrito	Algodón Blanco	Algodón Nativo	Suelo en descanso	Perímetro Algodón	Perímetro Maíz	Camote
Áncash	Santa		80 x 105				
Apurímac	San Pedro de Cachora		15 x 106				
Arequipa	Quicacha		17 x 105				
Ayacucho	Anco		14 x 106				
Cusco	Santa Teresa		60 x 105				
Huancavelica	Huaytará		42 x 104				
Ica	Vista Alegre	49 x 106	95 x 106				
Ica	Pisco	12 x 106		19 x 106			
Ica	Santiago	80 x 106				90 x 106	
Lambayeque	Monsefú	15 x 106					10 x 106
Lambayeque	Mórrope	24 x 106	44 x 106				
Lambayeque	Mochumi	86 x 106		13 x 106			
Lima	Vegueta	78x 105				96x 105	
Lima	Chancay	95 x 105				17 x 105	
Lima	Imperial	99 x 105				12 x 105	
Madre de Dios	Fitzcarrald		14 x 106				
Moquegua	La Capilla		30 x 104				
Piura	Catacaos	14 x 106			98 x 106		
Piura	Sechura	10 x 106	11 x 106				
Piura	Matanza	88 x 106				15 x 106	
Puno	San Juan del Oro		86 x 105				
San Martín	Huicungo	32 x 106	28 x 106				
San Martín	Pachiza	88 x 106	13 x 106				
San Martín	Cumbaza		47 x 106	43 x 106			
Tacna	Inclán		48 x 105				

Fuente: MINAM (2013-2018)

Anexo 7

Unidades formadoras de colonias de mohos y levaduras de la rizósfera del suelo del cultivo de algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú.

Departamento	Distrito	Algodón Blanco	Algodón Nativo	Suelo en descanso	Perímetro Algodón	Perímetro Maíz	Camote
Áncash	Santa		57 x 103				
Apurímac	San Pedro de Cachora		30 x 104				
Arequipa	Quicacha		35 x 103				
Ayacucho	Anco		19 x 104				
Cusco	Santa Teresa		25 x 103				
Huancavelica	Huaytará		35 x 103				
Ica	Vista Alegre	33 x 103	40 x 103				
Ica	Pisco	53 x 103		96 x 103			
Ica	Santiago	11 x 103				10 x 103	
Lambayeque	Monsefú	14 x 103					12 x 103
Lambayeque	Mórrope	39 x 103	91 x 103				
Lambayeque	Mochumi	23 x 103		21 x 103			
Lima	Vegueta	62 x 103				10 x 104	
Lima	Chancay	17 x 104				55 x 105	
Lima	Imperial	12 x 104				13 x 105	
Madre de Dios	Fitzcarrald		38 x 103				
Moquegua	La Capilla		24 x 105				
Piura	Catacaos	17 x 103			14 x 103		
Piura	Sechura	22 x 103	47 x 103				
Piura	Matanza	15 x 103				13 x 103	
Puno	San Juan del Oro		80 x 103				
San Martín	Huicungo	73 x 103	11 x 103				
San Martín	Pachiza	97 x 103	86 x 103				
San Martín	Cumbaza		58 x 103	14 x 103			
Tacna	Inclán		30 x 104				

Fuente: MINAM (2013-2018)

Anexo 8

Número más probable de pseudomonas de la rizósfera del suelo del cultivo de algodón y su entorno en 14 departamentos del Perú.

Departamento	Distrito	Algodón Blanco	Algodón Nativo	Suelo en descanso	Perímetro Algodón	Perímetro Maíz	Camote
Áncash	Santa		10 x 103				
Apurímac	San Pedro de Cachora		28 x 104				
Arequipa	Quicacha		95				
Ayacucho	Anco		12 x 104				
Cusco	Santa Teresa		11 x 10				
Ica	Vista Alegre	7 x 104	98 x 104				
Ica	Pisco	55 x 104		17 x 104			
Ica	Santiago	17 x 104				87 x 104	
Lambayeque	Monsefú	36 x 104					20 x 104
Lambayeque	Mórrope	59 x 104	13 x 104				
Lambayeque	Mochumi	12 x 104		54 x 104			
Lima	Vegueta	28 x 182				18x 104	
Lima	Chancay	13 x 104				17 x 102	
Lima	Imperial	26 x 102				13 x 105	
Madre de Dios	Fitzcarrald		57 x 103				
Moquegua	La Capilla		< 3				
Piura	Catacaos	24 x 104			58 x 104		
Piura	Sechura	21 x 104	77 x 104				
Piura	Matanza	19 x 104				61 x 104	
Puno	San Juan del Oro		28 x 10				
San Martín	Huicungo	16 x 104	64 x 104				
San Martín	Pachiza	47 x 104	25 x 104				
San Martín	Cumbaza		23 x 104	21 x 104			
Tacna	Inclán		10				

Fuente: MINAM (2013-2018)

Anexo 9

Unidades formadoras de colonias de bacilos de la rizósfera del suelo del cultivo de algodón y su entorno en 15 departamentos del Perú.

Departamento	Distrito	Algodón Blanco	Algodón Nativo	Suelo en descanso	Perímetro Algodón	Perímetro Maíz	Camote
Áncash	Santa		17 x 104				
Apurímac	San Pedro de Cachora		88 x 103				
Arequipa	Quicacha		46 x 10				
Ayacucho	Anco		14 x 105				
Cusco	Santa Teresa		20 x 104				
Huancavelica	Huaytará		24 x 104				
Ica	Vista Alegre	29 x 106	23 x 106				
Ica	Pisco	53 x 106		30 x 106			
Ica	Santiago	45 x 106				15 x 106	
Lambayeque	Monsefú	28 x 106					13 x 106
Lambayeque	Mórrope	73 x 106	26 x 106				
Lambayeque	Mochumi	18 x 106		10 x 106			
Lima	Vegueta	24 x 105				35 x 105	
Lima	Chancay	27 x 105				21 x 104	
Lima	Imperial	21 x 105				32 x 105	
Madre de Dios	Fitzcarrald		25 x 105				
Moquegua	La Capilla		23 x 103				
Piura	Catacaos	40 x 106			21 x 106		
Piura	Sechura	60 x 106	19 x 106				
Piura	Matanza	24 x 106				25 x 106	
Puno	San Juan del Oro		63 x 102				
San Martín	Huicungo	25 x 106	73 x 106				
San Martín	Pachiza	33 x 106	53 x 106				
San Martín	Cumbaza		42 x 106	18 x 106			
Tacna	Inclán		11 x 104				

Fuente: MINAM (2013-2018)

Anexo 10

Unidades formadoras de colonias de actinomicetos de la rizósfera del suelo del cultivo de algodón y su entorno en 14 departamentos del Perú.

Departamento	Distrito	Algodón Blanco	Algodón Nativo	Suelo en descanso	Perímetro Algodón	Perímetro Maíz	Camote
Ica	Vista Alegre	38 x 105	83 x 105				
Ica	Pisco	16 x 105		94 x 105			
Ica	Santiago	17 x 105				11 x 105	
Lambayeque	Monsefú	15 x 105					40 x 105
Lambayeque	Mórrope	99 x 105	25 x 105				
Lambayeque	Mochumi	15 x 105		19 x 105			
Lima	Vegueta	46 x 105				60 x 104	
Lima	Chancay	44 x 105				12 x 106	
Lima	Imperial	92 x 103				34 x 105	
Piura	Catacaos	20 x 105			16 x 105		
Piura	Sechura	86 x 105	90 x 105				
Piura	Matanza	15 x 105				14 x 105	
San Martín	Huicungo	86 x 105	39 x 105				
San Martín	Pachiza	27 x 105	38 x 105				
San Martín	Cumbaza		13 x 105	25 x 105			
Ayacucho	Anco		23 x 105				
Puno	San Juan del Oro		23 x 105				
Áncash	Santa		49 x 105				
Apurímac	San Pedro de Cachora		83 x 105				
Madre de Dios	Fitzcarrald		64 x 105				
Moquegua	La Capilla		20 x 105				
Tacna	Inclán		22 x 105				
Arequipa	Quicacha		16 x 105				
Cusco	Santa Teresa		54 x 105				

Fuente: MINAM (2013-2018)

Anexo 11

Número más probable de bacterias fijadoras de vida libre de la rizósfera del suelo del cultivo de algodón y su entorno en 14 departamentos del Perú.

Departamento	Distrito	Algodón Blanco	Algodón Nativo	Suelo en descanso	Perímetro Algodón	Perímetro Maíz	Camote
Áncash	Santa		47 x 104				
Apurímac	San Pedro de Cachora		49 x 104				
Arequipa	Quicacha		92 x 104				
Ayacucho	Anco		14 x 106				
Cusco	Santa Teresa		11 x 105				
Ica	Vista Alegre	21 x 102	21 x 102				
Ica	Pisco	55 x 102		87 x 102			
Ica	Santiago	53 x 102				50 x 102	
Lambayeque	Monsefú	69 x 102					32 x 102
Lambayeque	Mórrope	19 x 102	23 x 102				
Lambayeque	Mochumi	12 x 102		17 x 102			
Lima	Vegueta	13 x 103				23 x 103	
Lima	Chancay	46 x 102				27 x 102	
Lima	Imperial	50 x 102				13 x 104	
Madre de Dios	Fitzcarrald		27 x 105				
Moquegua	La Capilla		76				
Piura	Catacaos	83 x 102			17 x 102		
Piura	Sechura	43 x 102	55 x 102				
Piura	Matanza	25 x 102				61 x 102	
Puno	San Juan del Oro		33 x 104				
San Martín	Huicungo	29 x 102	19 x 102				
San Martín	Pachiza	13 x 102	14 x 102				
San Martín	Cumbaza		17 x 102	52 x 102			
Tacna	Inclán		98 x 103				

Fuente: MINAM (2013-2018)

EL PERÚ PRIMERO

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