

Revista de divulgación científica

Libros & Ciencias

Nº5 - Enero 2023



Agrobiodiversidad

Gracia Angulo - Sebastian Davis - Hans Huerto - Víctor Mendoza
Gabriela Orihuela - Floro Ortiz - Marleni Ramírez - Maria Scurrah
Roberto Ugás

© Biblioteca Nacional del Perú
Av. De la Poesía N° 160, San Borja.
Lima, Perú.

© Consejo Nacional de Ciencia,
Tecnología e Innovación Tecnológica
Calle Chinchón N° 867, San Isidro.
Lima, Perú.

Fabiola Vergara Rodríguez
**Jefa Institucional de la Biblioteca
Nacional del Perú**

Benjamín Marticorena Castillo
**Presidente del Consejo Nacional de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Tecnológica (CONCYTEC)**

Sandro Tucto Trigos
**Director de la Dirección del Acceso y
Promoción de la Información (BNP)**

Roger Cáceres Atocha
**Coordinador del Equipo de Gestión
Cultural, Investigaciones y Ediciones
(BNP)**

Pedro Bernal Pérez
**Director (e) de la Dirección de
Políticas y Programas de CTel
(CONCYTEC)**

Coordinación general: Neydo
Hidalgo Minaya
Edición: Gracia Angulo Flores
Diseño y diagramación: Daniela
Abad Mariñas
Infografías: CONCYTEC

Primera Edición: Enero 2023

Hecho el Depósito Legal en la
Biblioteca Nacional del Perú N°2020-
08702

ÍNDICE

- 4 Presentación

Panorama de la ciencia

- 7 La agrobiodiversidad, los sistemas alimentarios sostenibles y la salud planetaria:
avances científicos recientes
Marleni Ramírez

Ciencia y sociedad

- 14 Los ajíes del Perú
Roberto Ugás y Víctor Mendoza
- 23 Nuevas oportunidades para la conservación de diversidad de papas nativas a
través de innovaciones en comercialización
Maria Scurrah y Sebastian Davis
- 31 Jardín Botánico Nacional: Remediando la ceguera vegetal para salvar la flora
peruana
Gabriela Orihuela

Investigación en el Perú

- 38 Insectos en la agricultura
Floro Ortiz

Investigación en marcha

- 50 El Perú productivo y diverso, sobre los hombros de la ciencia
Hans Huerto

Ciencia sobre papel

- 57 Ciencia y patrimonio: Las plantas nativas del Perú
Gracia Angulo

PRESENTACIÓN

La Biblioteca Nacional del Perú y el Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) aúnan esfuerzos y establecen lazos de cooperación interinstitucional para la publicación de Libros & Ciencias, revista de divulgación que abarcará temas de interés nacional en los cuales la ciencia y la tecnología dan aportes y soluciones.

Libros & Ciencias tiene como uno de sus objetivos principales comunicar al público no especializado temas científicos y tecnológicos que despiertan el interés actual. A través de sus páginas, los y las lectores/as podrán conocer cómo se realiza la investigación en el Perú y el mundo, cómo se producen el avance científico y el desarrollo tecnológico, cómo estos avances influyen en nuestras vidas y en la mejora de las sociedades, qué conocimiento científico y tecnológico se está desarrollando en nuestro país, entre otros temas.

Este quinto número se enfoca en la **Agrobiodiversidad**. Según la FAO, esta incluye la variabilidad de animales, plantas y microorganismos, a nivel genético, de especies y de ecosistemas, los que en conjunto desempeñan un papel fundamental en la seguridad alimentaria y la nutrición. Asimismo, es esencial porque regula las funciones ecológicas, permitiendo que las especies sigan evolucionando y adaptándose; además de proporcionar a la población y medios de vida, valores sociales, culturales y recreativos.

El Perú es el cuarto país con mayor biodiversidad del planeta, siendo la agrobiodiversidad una de las fuentes de riqueza más importantes del país, debido a que miles de agricultores son responsables del 80% de la producción de los alimentos que consumimos todos los peruanos. Sin embargo, en el contexto de la pandemia surgieron nuevos retos que se suman a una serie de amenazas que afectan la producción sostenible de alimentos y seguridad alimentaria. Por ello, a través de este nuevo número buscamos despertar la consciencia sobre la importancia de proteger de la biodiversidad no solo para la salud del planeta, sino, sobre todo, para garantizar una mejor calidad de vida a las peruanas y peruanos.

Agradecemos a los y las colaboradores que han hecho posible la realización de este número: Gracia Angulo, Sebastian Davis, Hans Huerto, Victor Mendoza, Gabriela Orihuela, Floro Ortiz, Marleni Ramírez, Maria Scurrah y Roberto Ugás.



1

**PANORAMA DE
LA CIENCIA**

La agrobiodiversidad, los sistemas alimentarios sostenibles y la salud planetaria: avances científicos recientes¹

Marleni Ramírez

Alliance Representative in Peru

Biodiversity for Food and Agriculture

La biodiversidad está en gran riesgo de pérdidas globales y extinciones rápidas, exacerbadas por el cambio climático. Estos riesgos se extienden a la agrobiodiversidad (ABD), la que abarca a las plantas domesticadas y silvestres, animales y microorganismos que contribuyen a la alimentación y la agricultura, incluyendo los que proveen funciones ecológicas como la polinización, ciclo de nutrientes, control de plagas, y también los conocimientos y sistemas culturales que los apoyan.

Actualmente, dependemos de un grupo muy pequeño de cultivos. De las más de 6000 plantas cultivadas para la alimentación en la historia de la humanidad, solamente 9 contribuyen a dos tercios de la producción total, y alrededor de 70% de las calorías que ingerimos a nivel mundial. La hambruna, por un lado, y la malnutrición por otro lado, son dos consecuencias graves de esta dependencia en tan pocos cultivos. Por otro lado, la agricultura a

nivel mundial es responsable del 11% de las emisiones de gases de invernadero, y el sistema alimenticio mundial de entre el 21-37% de estos.

La sobre dependencia en unas cuantas especies, variedades y razas de cultivos sumada a la desaparición de polinizadores y otros organismos que apoyan la producción agrícola, amenazan la sostenibilidad de nuestro sistema alimenticio y afectan la salud humana y la del medio ambiente. Dietas con poca diversidad son a menudo inadecuadas en micronutrientes, aumentando el riesgo de desnutrición, mientras que los monocultivos y otros sistemas de producción simplificados tienen mayor riesgo ante plagas y enfermedades, presentan baja calidad de suelos y productividad variable, lo que resulta en un mayor riesgo de pérdida de cosechas.

Al mismo tiempo, es esta diversidad la que nos ofrece extraordinarias oportunidades para enfrentar estos mismos desafíos. Para poder usar la

agrobiodiversidad en sistemas agroalimentarios sostenibles, en medio de cambios constantes como los que seguiremos enfrentando, se necesita que la ciencia de la agrobiodiversidad emplee enfoques multidisciplinarios; se requiere de un análisis de las conexiones entre disciplinas, y del desarrollo de marcos científicos integrados. Existe la necesidad de generar respuestas basadas en ciencia a las numerosas preguntas relevantes al uso de la agrobiodiversidad y su conservación, respuestas que se pueden encontrar aplicando una multitud de disciplinas que van más allá de la biología y agronomía, entre las que se pueden nombrar a la genética, genómica, nutrición, geografía, ecología, economía, sociología, antropología, etnobiología, historia, bioinformática, estudios ambientales, estudios de género, ciencias del clima, ciencias culinarias, y educación, entre otras. En los siguientes párrafos revisaré algunos enfoques y herra-

¹ El presente artículo resume los avances y proyecciones de numerosos científicos agrícolas en diferentes partes del mundo, muchos de ellos mis colegas en el CGIAR, a los que la Alianza de Bioversity y CIAT pertenecen, quienes trabajan en colaboración con programas nacionales de investigación agrícola, sectores ambiente y agricultura, universidades, agricultores y otros actores.

mientas que intentan apoyar los esfuerzos de salvaguardar y utilizar la agrobiodiversidad. Existen muchos más.

El Índice de Agrobiodiversidad: medir lo que se quiere manejar

Entre los avances de los últimos años tenemos a la herramienta “Índice de Agrobiodiversidad” (IABD) que se desarrolló partiendo de la premisa de que, para poder manejar la agrobiodiversidad, necesitamos medirla. El IABD es una herramienta novedosa que, al juntar información de fuentes secundarias acerca de la agrobiodiversidad que la gente vende y come, cultiva y conserva, permite comprender cómo funcionan los sistemas alimentarios. El IABD nos ayuda a entender cómo es que la agrobiodiversidad contribuye a dietas saludables, a la producción agrícola sostenible y a la conservación de recursos genéticos, es decir, las variedades dentro de los cultivos.

Es una herramienta que busca aumentar el uso y conservación de la ABD para lograr sistemas alimentarios sostenibles mediante la identificación de palancas en las políticas existentes, identificación de buenas prácticas y dónde mejorarlas, además de visibilizar los riesgos y las oportunidades de utilizar la agrobiodiversidad. Se hicieron cálculos para 80 países — pero se pueden calcular para compañías, proyectos, etc—, utilizando 22 indicadores para monitorear la agrobiodiversidad, los que se desarrollaron luego de muchas consultas con expertos y futuros usuarios de la herramienta como países,

sector privado y agencias de desarrollo. Los indicadores capturan las más importantes dimensiones de las contribuciones de la ABD a la sostenibilidad de sistemas alimentarios. Los indicadores describen la ABD que se consume, contribuyendo así a dietas saludables; la ABD en producción, que contribuye a la agricultura sostenible; y la ABD incluida en la conservación de recursos genéticos, que contribuye a mantener las opciones de uso futuras. A estos indicadores se les mide el estatus en las tres esferas: qué acciones se han tomado para mejorar los niveles de ABD y qué políticas públicas o compromisos existen para esto.

Un análisis de 17 indicadores en 80 países reveló en promedio que la ABD es subutilizada en los sistemas alimentarios nacionales. Los resultados sugieren que el estatus de la ABD en producción y su conservación, tienen la más alta prioridad. La implementación de sistemas agroforestales muestra co-beneficios de servicios ecosistémicos múltiples, así como la integración de vegetación natural en paisajes agrícolas y la práctica de agricultura orgánica o agricultura de conservación. La baja implementación de estos enfoques en la mayoría de países destaca una brecha entre la evidencia empírica existente y las decisiones de manejo de la tierra. Aumentar la diversidad y apoyar prácticas de manejo que la favorezcan son aún más relevantes en el contexto post COVID-19 que nos recordó de la importancia de sistemas productivos locales diversificados y resilientes para mantener la salud ecológica, animal y

humana. Es, sin embargo, muy preocupante que los parientes silvestres de los cultivos estén muy pobremente conservados en bancos de germoplasma ex situ en todos los países.

Aunque se recolectaron datos para el Perú, se esperaba poder identificar información sobre las especies sub estudiadas y subutilizadas (NUS), y sobre la diversidad de variedades en el sistema alimentario, la que, dada su abundancia, es muy importante identificar, pero las que no se encuentran consignadas en las fuentes disponibles. El análisis en detalle esta, así, pendiente.

Donde hay agromegadiversidad: incentivos y cadenas de valor sensibles a la diversidad

La interacción entre los seres humanos y su entorno de plantas y animales, que empezó hace como 10,000 años BP, simultáneamente en varias partes del mundo, resultó en la domesticación de plantas y animales que hoy nos proveen sustento. En los territorios de lo que es el Perú ahora, este proceso ha resultado en 184 especies nativas de plantas domesticadas, y cientos, si no miles, de variedades. Perú es uno de los centros más importantes de domesticación y diversidad de cultivos en el mundo. Algunos científicos opinan que es el país más agrobiodiverso del mundo, donde la mayor parte de esta agrobiodiversidad se mantiene actualmente en los campos de agricultores, generalmente en chacras de unas cuantas hectáreas, y donde la riqueza de conocimientos y saberes asociados a este proceso persiste y se regenera.

Esta diversidad biocultural tiene un valor que va más allá de las fronteras peruanas.

A pesar de la existencia de toda esta agrobiodiversidad, los mercados nacionales e internacionales en general favorecen solamente unos cuantos cultivos y solo algunas variedades dentro de cada uno de ellos. Así, por ejemplo, la quinua blanca es preferida sobre los miles de cultivares existentes. El mercado define las características que prefiere, que a menudo son la uniformidad y facilidad de transporte, entre otros. Aunque existen otros valores asociados a las variedades, como la facilidad de cocinar, calidad nutritiva, sabor, usos culturales, resistencia a plagas y enfermedades, o a eventos climáticos, estos no se reflejan en las preferencias del mercado; sin embargo, existe consenso entre los estudiosos que la diversidad de variedades se debe mantener tanto para el beneficio de los productores, como para el país y el mundo.

En ausencia de incentivos de mercado para conservar la mayoría de la biodiversidad agrícola en chacra, mucha de la conservación de los recursos genéticos ocurre de facto y como resultado de las preferencias socioculturales de los agricultores. Mientras, el riesgo de perder estos recursos sigue aumentando, dado que no se puede esperar que agricultores, en muchos casos de escasos recursos, continúen asumiendo los costos de su mantenimiento por el bienestar común. Una solución a este dilema es compensar a los agricultores que mantienen la biodiversidad agrícola en sus

chacras, un tipo de retribución por servicios de ecosistemas aplicado a la diversidad de cultivos conocido como ReSCA, Retribuciones por Servicios de Conservación de la Agrobiodiversidad.

Desde el año 2010, en varias regiones del sur peruano, se han entregado retribuciones en especie por la recuperación de variedades en riesgo de perderse localmente de los siguientes cultivos: quinua, kiwicha, cañihua, tarwi, papa, oca, olluco, mashua y maíz. Los análisis de las campañas ReSCA y las visitas de monitoreo están dando luces sobre la velocidad de recuperación de variedades en riesgo y su difusión en el espacio, lo mismo que el impacto del reconocimiento público de los agricultores conservacionistas y otros aspectos asociados a la efectividad de estos esquemas. Existe mucho interés en los sectores ambiente y agricultura peruanos en crear un sistema nacional que utilice estos principios para retribuir a los agricultores que mantienen agrobiodiversidad de valor público.

Aunque todavía poco frecuentes, existen ejemplos del desarrollo de cadenas de valor de variedades en riesgo de desaparecer. Hace unos 5 años una de las variedades que fue identificada por los agricultores como en riesgo de desaparecer localmente en Puno, Perú, fue probada por un joven emprendedor en su búsqueda de quinas que pudieran ser usadas para producir leche de quinua. Actualmente, se produce leche de quinua de chullpi anaranjada a nivel industrial, para el mercado norteamericano. Esto ha resultado

en una doble bonanza para la comunidad, la oportunidad de vender esta variedad a un mercado seguro y además que ya la variedad no está en riesgo de desaparecer. Existen expectativas de poder desarrollar un producto similar para ofrecerlo a los programas de compras de alimentos del estado como Qali Warma.

Diversidad para la restauración (D4R)

La restauración de tierras degradadas es una prioridad global. Sin embargo, muchas iniciativas de restauración han fracasado debido a la pobre calidad de las semillas usadas y la poca diversidad utilizada. Es en este contexto que surge Diversidad para la restauración, D4R, una herramienta desarrollada para apoyar la toma de decisiones sobre el uso de especies de árboles y fuentes de semillas apropiadas para la restauración de áreas degradadas, u otras actividades de siembra de árboles, dirigida al uso por todos aquellos interesados en plantar o regenerar árboles, incluidos científicos, planificadores y profesionales de la restauración, así como autoridades, inversionistas y donantes. D4R es una herramienta web interactiva que sirve de apoyo en la identificación de las especies arbóreas y fuentes de semilla más apropiadas según las condiciones del sitio a restaurar y los objetivos específicos de la restauración. D4R usa herramientas de modelamiento para anticipar los cambios climáticos esperados en cada área a ser restaurada y brinda información sobre la propagación de cientos de especies arbóreas del bosque.

Innovación digital: big data y herramientas digitales

Dado que la agricultura es uno de los sectores menos digitalizados, las soluciones digitales parecerían estar fuera del alcance de la mayoría de los pequeños agricultores. Sin embargo, el uso de gran número de datos agregados (*big data*) para informar las decisiones de los agricultores facilitado por herramientas digitales tiene un gran potencial transformativo por lo que en los últimos años se han creado plataformas e iniciativas que buscan desarrollar una agenda de acción y colaboración técnica a gran escala.

Las plataformas ayudarán a transformar los datos de las fincas en inteligencia, patrones, tendencias y anomalías, brindando nuevas perspectivas para impulsar la producción alimentaria, responder ante el cambio climático, enfrentar la malnutrición y proteger los ecosistemas.

El futuro imaginado incluye las siguientes visiones: la noción del pequeño agricultor —azadón en mano,

arando la tierra a pulso—, tiene los días contados. Muy pronto los pequeños agricultores tendrán un teléfono inteligente en una mano, y los controles de un dron en la otra. Mensajes de texto les dirán cuándo llegará la lluvia, en qué cantidad y qué variedad de cultivo tendrá el mejor desempeño en la próxima temporada. Asimismo, los agricultores estarán empoderados en el mercado. La información fluirá en ambos sentidos a lo largo de la cadena de valor, con los teléfonos inteligentes conectando a los compradores directamente con los vendedores.

Seguirán disfrutando una conexión especial con la tierra; pero compartiendo y recibiendo datos, también disfrutarán una conexión especial con una red mundial de modeladores, analistas y depuradores de números que transmitirán de vuelta recomendaciones personalizadas directo a sus teléfonos.

Equipados con una cantidad creciente de herramientas y servicios orientados por la ciencia, los agricultores del

mañana podrán tomar decisiones inteligentes, informadas e independientes. Una nueva generación de agroempresarios estará revisando Facebook en busca de las novedades climatológicas más recientes, usando aplicaciones de teléfonos inteligentes. En el futuro no muy lejano, la agricultura será sinónimo de innovación, dominio de la tecnología, rentabilidad y credenciales «verdes». Los pequeños agro empresarios —hombres y mujeres— serán reconocidos y recompensados por su rol en alimentar la región con alimentos seguros y nutritivos. Y preparados con herramientas y tecnologías de última generación, no estarán totalmente indefensos ante los caprichos de la naturaleza.

Asimismo, tendremos que involucrar a los jóvenes —ellos son los que se convertirán en la fuerza impulsora que ayude a transformar los sistemas alimentarios del país— en particular porque son ellos quienes serán los agricultores del futuro.

Ahora mismo, el único límite es nuestra imaginación.



2

CIENCIA Y
SOCIEDAD

LOS AJÍES DEL PERÚ¹

Roberto Ugás y Víctor Mendoza

Programa de Hortalizas, Universidad Nacional Agraria La Molina

Los *Capsicum* en el Perú

En el castellano de América del Sur los frutos de los *Capsicum* picantes son llamados «ají», con excepción de *C. pubescens*, que recibe el nombre de «rocoto» en el Perú y otros países andinos. «Ají» es entonces sinónimo de «chile», el nombre utilizado en México y América Central y popularizado en el inglés de los EE. UU. y otras regiones, y de «guindilla», como se les dice en España. «Ají» y «chile» son términos usualmente reservados para los *Capsicum* picantes, pero también se usan para algunos *Capsicum* no picantes como el ají Dulce en los países amazónicos (*C. chinense*) y el chile Dulce en México (*C. annum*). Chiles y ajíes son especias consumidas globalmente, ya sea como frutos frescos o deshidratados y molidos, o en una gran diversidad de salsas, cremas y pastas picantes, siendo China, India y México responsables del 50% de la producción mundial del fruto fresco (FAO, 2018).

En tiempos ancestrales los ajíes fueron usados de distintas maneras en América Latina: como tributo, medio de cambio, en rituales, como medicina y para dar castigo, además de su uso alimentario (Bosland y Votava, 2012; Cabieses, 2000). Algunos de

estos usos aún permanecen en comunidades rurales, pero son su pungencia o picor, y sus aromas y sabores característicos, los que sustentan su presencia determinante en la gastronomía tradicional y moderna. Los cocineros han dicho que los ajíes son el ADN de la comida peruana, y su diversidad se ve reflejada en un rango amplio de formas, tamaños y colores, que se relacionan con el valor nutricional y las propiedades organolépticas, a su vez influenciados por la especie, la variedad y las condiciones de cultivo, entre otros factores.

Los registros arqueológicos muestran que los humanos han venido usando los ajíes desde hace por lo menos 10 000 años en la costa norte del Perú (Dillehay et al., 2017) y los museos de historia y de arte antiguos exhiben numerosas representaciones de alimentos que dejan constancia del aprecio por los ajíes desde las primeras culturas preincas (Fig.1). Se piensa que en el actual territorio de Bolivia se encuentra el área de origen del género *Capsicum*, o quizá más bien una franja continua desde el sur del Brasil hacia los Andes de Bolivia y Perú,



Figura 1. Hace 2,000 años, durante la civilización Chavín, se esculpió el Obelisco Tello, una de las mayores obras de arte de la antigüedad sudamericana. En este fragmento se observan frutos de ají en la esquina inferior derecha, representados en colores a la derecha.

Foto reproducida con permiso del Museo Rietberg Zürich y ArcTron 3D.

¹ Extracto del capítulo de un libro a ser publicado próximamente por la Universidad Veracruzana (México) y el IRD (Francia).

aunque una investigación reciente postula que los ancestros del *Capsicum* podrían haberse originado en los territorios de Perú, Ecuador y Colombia, con una expansión posterior en el sentido de las agujas del reloj alrededor de la cuenca amazónica, hacia el centro y sudeste del Brasil, luego de regreso hacia el oeste de América del Sur y finalmente al norte hacia América Central (Carrizo et al., 2016).

En Bolivia se encuentra la mayor diversidad de especies silvestres de *Capsicum* mientras que en el Perú se encuentra la mayor diversidad genética de *Capsicum* cultivados (van Zonneveld et al., 2015), principalmente variedades tradicionales en huertos familiares y chacras. *Capsicum annuum*, la especie más consumida a nivel mundial, se originó en México (Kraft et al., 2014), mientras que las otras cuatro especies cultivadas se originaron en América del Sur y la región del Caribe (Jarret et al., 2019). Los frutos de estas cinco especies se pueden encontrar en mercados del Perú (Fig. 2), siendo más abundantes y frecuentes los grupos varietales tradicionales de *C. chinense*, *C. baccatum* y *C. pubescens* (Ugás, 2012). Sin embargo, países como México, China, India y Corea muestran una mayor diversidad de usos y consumo per cápita de *Capsicum* picantes.

El Programa de Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) conserva la colección más representativa de la diversidad peruana de ajíes cultivados de tierras bajas (no incluye *C. pubescens*, que crece en elevaciones medias en los An-

des y del cual existen otras colecciones), con entradas de germoplasma de 21 de las 24 regiones políticas del país. Un trabajo pionero fue el de Valderrama y Ugás (2019), que buscó compartir información botánica, agronómica e histórica, de la mano con la gastronomía, para un público amplio. Sobre la base del trabajo de caracterización morfológica y agronómica, visitas de campo y evaluaciones con agricultores y cocineros, además de pruebas de aptitud agroindustrial, Ugás (2012) propuso una primera clasificación de los ajíes del Perú por grupos varietales, que viene siendo revisada y

complementada con información genética. Meckelmann et al. (2013) llevaron a cabo la primera caracterización físico-química de ajíes peruanos provenientes de 3 colecciones de germoplasma. Para acercar los ajíes regionales a públicos más amplios, Mendoza y Ugás (2018) propusieron doce ajíes promisorios con la intención de acercar a los pequeños agricultores que conservan esa diversidad con mercados nacionales. Morales et al. (2018) continuaron las investigaciones con los materiales conservados en la UNALM y desarrollaron la primera caracterización del sabor de ajíes peruanos a través del



Figura 2. Galería de los 20 grupos varietales de ajíes nativos que más se encuentran en los mercados del Perú

	Grupo varietal	Especie	Región
1	Cerezos	C. annuum	Costa Norte
2	Pipí de mono (costa)	C. annuum	Costa
3	Amarillo o Escabeche (fresco), Mirasol (seco)	C. baccatum	Costa
4	Ayuyo	C. baccatum	Amazonía
5	Blanco o de Mesa	C. baccatum	Sierra
6	Cacho de cabra o Uña de gavián	C. baccatum	Costa Norte
7	Challuaruro	C. baccatum	Amazonía
8	Pacae	C. baccatum	Costa Sur
9	Arnaucho	C. chinense	Norte Chico
10	Charapita	C. chinense	Amazonía
11	Dulce	C. chinense	Amazonía
12	Limo (cebichero) o de Montaña	C. chinense	Selva Central
13	Limo (norteño)	C. chinense	Costa Norte
14	Miscucho	C. chinense	Costa Norte
15	Mochero	C. chinense	Costa Norte
16	Panca (seco)	C. chinense	Costa
17	Pucunucho	C. chinense	Amazonía
18	Malagueta o Pipí de mono (selva)	C. frutescens	Amazonía
19	Rocoto de huerta	C. pubescens	Sierra
20	Rocoto de la selva central	C. pubescens	Selva Central

perfil de pungencia y la huella digital de aromas. Instituciones como INIA caracterizaron su amplio germoplasma de *Capsicum* (Rojas et al., 2019) y estudiaron las cadenas de valor de los ajíes nativos. En otra vertiente, la UNALM publicó la más reciente reseña de los aspectos sociales y culturales alrededor de los ajíes peruanos (Rodríguez, 2016), heredera del trabajo pionero de Cabieses (2000). Los últimos productos de investigación más relevantes son el libro monumental de Presilla (2017), que incluye muchos ajíes peruanos, la línea de base de la diversidad de *Capsicum* (MINAM, 2021) y el primer estudio del genoma completo de un ají peruano (Arbizu et al., 2022).

Los *Capsicum* cultivados en el Perú (Tabla 1) ocupan más de 12,000 hectáreas, más de la mitad para cultivos de frutos no picantes que en su mayor parte se exportan, por ejemplo, como especia (paprika) o como verdura en conserva (piquillo). Entre los picantes (ajíes) destaca, desde el punto de vista comercial, *C. baccatum*, de lejos la especie más importante por el tipo Escabeche o Amarillo, cultivado en todo el país, pero principalmente en campos de tamaño medio a grande en la costa irrigada para abastecer mercados nacionales en fresco, en seco (en este estado se llama «Mirasol») y como materia prima de cremas y salsas picantes. Muy aromático y de pungencia media a baja, Escabeche es el ají por excelencia de la gastronomía peruana, usado en los hogares para bases y aderezos luego de un proceso casero para reducir

la pungencia. A pesar de su importancia, no hay variedades mejoradas o registradas de este ají, predominando tipos locales en algunos valles productores. Un peligro para la salud humana y para la reputación de nuestra gastronomía es la reciente constatación del SENASA (2022), al encontrar que el 80% de las muestras de ají amarillo obtenidas en distintos puntos del país superaban los límites máximos permisibles de contaminantes químicos, subiendo hasta 97% en las muestras tomadas en Lima.

Pero la mayor diversidad de tipos tradicionales de ajíes está en la especie *C. chinense*, principalmente en la Costa Norte y en la Amazonía. El tipo Panca es el más cultivado, normalmente en campos de tamaño medio a grande en la Costa Central y Sur, se comercializa en estado seco y también se procesa en salsas y cremas. Limo es un grupo varietal tradicional de la biodiversidad de la Costa Norte, con decenas de variedades de alcance muy local, pero ahora ese nombre es usado para un ají de la Selva Central, cultivado en laderas amazónicas boscosas, que se ha hecho predominante en la preparación del cebiche de pescado, un plato fundamental en la comida peruana. Otro ají regional que ha alcanzado mercados nacionales y la agroindustria es el Charapita, el más conocido entre los que llamamos miniaturas amazónicas. También destaca en esta especie el ají Mochero, del cual hablaremos más adelante. El rocoto (*C. pubescens*) crece en elevaciones medias, prefiere sitios abriga-

dos y puede vivir muchos años en huertos caseros. Décadas recientes han visto la intensificación del cultivo de rocoto en la Selva Central, principalmente en monocultivos para abastecer la demanda de frutos de tamaño más grande que se usan para rellenar. Las especies *C. annuum* y *C. frutescens* presentan una menor diversidad y consumo entre los ajíes peruanos, a diferencia del resto del mundo, que utiliza principalmente variedades de *C. annuum* como fuente de picor y sabor.

Erosión genética en ajíes peruanos

Una reciente y completa revisión de literatura (Khoury et al., 2022) define la erosión genética como la pérdida de diversidad en un cultivo en un área y tiempo determinados, típicamente medida como disminución de especies o variación en la variabilidad o dentro de ella (genética o genómica); sostiene también que la disminución al nivel de especies y poblaciones generalmente significa una pérdida de diversidad genética. Asimismo, se ha definido variedad tradicional (landrace) como una variedad o población manejada por agricultores a través de su cultivo, selección y difusión, que típicamente está adaptada a un área local y a sistemas de producción tradicionales, que tiene una identidad reconocible y un origen geográfico, y por lo general muestra heterogeneidad genética. Los mismos autores advierten, sin embargo, que, si bien la evidencia revela que se dan cambios en la diversidad de variedades tradicionales y sus parientes silvestres,

Tabla 1
Características de los principales Capsicum cultivados en el Perú

Tipo de capsicum	Nombre científico	Pungencia	Diversidad genética	Agroecosistema predominante	Procedencia de la semilla	Estado del Producto Comercial	Mercados
Ajíes	<i>C. baccatum</i>	Sí	Alta	Huertos en Costa Norte y Amazonía Producción comercial en costa árida irrigada	El huerto La chacra Agricultores o empresas acopiadoras	Fresco Seco (Mirasol)	Nacional en fresco y agroindustria masiva Exportación en salsa
	<i>C. chinense</i>	Sí	Muy alta	Pequeña agricultura diversificada en Costa Norte Huertos en Amazonía Producción comercial en costa árida irrigada o laderas amazónicas	El huerto La chacra Agricultores o empresas acopiadoras	Fresco Seco (Panca)	Nacional en fresco y agroindustria masiva y artesanal Exportación en salsas
	<i>C. frutescens</i>	Sí	Baja	Huerto amazónico	El huerto La chacra	Fresco	Agroindustria artesanal
	<i>C. annuum</i>	Sí	Media a baja	Casero: huerto familiar en Costa y Amazonía Comercial: pequeña agricultura en Costa Norte	El huerto La chacra	Fresco	Fresco en Costa Norte
Rocoto	<i>C. pubescens</i>	Sí	Alta	Laderas amazónicas (Selva Alta) Valles interandinos	La chacra Agricultores o empresas acopiadoras	Fresco	Nacional en fresco y agroindustria Exportación
Páprika	<i>C. annuum</i>	No	Baja	Producción comercial en costa árida irrigada	Importada y Nacional	Seco	Exportación y nacional
Pimiento	<i>C. annuum</i>	No	Media	Producción comercial en costa árida irrigada	Importada	Fresco	Exportación y nacional
Piquillo	<i>C. annuum</i>	No	Baja	Producción comercial en costa árida irrigada	Importada	Fresco	Nacional y exportación
Chiles mexicanos	<i>C. annuum</i>	Sí	Baja	Producción comercial en costa árida irrigada	Importada	Fresco y seco	Exportación
Tabasco	<i>C. frutescens</i>	Sí	Baja	Producción comercial en costa árida irrigada	Importada	Fresco y seco	Exportación

a veces en una escala global, también hay casos en los que la diversidad se ha mantenido o ha aumentado, y que esto depende de aspectos como especie o escala taxonómica y geográfica pero también del enfoque del análisis. Entre las causas de la erosión genética pueden estar el reemplazo de variedades tradicionales por variedades mejoradas de mayor productividad o prestigio o cambios culturales como hábitos alimentarios o migración, tratándose de «procesos socioecológicos complejos y multifactoriales» (Casas y Velásquez, 2016).

No está documentada la erosión genética en los ajíes peruanos pero el hecho de que muchos vayan desapareciendo o escaseando en los mercados regionales, que tienden a preferir unos pocos tipos de ajíes más comunes en la comida peruana (Escabeche, Panca, Limo, Rocoto), provenientes de sistemas de producción intensivos y con alto uso de agroquímicos, debe motivar mayor atención a los cientos de variedades que aún se conservan en huertos y chacras de pequeña escala. El fuerte y amplio movimiento gastronómico en el Perú ha fomentado nuevas corrientes de apreciación de la alimentación local en sectores de la sociedad distintos a los más comúnmente relacionados con la conservación de la agrobiodiversidad; también ha hecho más visibles casos de erosión del conocimiento rural o urbano relacionado con el cultivo, el procesamiento o el consumo de alimentos tradicionales.

Un proceso de este tipo se ha ido dando con los ajíes que las cebicherías del país usan

para sus cebiches. El impulso de un tipo de ají de la Selva Central (con nombres comunes como De Montaña, Chuncho, De la Selva) por comerciantes mayoristas en Lima, el uso del nombre Limo (originalmente de la Costa Norte) para referirse a él y la preferencia de las cebicherías y cocineros limeños de gran visibilidad por este ají muy aromático, más grande, uniforme, sin mayores variaciones a lo largo del año, ha llevado a una evidente estandarización de los cebiches en buena parte del país, que con cada vez mayor frecuencia son hechos con ají Limo incluso en zonas de gran diversidad de ajíes locales antes comunes en sus cebiches. Esto impulsa menores siembras de los ajíes locales, que empiezan a escasear en los mercados del pueblo, y obliga a la gente a usar el ají Limo en casas y cebicherías, con lo cual el conocimiento de los usos de los ajíes locales se va perdiendo o restringiendo. Este ají Limo recibe el estímulo de una mayor demanda, lo que ha hecho que se intensifique su producción en la Selva Central, donde los campos se multiplican y crecen, poniendo en riesgo el bosque nativo de la mano con otros cultivos que han aumentado en la región, como la piña y el kión.

El ají Mochero de La Libertad, en la Costa Norte, es otro famoso producto del campo que ha estado en franco retroceso. Hoy es común que los cebiches en los restaurantes de la playa de Huanchaco, cerca de la ciudad de Trujillo, e incluso en el pueblo de Moche, se preparen con ají Limo (sea el tradicional de la Costa Norte o el traído a través de los cana-

les mayoristas desde la Selva Central) y sea menos frecuente encontrarlos con ají Mochero. El número de agricultores que lo conservan es reducido y las siembras en los huertos diversificados de Moche a veces se reducen a unas pocas líneas del ají, mientras que muy pocos de los restaurantes campestres sirven platos con ají Mochero a los visitantes camino al fabuloso sitio arqueológico de las Huacas de Moche. Pero la fama del ají Mochero no ha decrecido, al contrario, ha aumentado, producto de los esfuerzos de productores, instituciones y cocineros. Al extremo que los mercados de Trujillo ofertan como Mochero varios ajíes que tienen color y formas similares pero que no son el ancestral ají Mochero, contribuyendo a la confusión en chacras, mercados, cocinas y agroindustrias y al perjuicio económico de quienes lo conservan.

El ají Mochero, sin embargo, es un indicador de un proceso mayor, el de la lenta desaparición de la chacra tradicional mochera. En ella el ají Mochero convive, en reductos conservacionistas como las chacras de los miembros de la Asociación Renacimiento Campiñero, con diversos cultivos ancestrales: ají Escabeche, ají Mochero, otros ajíes, algodón de color, caigua, calabaza (mate), camote, chilche (huacatay), frijol, maíz, maní, paico, pallar, pepino dulce, tomatillo, yuca, yuyo y zapallo, y también algunos cultivos introducidos como el falso azafrán y la sábila. Animales domésticos consumen alimentos diversos y proporcionan estiércol para abonar los campos. Un paisaje diversificado y agradable, con árboles

y bordes o cercos vivos, atrae a aves y polinizadores o es refugio de controladores biológicos que reducen la presión de las plagas. Varios elementos de la huerta tradicional de la campiña de Moche o Moche Viejo, su etnobotánica y tecnologías agrícolas han sido descritas por Gillin (1947) y Sabogal (1981), mientras que las hazañas agrícolas preincaicas de las culturas Mochica y Chimú son parte central de literatura arqueológica especializada. Con este marco de fondo, se consolida la cocina tradicional de La Libertad en casas y restaurantes o picanterías, reconocidas como Patrimonio Cultural de la Nación en 2015 (picanterías de la Costa Norte: La Libertad, Lambayeque, Piura y Tumbes).

En un país enfocado en la monumentalidad Inca cuando de historia antigua se trata, quizá no sorprenda que en La Libertad pareciera olvidarse que la historia agrícola en el valle de Moche es mucho más antigua que en el Valle Sagrado de los Incas, en Cusco, y que es una región de domesticación de plantas y de obras masivas de irrigación del desierto costero en tiempos preincaicos. Hoy las tierras de Moche, una campiña que se riega con aguas del río Moche pero también con las del Proyecto Chavimochic, no solo están influenciadas por cambios en el uso (por ejemplo la intensificación reciente de la caña de

azúcar) si no por las fuerzas de una metrópolis en crecimiento como Trujillo: uso de la capa arable para fabricar ladrillos, acumulación de basura producto de un sistema urbano de recojo muy deficiente y, principalmente, la venta de chacras y huertos para establecer casas de campo, restaurantes o locales institucionales. En los últimos tiempos otros riesgos se han intensificado, como la inseguridad ciudadana, la corrupción y la contaminación de las aguas del río Moche por pasivos mineros no resueltos y actividad minera informal. Mientras tanto, a pocos kilómetros de la campiña de Moche, el desierto regado por las aguas de Chavimochic produce frutas y hortalizas que abastecen los mercados mundiales con la tecnología más moderna.

La chacra tradicional mochica, con su emblema más reconocido, el ají Mochero, debe adaptarse a las nuevas realidades y transformar sus sistemas productivos y sus organizaciones para hacerla más sostenible. Pero la sociedad de La Libertad tiene que volverla a mirar, reconocer en ella una herencia milenaria y una oportunidad para conectarse con su pasado a través de la agricultura y la alimentación. Los gobiernos nacional y subnacionales deben comprender que su desidia o sus acciones puntuales, aisladas, sin conexión entre los distintos sectores de

toma de decisión, empeoran una situación que desde hace varios años es grave. El sector privado, como el inmobiliario, debe apoyar un ordenamiento del territorio que conserve la campiña y sus monumentos arqueológicos como aspecto central de la identidad regional. Los consumidores, por su parte, deben convertirse en motores de la demanda del ají Mochero a través de sus decisiones de compra, pasando a ser consumidores conservacionistas, aliados de los agricultores guardianes de este tesoro de La Libertad. La denominación de origen es una herramienta que puede contribuir con estos propósitos y la UNALM viene trabajando con instituciones de La Libertad, Lima y Bélgica para apoyar este proceso².

² Las instituciones peruanas que iniciaron el proyecto (2019-2022) son Universidad Nacional Agraria La Molina, CEDEPAS Norte, Universidad Privada Antenor Orrego y Restaurante Astrid y Gastón. Se ha trabajado activamente con la Asociación Renacimiento Campiñero, el Patronato de las Huacas del Valle de Moche y la Universidad Nacional de Trujillo. En el Grupo Impulsor de la Denominación de Origen participan también Gobierno Regional de La Libertad, Municipalidad Provincial de Trujillo, Proyecto Especial Chavimochic, Cámara de Comercio y Producción de La Libertad, Instituto CEFOP y miembros del sector gastronómico local (Koi Maki Bar, Los Herrajes Vivencial). CEDEPAS Norte coordina las acciones del Grupo Impulsor. El proyecto cuenta con el apoyo de la cooperación universitaria flamenca (VLIRUOS) y la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arbizu, C. I., Saldaña, C. L., Ferro-Mauricio, R. D., Chávez-Galarza, J. C., Herrera, J., Contreras-Liza, S., Guerrero-Abad, J. C., & Maicelo, J. L. (2022). «Characterization of the complete chloroplast genome of a Peruvian landrace of *Capsicum chinense* Jacq. (Solanaceae), arнауcho chili pepper». *Mitochondrial DNA. Part B, Resources*, 7(1), 156–158. <https://doi.org/10.1080/23802359.2021.2014366>
- Bosland, P. y Votava, E. (2012). *Peppers: Vegetable and Spice Capsicums*. Wallingford: CABI, 2nd edition.
- Cabieses, F. (2000). *Antropología del ají*. Instituto Nacional de Medicina Tradicional, Ministerio de Salud.
- Carrizo, C., Michael H. J. Barfuss, Eva M. Sehr, Gloria E. Barboza, Rosabelle Samuel, Eduardo A. Moscone, and Friedrich Ehrendorfer. 2016. Phylogenetic Relationships, Diversification and Expansion of Chili Peppers (*Capsicum*, Solanaceae). *Annals of Botany* 118: 35–51. <https://doi.org/10.1093/aob/mcw079>.
- Casas A. y Velásquez, D. (2016). Erosión genética. En: Casas, Torres y Parra (eds.), *Domesticación en el continente americano* Vol. 1. UNAM/UNALM, Lima.
- Dillehay, T., Goodbred, S., Pino, M., Vásquez, V., Rosales, T., Adovasio, J., Collins, M., Netherly, P., Hastorf, C., Chiou, K., Piperno, D., Rey, I. y Velcho. N. (2017). «Simple Technologies and Diverse Food Strategies of the Late Pleistocene and Early Holocene at Huaca Prieta, Coastal Peru». *Sciences Advances* 3 (5). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1602778>.
- FAO. (2018). FAOSTAT. www.fao.org/faostat/en/#data/QC.
- Gilllin J. (1947). Moche: A Peruvian Coastal Community. Smithsonian Institution, Institute of Social Anthropology, Publication No. 3, Washington, D. C. 166 p.
- Jarret, R., Barboza, G., Rabelo, F., Berke, T. y Chou, Y. (2019). *Capsicum— An Abbreviated Compendium*. Journal of the American Society for Horticultural Science 144 (1): 3–22. <https://doi.org/10.21273/JASHS04446-18>.
- Khoury, C.K., Brush, S., Costich, D.E., Curry, H.A., de Haan, S., Engels, J.M.M., Guarino, L., Hoban, S., Mercer, K.L., Miller, A.J., Nabhan, G.P., Perales, H.R., Richards, C., Riggins, C. and Thormann, I. (2022), Crop genetic erosion: understanding and responding to loss of crop diversity. *New Phytol*, 233: 84–118. <https://doi.org/10.1111/nph.17733>
- Kraft, Kraig H., Cecil H. Brown, Gary P. Nabhan, Eike Luedeling, José de Jesús Luna Ruiz, Geo Coppens d'Eeckenbrugge, Robert J. Hijmans, and Paul Gepts. 2014. Multiple Lines of Evidence for the Origin of Domesticated Chili Pepper, *Capsicum annum*, in Mexico. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 111 (17): 6165–6170. <https://doi.org/10.1073/pnas.1308933111>.
- Meckelmann, S W., D W. Riegel, M J. van Zonneveld, L Ríos, K Peña, R Ugás, L Quinonez, E Mueller- Seitz, and M Petz. 2013. Compositional Characterization of Native Peruvian Chili Peppers (*Capsicum* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 61 (10): 2530–2537. <https://doi.org/10.1021/jf304986q>.
- Mendoza V. y Ugás, R. (2018). *Selecciones promisorias de ajíes nativos con potencial gastronómico, agroindustrial y ornamental*. Programa de Hortalizas, UNALM, Lima.
- Morales- Soriano, E, B Kebede, R Ugás, T Grauwet, A Van Loey, and M Hendrickx. 2018. Flavor Characterization of Native Peruvian Chili Peppers through Integrated Aroma Fingerprinting and Pungency Profiling. *Food Research International* 109: 250–259, February. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.030>.
- Presilla M. 2017. Peppers of the Americas. The remarkable *Capsicums* that forever changed flavor. Lorena Jones Books, California/Nueva York, EEUU. 341 p.

MINAM. 2021. Elaboración de la línea de base de la diversidad del ají y rocoto con fines de bioseguridad: prospección de la diversidad, estudio socioeconómico, ecológico, de organismos y microorganismos, flujo de genes y sistematización. Programa para el Conocimiento y Conservación de los Recursos Genéticos con fines de Bioseguridad, Ministerio del Ambiente, Lima, Perú. 245p.

Rodríguez H., editor. 2016. Ají peruano. Historia, cultura, sociedad y gastronomía. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima. 469 p.

Rojas Rosario, Kirti Patel, Candy Ruiz, Rosa Calderón, Edgard Asencios, Fredy Quispe & Mavel Marcelo. 2019. Ajíes nativos peruanos, caracterización agro-morfológica, químico-nutricional y sensorial. Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, Perú. 139p.

Sabogal J. 2016 (1981) Agricultura tradicional yunga. Sociedad Geográfica de Lima, Lima. 420 p.

SENASA. 2022. Informe del monitoreo de residuos químicos y otros contaminantes en alimentos agropecuarios primarios y piensos, año 2021. Servicio Nacional de Sanidad Agraria del Perú, Lima.

Ugás, Roberto. 2012. Clasificación de Los Ajíes del Perú. En. Roberto Ugás and Víctor Mendoza (Eds.), El Punto de Ají. Lima: Programa de Hortalizas, UNALM & Programa VLIR- UNALM, 8–17. www.lamolina.edu.pe/hortalizas/webdocs/PUNTODEAJI.pdf.

Valderrama, M y R Ugás, coordinadores. 2009. Ajíes Peruanos—Sazón Para El Mundo. Sociedad Peruana de Gastronomía. Lima: Empresa Editora El Comercio S.A., Lima. <https://rb.gy/glwnjn>

van Zonneveld Maarten, Marleni Ramirez, David E Williams, Michael Petz, Sven W Meckelmann, Teresa Avila, Carlos Bejarano, Llermé Ríos, Karla Peña, Matthias Jäger, Dimary Libreros, Karen Amaya, and Xavier Scheldeman. 2015. Screening Genetic Resources of Capsicum Peppers in their Primary Center of Diversity in Bolivia and Peru. PLoS One 10 (9): e0134663. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0134663>.

LOS AJÍES DEL PERÚ

En tiempos ancestrales los ajíes fueron usados de formas distintas: como tributo, medio de cambio, en rituales, medicina, etc. Algunos de estos permanecen en comunidades rurales, pero **es su picor, y sus aromas y sabores característicos, los que sustentan su presencia determinante en la gastronomía tradicional y moderna.**

El cultivo de ají ocupa más de 12,000 hectáreas en el Perú, de las cuales más de la mitad son cultivos de frutos no picantes que en su mayor parte se exportan, por ejemplo, como especia (paprika) o como verdura en conserva (piquillo).



¿Qué es la erosión genética?

Se conoce a la erosión genética como la pérdida de diversidad en un cultivo en un área y tiempo determinados, medida como la disminución de especies o variación en la variabilidad o dentro de ella, **generalmente significa una pérdida de diversidad genética.**



Erosión genética en ajíes peruanos

No está documentada la erosión genética en los ajíes peruanos, pero ciertas especies empiezan a escasear en los mercados regionales.

Por ejemplo, la preferencia de las cebicherías y cocineros limeños por el ají Limo, debido a ser aromático, más grande, uniforme, sin mayores variaciones a lo largo del año, ha llevado a la estandarización del uso de este tipo en restaurantes del país, lo que ha hecho que se intensifique su producción en la Selva Central y su comercialización por todo el país, dejando de lado tipos de ajíes más locales.



El ají Mochero de La Libertad

El ají Mochero de La Libertad, en la Costa Norte, es un producto del campo que ha estado en franco retroceso. El número de agricultores que lo conservan es reducido, las siembras en los huertos diversificados de Moche a veces se reducen a unas pocas líneas del ají, muy pocos de los restaurantes campestres sirven platos con este tipo de ají.

Esto es un indicador de un proceso mayor, el de la lenta desaparición de la chacra tradicional mochera, la que debe adaptarse a las nuevas realidades y transformar sus sistemas productivos y sus organizaciones para hacerla más sostenible, siendo la denominación de origen una herramienta que puede contribuir con el cambio que requiere.

Nuevas oportunidades para la conservación de diversidad de papas nativas a través de estrategias de comercialización innovadoras.

Maria Scurrah
Sebastian Davis

Las papas nativas y su conservación.

El Perú es un referente mundial de diversidad de recursos genéticos por ser uno de los centros de origen de la agricultura y el cultivo de papa es una de las principales banderas visibles. Las papas nativas, por su adaptación a las duras condiciones altoandinas entre los 3700 y 4200 msnm (heladas, granizo, sequía, plagas y enfermedades fúngicas y virales) y por su valor nutritivo (con carbohidratos y proteína de calidad, alto contenido de vitaminas y minerales), son esenciales para la seguridad alimentaria de muchísimas familias rurales del presente. Así mismo, esta diversidad es una fuente crucial de recursos para garantizar la seguridad alimentaria en el futuro.

Hoy en día, gran diversidad de variedades nativas o ancestrales de papas perdura en manos de agricultores que las cultivan y consumen a lo largo de los altos Andes peruanos. Son ellos y ellas quienes conocen y practican técnicas de tradicionales suelos de las pendientes andinas y enfrentar el clima cada año más incierto en un contexto donde las parcelas son cada vez más pequeñas.

Es en el marco del Tratado Internacional de recursos Genético¹ que el Perú firma y el mandato de «compartir beneficios» del artículo 9 de este tratado, que un grupo constituido por el Centro Internacional de la Papa (CIP), Grupo Yanapai, Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA)

y el Programa Nacional de Innovación Agraria (PNIA), logró comprometer a dos empresas semilleras de papa de los Países Bajos a que aporten con pagos directos para beneficiar a los agricultores que conservan diversidad². Estas donaciones son la semilla que marca el inicio de la Asociación de GUardianes de la PAPA Nativa - AGUAPAN³, fundado en el año 2014.

Hoy, tras siete años desde su formación, AGUAPAN agrupa a 103 familias conservacionistas de 9 regiones del país; esto indudablemente también ha sido gracias a que las empresas han seguido aportando anualmente los bonos, viendo como se fortalecía y crecía la asociación.

AGUAPAN promueve el autogobierno y el intercambio de

¹ El Tratado Internacional de Recursos Genéticos Para la Alimentación (ITPGRFA) es un tratado jurídicamente vinculante adoptado en Roma en el año 2001 y que entró en vigencia en el 2004 en el Perú. En el Artículo 9 (FAO, 2009) se reconocen los derechos consuetudinarios de los agricultores a guardar, usar, intercambiar y vender semillas y material de propagación guardadas en las fincas. Sus derechos implican ser reconocidos, recompensados y apoyados por su contribución al acervo mundial de recursos genéticos, así como a participar en la toma de decisiones sobre temas relacionados con los recursos genéticos de los cultivos. Este tratado reconoce específicamente:

1. La enorme contribución que las comunidades locales e indígenas aportan, asegurando la conservación y desarrollo de recursos fitogenéticos.
2. El valor de la protección de los conocimientos tradicionales.
3. El derecho a participar equitativamente en la distribución de los beneficios derivados.
4. El derecho de participar en la toma de decisiones.
5. El derecho a guardar, usar, intercambiar y vender semilla.

² Chirapaq Ñan, Nro. 05, 2015.

³ Para conocer más acerca de AGUAPAN, pueden ingresar a su sitio web: <https://aguapan.org/>



Figura 1. Guardianes de las 9 regiones en el VI Encuentro de AGUAPAN en Huancayo (agosto, 2022).

conocimientos y semillas en encuentros anuales y regionales. Además, la asociación también ha incursionado en un proyecto de venta a través de una marca colectiva que promueve la comercialización de variedades en mezcla de papas poco conocidas. Esta innovación de mercadeo tiene dos objetivos: (1) La generación de mayores ingresos de las familias conservacionistas y (2) el fortalecimiento de la conservación in situ de las papas nativas. En esta publicación, describimos y evaluamos el desenvolvimiento de esta iniciativa de venta

Nos enorgullecemos de ser un país con más de 3000 variedades de papas, pero ¿se han dado cuenta que al ir de compras solo encontramos algunas? - Víctor E. Anco Carlos⁴.

Agrobiodiversidad y mercados

Los mercados de venta e intercambio son parte integral de la cultura Andina-Amazónica motivada, por un lado, por su necesidad de complementar su dieta con productos que vienen de fuera y, por el otro, por recurrentemente contar con excedentes de producción luego de cubrir los requerimientos alimenticios y de semilla para la siguiente siembra. Los mercados locales siempre han jugado el rol importante de recibir y ofrecer diversidad de productos y variedades y, en estos, los agricultores y agricultoras han ganado experiencia de venta de sus propios productos a través del tiempo.

Sin embargo, debido a la difusión de la agricultura convencio-

nal⁵, la mayor conectividad vial y el crecimiento de las urbes, se ha incrementado la influencia de los grandes mercados masivos sobre la pequeña agricultura (y los mercados locales). Los pequeños agricultores suelen componer el eslabón más débil de la larga «cadena de valor», pues no cuentan con herramientas suficientes para acceder a nuevas oportunidades de comercialización y para enfrentar nuevos problemas y sin plena igualdad ante la ley. Así, por ejemplo, el intermediario, aquel agente que transporta el producto a las ciudades y determina qué producto compra a los agricultores y cuánto pagará por ellos, ejerce presión sobre los agricultores para que éstos se adecúen al gran mercado y al discurso de alimentos «baratos» para las ciu-

⁴ Declaraciones para la revista *Sommelier*, 2021. Víctor es hijo de un socio AGUAPAN que ha participado del piloto de comercialización dirigido por Grupo de Yanapai los últimos 3 años. Sus palabras echan luces sobre la problemática que engloba este texto.

⁵ La agricultura convencional prioriza el aumento de la producción de alimentos orientados al mercado e integrada a un sistema global de comercio, sin tomar en cuenta los daños que se puedan producir en el medio ambiente. Se basa en el uso de maquinaria agrícola, semillas mejoradas, agroquímicos y promueve la homogeneización, expandiendo el monocultivo de un reducido número variedades comerciales, desprovisto de un manejo integrado de los suelos y haciendo uso de contaminantes.

dades, resultando en la pérdida de agrobiodiversidad⁶.

En el siglo pasado, los mercados han tenido un efecto negativo para la diversidad en su búsqueda de «eficiencias», uniformidad y disponibilidad del producto a lo largo del año. A pesar de que esto ocurre a nivel mundial, en el Perú aún se conservan miles de variedades nativas. Esto probablemente se debe a que muchos agricultores aún viven en localidades aisladas donde sus medios de vida les han permitido una supervivencia resiliente. El no estar vinculados con el gran mercado y el conocer y apreciar mucho la calidad de sus productos, ha permitido que puedan seguir conservando gran diversidad de variedades de alimentos y que por lo tanto sean importantes «bancos» genéticos de alimentos. Sin embargo, los pequeños agricultores conservacionistas de papa nativa son parte del sector más pobre de la población peruana, reflejo de esta situación es que solo el 20% de los socios que conforman AGUAPAN tenían suficientes excedentes de papa nativa en mezcla para ofrecer al mercado.

La conexión entre el campo y la ciudad seguirá incrementándose, y con es latente el riesgo a perder la agrobiodiversidad; por lo tanto, el reto yace en revertir la dinámica inherente a los grandes mercados de sacrificar la diversidad de variedades. Es decir, hace falta lograr que las cadenas de



Figura 2. Chaqu'ru del guardián Elberto Montes, 2020.

valor absorban diversidad y que esta sea relevante a las fuentes de ingreso económico de los agricultores que la conservan. Esto resultará beneficioso para todos: hoy, la agrobiodiversidad es reconocida a nivel mundial por jugar un rol central en la sostenibilidad. El 15vo reporte del Panel de expertos de alto nivel sobre seguridad alimentaria y nutrición propone un cambio en las políticas públicas del sector agroalimentario⁷ y deja claro que la mejor manera singular de llevarlo a cabo es apoyando los esfuerzos para conservar y utilizar la agrobiodiversidad. Para esto, es fundamental la articulación y comunicación entre los distintos actores de la sociedad.

Construyendo una marca colectiva para un producto heterogéneo.

La forma tradicional de cultivo y de consumo de papa en los altos Andes es en mezcla, lo que

fortalece el mantenimiento de la diversidad genética de variedades de papa. A esta forma de cultivo y de consumo se le conoce como «*chaqu'ru*». *Chaqu'ru* significa mezcla en quechua chanca. En otros lugares recibe otros nombres, por ejemplo: «*chalo*» en Junín, «*huachuy*» en Huánuco y Pasco o «*ambros*», en Ancash y La Libertad, etc. (CIP & FEDECCH, 2006; AGUAPAN, 2020).

La papa «*chaqu'ru*» es un producto heterogéneo y estacional que responde a la geografía; es altamente dependiente del clima y está íntimamente vinculado al conocimiento y personalidad de cada una de las familias que lo cultivan. Cada «*chaqu'ru*» es una colección ancestral en continua evolución que permite al consumidor apreciar y aprovechar las cualidades de cada una de las variedades que lo componen.

La experiencia de comercialización del «*chaqu'ru*» precede a

⁴ Una mayor demanda por determinadas variedades “comerciales” de papa (la mayoría, mejoradas) suele intensificar su producción a expensas de las variedades tradicionales “no comerciales”, que terminan en riesgo de desaparecer junto con los conocimientos y técnicas asociadas al manejo tradicional en diversidad.

⁷ El reporte propone cuatro grandes cambios (HLPE, 2020): 1) El enfoque debe pasar de la producción al consumo: qué y qué tan bien comen las personas debe ser más importante que las estadísticas de producción. 2) El sistema alimentario ya no puede verse aislado de otros sectores, ya sea la salud, el medio ambiente o la economía en general. 3) No debería tratarse sólo del hambre, sino de todas las formas de desnutrición. 4) Las soluciones deben adaptarse al contexto (por ejemplo, lo que funciona para las poblaciones rurales no funcionará en las ciudades).

AGUAPAN. En el año 2010 la comunidad de Quilcas (Huancayo) fue invitada a participar del «Gran Mercado» que la Sociedad Peruana de Gastronomía (APEGA) organizó en Lima como parte de la feria gastronómica MISTURA. Allí, los agricultores ofrecieron sus mezclas de variedades nativas únicas y mayormente desconocidas para el público; obtuvieron visibilidad y encontraron gran aceptación. Esta experiencia sembró la idea de vender mezclas. Esto sería una alternativa comercial que ayudaría a conservar diversidad y sería un incentivo para aumentar la siembra y fortalecer la conservación más allá de la subsistencia.

Con el transcurso del tiempo se fueron abriendo nuevas oportunidades de comercialización para más agricultores. Entre los años 2011 y 2013, el proyecto «Chirapaq Ñan»⁸ contó con una mesa en la Feria saludable de La Molina (Lima), lo que permitió incluir a agricultores de Huancavelica (Pumaranra, Choppca y Ambato). La experiencia en los mercados de MISTURA ya había demostrado que el público compraba papa nativa en mezcla pero la feria de La Molina, los fines de semana, demostró la existencia de una demanda continua y sostenida, con ventas constantes a precios muchísimo mayores para los agricultores.

Las ventas en La Molina siempre superaron los 200 kg por día (y lo que no vendían al final del día era prepagado y vendido por voluntarios durante la semana). Los agricultores aprendieron que el comportamiento del público era diferente al de los intermediarios clásicos, quienes les imponían un

precio bajo y compraban solo algunas variedades comerciales. La papa en mezcla era vendida al mismo precio que en los supermercados más caros de Lima, mientras que los agricultores se hacían conocer y conocían a los consumidores. A medida que ganaban experiencia, se hacían más independientes y finalmente asumieron todos los costos de flete y transporte. La importancia de los teléfonos móviles para coordinar la logística fue otro aprendizaje.

En el año 2014 varios socios de AGUAPAN proponen establecer una marca colectiva que asocie a los diferentes guardianes: de ahí nace MISKI PAPA de AGUAPAN, la cual está hoy registrada por INDECOPI y el producto inscrito es una malla de 2 kg. de tubérculos sanos de tamaño mediano que contiene al menos 8 variedades diferentes. Esto está establecido en un reglamento de uso para asegurar que los socios mantengan alto el estándar de calidad que MISKI PAPA ofrece.

En base al aprendizaje en las ferias y teniendo en cuenta los beneficios encontrados allí, se planteó el denominado «c circuito corto» para la comercialización de MISKI PAPA. El objetivo de la reducción de intermediarios debía reflejarse en un mejor precio de compra-venta para productores y consumidores. Así mismo, el circuito corto aumenta la autonomía de los agricultores, quienes refuerzan el valor de su producto y aprenden a «vender» los atributos y diversidad de su colección de «*chaqru*» (i.e sabores y cualidades gastronómicas), terminando con los prejuicios de un consumidor que sólo estaría atraído por precio, uniformidad, etc.

Si bien Lima ofrece la posibilidad de una gran demanda, la capital está alejada de los campos de producción y esto se traduce en mayores costos de transporte y transacción; tiempo y una huella de carbono. Por otro lado, los costos de transporte dentro de la capital pueden superar a los del campo a la ciudad, y continúan subiendo. La necesidad de lograr una comercialización más eficiente nos llevó a invitar a jóvenes del campo con un pie en la ciudad y con interés en emprender, a que se involucren. En este esquema de comercialización, se sustituyó al actor «intermediario», continuó habiendo agentes de comercialización, solo que estos, a diferencia de los tradicionales, representan los intereses de los agricultores y comparten el objetivo de mantener la diversidad y los valores de AGUAPAN y que las ganancias regresen al campo.

Tocando nuevas tierras: la logística

Se pensó que los hijos de los guardianes que residen en Lima serían los indicados en comercializar recibiendo un porcentaje de las ganancias de venta y hubo un interés tentativo en una reunión, por parte de algunos de ellos, pero en marzo del 2020 la pandemia del Covid-19 golpeó a todo el país y se cerraron las posibilidades de que se movilicen. Sin embargo, el financiamiento para promover un piloto de mercado por parte de la Embajada de Nueva Zelanda en Chile permitió contratar al hijo de un Guardián de la región Lima para que coordine la logística. Gracias a estos fondos, desde el Grupo Yanapai pudimos realizar durante dos años y dentro del

⁸ «Chirapaq Ñan» fue un proyecto liderado por el CIP para el monitoreo de diversidad en microcentros de diversidad (Yanapai estuvo involucrado en el microcentro Huancavelica-Junín). Contó con voluntarios que asistieron a los agricultores

contexto de la pandemia un piloto de venta de circuito corto con agricultores que tenían excedentes de su producción de papas nativas en mezcla.

En junio del 2020 se envió el primer lote de 600 Kg. de «chaqru» de Huancavelica a Huancaayo. El Grupo Yanapai se encargó del trasbordo de los sacos hacia Lima. A partir de esa fecha cada lunes o martes el Grupo Yanapai embarcó papas nativas en mezcla. Uno de los mayores retos durante estos años ha sido organizar una logística que funcione de forma continua y cíclica cada semana, recogiendo los lotes de papa, realizando operaciones de selección, pesado y enmallado, y despachando los pedidos a puntos de recojo y tiendas en los distritos de Miraflores y La Molina, así como realizando entregas a domicilio de forma tercerizada.

A raíz del éxito de las ventas en los últimos 2 años y las expectativas creadas por esta venta, la oferta de papa nativa por parte de los agricultores se ha incrementado. En este tercer año tuvimos más oferta que demanda, lo cual dejó a varios agricultores sin poder participar en la venta con su producción de papas nativas. Un indicador claro de que los guardianes se han visto incentivados por sembrar más chaqru, por lo que podemos decir que el proyecto ha cumplido, con el objetivo de resguardar la agrobiodiversidad. Con este proyecto de venta, los agricultores tienen una ganancia superior a la que tendrían en un canal de venta convencional, ya que en condiciones normales, podrían vender aproximadamente a S/1,20/Kg en ferias locales. Sin embargo, con este modelo ellos reciben S/3,00/Kg, en chacra. Sin embargo, es importante recalcar que los últimos



Figura 3. Presentación de la marca «Miski papa»



Figura 4. Victor Anco Jr. Y Guardian Victoriano Fernandes en Feria por el día de la papa en Parque de la exposición en Lima. Foto Sebastian Davis.

3 años han sido excepcionales, tanto por las restricciones logísticas y sociales generadas por la pandemia, como los cambios geopolíticos y macroeconómicos en el mundo. Todo lo cual afectó directamente a la agricultura peruana y los precios de venta en los mercados. MISKI PAPA de AGUAPAN no estuvo ajeno a estos cambios.

Mercadeo y promoción del «chagru»

Para la venta se utilizaron diversas herramientas digitales: la App WhatsApp business, los formularios de Google y los aplicativos de pagos bancarizados YAPE y PLIN, para facilitar el proceso de ventas y control contable. También se utilizaron las redes sociales⁹, a través de las cuales se promocionaron las papas de la marca MISKI PAPA.

El mandato de #QuédateEnCasa estimuló a muchas personas a probar productos novedosos para los mercados convencionales, fáciles preparar, nutritivos y sanos. Fue un buen comienzo. A su vez, las redes sociales permitieron una retroalimentación de los consumidores, no solo con información útil para mejorar el producto y la oferta; sino también para el marketing. En el 2020 se logró publicar un catálogo con información de cada agricultor, en el que se resaltaba su colección de papas nativas y así enriquecer la propuesta comercial de MISKI PAPA de AGUAPAN. Actualmente, la estrategia de marketing consis-



Figura 5. Publicidad de los guardianes donde resalta las variedades que posee

te en generar publicidad donde se muestra la diversidad de papas que llega cada semana y las motivaciones y esperanzas de los guardianes. Además, estamos en constante búsqueda de innovaciones como el uso de códigos QR y la generación de aplicativos para celulares que faciliten comercialización y promuevan la ciencia ciudadana, incluyendo doblemente a los consumidores en la conservación. Un pedido común que recibimos de nuestros clientes es poder compartir recetas y formas de cocinar las papas en mezcla.

Los guardianes: acción colectiva.

A lo largo de estos tres años de comercialización en Lima se ha contactado con la participación de poco más del 20% de socios de AGUAPAN y cada año hay más guardianes que se animan a participar en el mercado de MISKI PAPA. Duran-

te el 2020, 2021 y 2022, la papa de 58 lotes enviados a Lima provino de 6 regiones y 11 provincias¹⁰ de nuestro país. Así mismo, mientras que en el 2020 no hubo participación directa de socias mujeres, en el 2022, su participación bordeó el 25%. La participación de guardianes en regiones más distantes de Lima requiere pensar en otras ciudades. Por ejemplo, en el 2021 se replicó el modelo de comercialización en la ciudad de Trujillo¹¹ y las papas enviadas provenían de 3 guardianes de La Libertad (2 eran mujeres).

El número de participantes y lotes ha crecido de 10 (agricultores) y 15 (lotes) en el 2020, a 17 y 23 en el 2022, respectivamente. También hubo agricultores que enviaron en más de una ocasión (hasta 4 veces por año). En cuanto a los volúmenes, la cantidad total de papa enviada a Lima también ha aumentado, de 6.5 toneladas métricas en el año 2020, a 9.3 to-

⁹ Las redes sociales de MISKI PAPA son:
<https://www.facebook.com/miski.papa>,
<https://www.instagram.com/miski.papa/>
https://twitter.com/Miski_Papa

¹⁰ El 50% de los lotes enviados a Lima fueron de Junín (Huancayo, Jauja, Concepción y Tarma) y el 31%, de Huancavelica (Acobamba, Tayacaja y Huancavelica).

¹¹ Para la coordinación y comercialización en la ciudad de Trujillo se tuvo el apoyo de Asociación Patatz.

Gráfico: Comparativo por años.

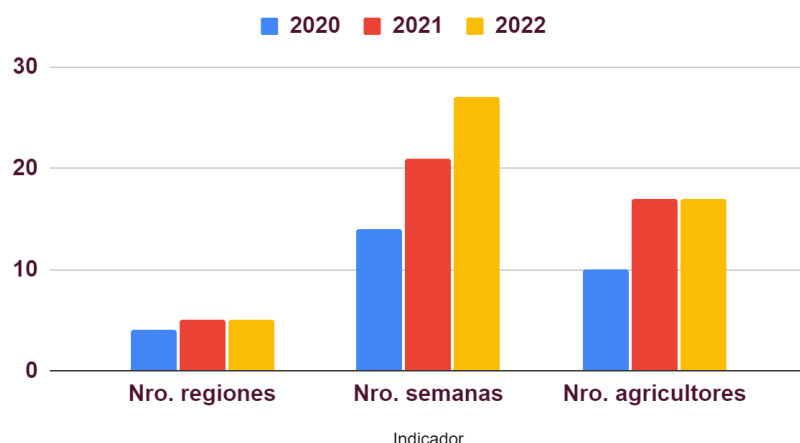


Gráfico 1. Indicadores de crecimiento

Incremento de papa comercializada en Lima:

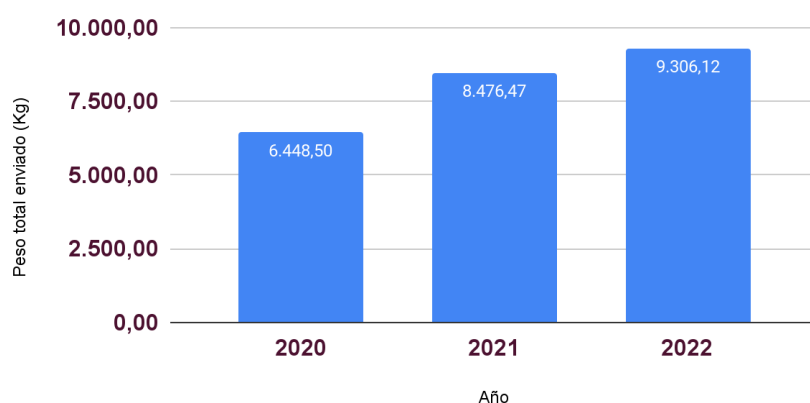


Gráfico 2. Volúmenes papa enviada a Lima (Kg)

neladas en el 2022. En cuanto a las ganancias económicas, este año el precio unitario de cada malla se incrementó de S/10,00 a S/ 11,00 y el precio en chacra se incrementó a S/.3.00/Kg. La diferencia con respecto al precio de venta ha servido para cubrir los costos de comercialización.

Los consumidores urbanos: una demanda creciente.

El número de clientes aumentó de 340 en el año 2020 a 430 en el 2021 (con más de 1100 pedidos) y en el 2022 supera los 500. Los clientes compran para sus hogares o realizan una compra grupal para posteriormente repartir lo

adquirido entre más personas, por lo que el número de consumidores efectivos es bastante mayor a estas cifras. Además, en el 2020 más de un tercio de los clientes pidieron en más de una ocasión y esto ha continuado aumentando, lo que habla positivamente acerca de la calidad, lealtad de los clientes y de la buena gestión del proceso de fidelización.

Desde el inicio de este piloto de comercialización en el 2020 se ofrecieron dos modalidades de entrega: recojo en puntos específicos o tiendas y delivery, o entrega a domicilio en distintos distritos de la ciudad. Alrededor del 40% de los pedidos fueron con el

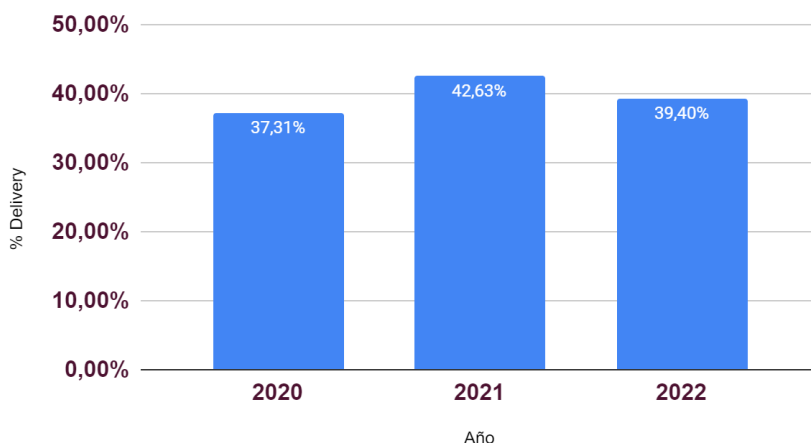
servicio adicional delivery, servicio por el que los clientes pagan un monto adicional y servicio que creemos seguirá creciendo en los siguientes años. Más del 50% de los pedidos que fueron recogidos, ocurrieron en el distrito de Miraflores y un 20%, en La Molina. El resto ocurrió en otros distritos de la ciudad.

Conclusiones: Lecciones en proceso de ser aprendidas

Los sistemas alimentarios, la salud y los ecosistemas están íntimamente conectados. Las asociaciones que forman los agricultores, forjan redes que prometen convertirse en una fuerza de cambio para crear sistemas alimentarios saludables y sostenibles que alimentan a sus familias, enfrenten el cambio climático y mejoren sus medios de vida y la resiliencia de sus comunidades.

AGUAPAN, a través de innovaciones en la comercialización de un producto tradicional, está logrando ser notada por los consumidores de la gran ciudad. MISKI PAPA de AGUAPAN funciona como un “sello de agrobiodiversidad” que comunica la calidad del producto, la producción agroecológica y el impacto positivo sobre el ambiente y sociedad. De esta manera, la marca colectiva permite agregar valor al “chaquru” en mercados nuevos y es clave para asociar y empoderar a diferentes agricultores territorialmente dispersos. Así mismo, ayuda a generar una demanda y consolidar una oferta que pueda acceder a mercados nichos que paguen mejores precios y sobre todo, que generen mayores ganancias para los agricultores.

El piloto demostró que el mercado sí puede funcionar en beneficio de la conservación de la agrobiodiversidad, pero para

Proporción de pedidos con delivery (%) por año:**Gráfico 3. La demanda por delivery es significativa**

lograr sostenibilidad y escalabilidad se requiere una serie de iniciativas. En primer lugar, es necesario contar con una mayor inversión. En segundo lugar, es indispensable trabajar en la gobernanza de AGUAPAN. En tercer lugar, es importante apostar por un sistema digital de ventas ya que la tecnología digital es una herramienta poderosa que ayuda a vincular el sector rural con el urbano, pero requiere de inversión por parte del estado para crear

conectividad y accesibilidad, deficiente en las comunidades. En cuarto lugar, hay que fortalecer las destrezas requeridas por los agentes de venta; por ejemplo: a) capacidad de negociar con proveedores de servicios, b) manejo contable, c) manejo de software de promoción, ventas y del sistema bancario, etc. Por último, es importante contemplar que, la venta de “chaqru” deberá ser complementada con una serie de otros productos ligados a los sis-

temas de producción de la papa nativa y de los guardianes para lograr mayor eficiencia económica.

Finalmente, para que AGUAPAN pueda liderar la comercialización de MISKI PAPA de manera autónoma, hay varios pasos por contemplar: a) la creación de un brazo comercial, pues AGUAPAN es una asociación “sin fines de lucro”; b) la definición de responsabilidades concretas de los actores y personas; c) la capacitación y desarrollo en destrezas; d) la consolidación de un sistema de control interno que asegure adecuada supervisión y coordinación por parte de la directiva de AGUAPAN, designando por ejemplo, a una persona que coordine la oferta, el envío de lotes, asegure los pagos y reporte adecuadamente.

Agradecimientos:

Este proyecto no hubiera sido posible sin la colaboración y aporte de Grupo Yanapai y muchas otras personas e instituciones.^{12 13}

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

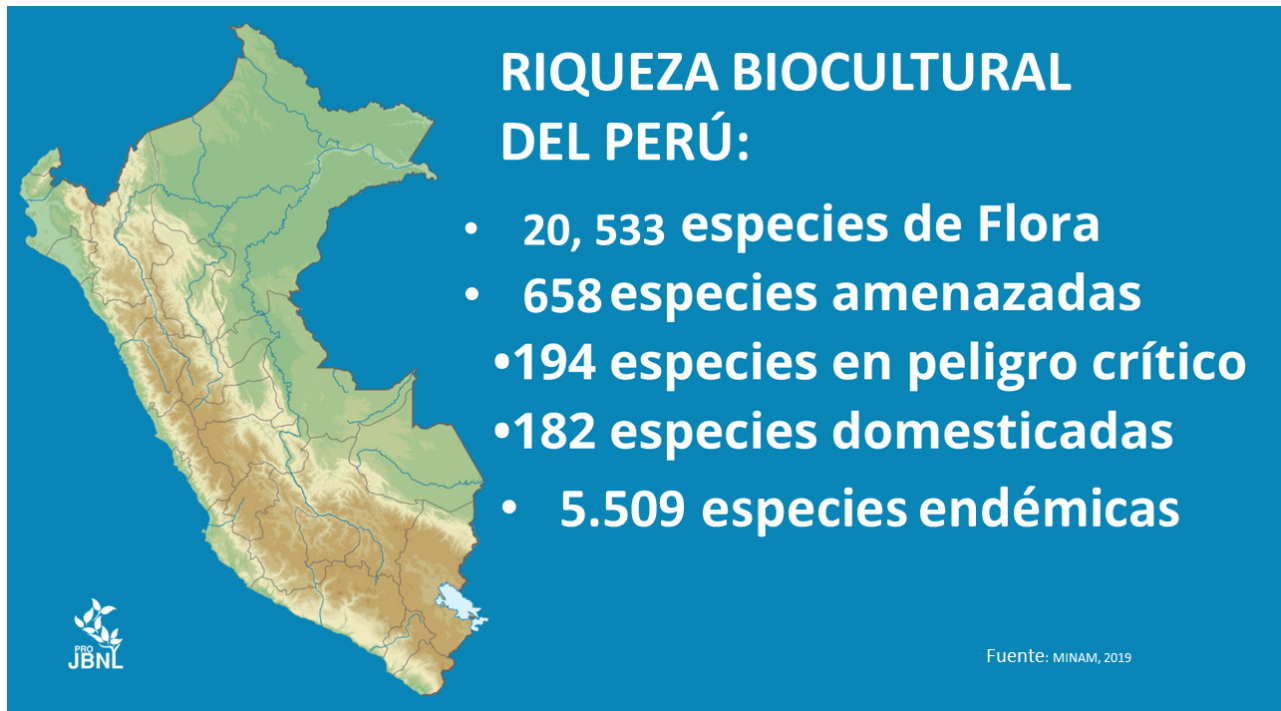
- AGUAPAN. (2020). *MISKI PAPA. Regalo de los Andes: Colecciones de los guardianes de la papa nativa del Perú*.
- Chirapaq Ñan Nro.05. (2015). *Boletín*.
- CIP, & FEDECCH. (2006). *Catálogo de variedades de papa nativa de Huancavelica, Perú*. Centro Internacional de la Papa (CIP); Federación Departamental de Comunidades Campesinas (FEDECCH).
- FAO. (2009). *International treaty on plant genetic resources for food and agriculture*.
- HLPE. (2020). *Food security and nutrition: Building a global narrative towards 2030*.

¹² Centro Internacional de la Papa, la embajada de Nueva Zelanda en Chile, fundación McKnight, etc.

¹³ Grupo Yanapai es una asociación civil que desde 1986 realiza actividades dirigidas a la investigación - acción participativa y con perspectiva de género para mejorar la gestión y manejo de los recursos en las zonas altoandinas. Sitio web: <https://yanapai.org/>

Jardín Botánico Nacional: Remediando la ceguera vegetal para salvar la flora peruana

Gabriela Orihuela



Una pregunta recurrente que escucho no solo en ámbitos relacionados a la conservación es: ¿Por qué el Perú carece de un jardín botánico nacional? —y aunque escuchamos diversas explicaciones, no hay una justificación válida que haga sentido, siendo uno de los países más ricos en diversidad biológica del planeta— y la incógnita se transforma de repente en un llamado urgente a la acción.

La ceguera vegetal —la tendencia por ignorar a las plantas que nos rodean, desconociendo su importancia y el impacto que representan

en nuestro día a día— no solo ha alcanzado a los peruanos de a pie sino también a la política nacional ambiental, que durante décadas la ha llevado a omitir a los recursos vegetales silvestres en la forma de colecciones vivas *ex situ*, de los planes y acciones para su conservación fuera de las áreas naturales protegidas. Si bien dentro de la *Estrategia Nacional de la Diversidad Biológica al 2021* (Minam, 2014), la conservación *ex situ* es reconocida como una herramienta complementaria de la conservación *in situ*, no es hasta tiempos recientes que

se está tomando acción para gestionar la normativa y facilitar el camino y accesibilidad para todos los peruanos.

Con las siguientes líneas quisiera contribuir a responder las preguntas más comunes que recibimos como Asociación Pro Jardín Botánico Nacional de Lima, fundada para fomentar y apoyar la creación de una institución moderna de excelencia dedicada a la investigación, conservación, educación y sensibilización de nuestra flora; así mismo, espero contribuir con los conceptos globales que definen a los jardines botáni-

cos como un puente entre la ciencia y la sociedad.

Las plantas y el ser humano

La ciencia nos dice que las primeras plantas terrestres habrían aparecido hace cerca de 500 millones de años (MA), habiendo co-evolucionado con los insectos desde hace 480 MA. Luego fueron apareciendo los vertebrados terrestres, 390 MA, y, aproximadamente hace 2 MA la tierra albergó a los primeros homínidos. El hombre sabio, el ser humano racional, como lo conocemos, habría evolucionado en los últimos 200,000 años junto a diversas plantas de su entorno, embarcándose en las primeras prácticas de agricultura aproximadamente hace 12,000 años, al final de la era del hielo, de manera simultánea con diversos lugares de la tierra.

Estudios en los Andes muestran los primeros vestigios de la agricultura peruana con cultivos domesticados entre los 10,000-8,500 años antes del presente (AP) (Peralta, 2019; Ugent y Ochoa, 2006).

Cabe resaltar que los restos más antiguos de especies nativas cultivadas en el Perú corresponden al maní (*Arachis sp.*), algodón (*Gossypium barbadense*) y un tipo de zapallo (*Cucurbita moschata*), los que tienen su edad determinada con radio-carbono (C14) y se indica que crecieron entre los 9,240 y 5,500 años AP, en el período precerámico medio, en el valle de Zaña (Dillehay et. al, 2007).

Otros cultivos importantes son los restos encontrados en la Cueva del Guitarrero, que incluyen el frijol común, pallar, oca, zapallo, ají y posiblemente olluco, correspondientes a los niveles más tempranos; y al maíz, varios

tipos de zapallo, maní y yuca, correspondientes a niveles más antiguos de entre 6,000-4,000 años AP. Luego, al entrar a un período más húmedo, se daba el cultivo del maíz, frijol, lúcuma, coca y papa (Ugent y Ochoa, 2006).

Estos registros representan la herencia cultural milenaria que hace al Perú único y que ha fortalecido la relación entre las plantas, el agricultor y el comensal peruano. Nuestra agrobiodiversidad ha sido compartida con el mundo y se ha encargado de nutrir a centenas de millones de habitantes con especies consideradas por muchos como súper-alimentos, por su valor nutricional. En la actualidad, los guardianes de las variedades silvestres, con su diversidad genética respectiva, se encuentran en los campos altoandinos enfrentando diversas amenazas causadas por el cambio climático, el cambio de uso de tierra, el uso de paquetes tecnológicos que no apoyan de manera sostenible el aumento de la producción andina y por el contrario contribuyen a degradar el sistema ecológico que las mantiene (Peralta, 2019). En el Perú, la conservación *ex situ* de algunos de estos recursos genéticos se da en 27 bancos de germoplasma, entre iniciativas nacionales y privadas (Minam, 2019), el siguiente paso es hacer accesible toda esta información a la comunidad para aprender de ella y darle el valor que merece.

Mega-biodiversidad

¡Perú, país megadiverso! Así es, somos el quinto país con mayor diversidad biológica del planeta, de acuerdo con su riqueza de especies según un índice ponderado que incluye a cinco clases de vertebrados mayores y a las plantas vasculares (Mongabay, 2016).

A nivel global, el último reporte del *Estado de las Plantas* de (KEW, 2020), anunció que hay cerca de 350,000 especies de plantas, además, información reunida por cientos de investigadores a nivel global, anunciaron recientemente la existencia de cerca de 60,000 especies de árboles (BGCI, 2022), sin embargo, las noticias no son tan alentadoras al conocer también la estimación de que 2 de cada 5 especies de plantas y el 30% de árboles están bajo amenaza de extinción.

En el Perú la diversidad florística al 2019 incluye 20, 533 especies, siendo 19,147 plantas vasculares (Minam, 2019), con aproximadamente 4, 500 especies de árboles (Reynel, 2016), de las cuales 658 están bajo un grado de amenaza y 194 bajo estado crítico (Minam, 2019). Estas plantas les dan la estructura a diferentes tipos de formaciones vegetales, ecosistemas clave que incluyen a 66 sub-biomas (definidos como la intersección de las zonas de vida y las regiones altitudinales) y que a su vez pueden ser agrupados en 16 biomas o zonas de vida (Sabino et. al, 2019) - una clasificación antigua consideraba 84 zonas de vida para el Perú; todo esto le da forma a nuestro territorio nacional, que con la diversidad de sus suelos y climas/microclimas son clave para albergar esta plétora de seres vivos, incluyendo un importante endemismo nacional de 5, 509 especies, lo que significa que de toda la flora que existe en el Perú, el 27.9% de especies solo se encuentran en nuestro territorio (León et. al 2006) y en ningún otro sitio más.



La diversidad florística a nivel global y el rol de los jardines botánicos.
Diagrama elaborado por la autora en base a KEW, 2020.

Beneficios de las plantas a la humanidad

Las plantas que nos rodean brindan importantes servicios ecosistémicos a la humanidad —definidos como beneficios económicos, sociales y ambientales, que pueden ser directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas— (Minam, 2019) regulando el clima y calidad de aire local y global, contribuyendo a la formación de los suelos, proveyendo innumerables recursos alimenticios, materias primas, medicinas, materiales de construcción, combustibles renovables, entre otros, que, desde los tiempos de nuestros antepasados, nos benefician en cada proceso de la vida.

Y es el estudio de la relación entre el ser humano y las plantas, conocido como la etnobotánica, lo que nos conecta con y pone en valor los

saberes ancestrales. La información que se ha recolectado sobre el uso de las plantas en nuestro planeta se refiere a 31,000 especies beneficiando al ser humano (KEW, 2019), mientras tanto la diversidad florística peruana alberga cerca de 4500 especies de usos conocidos (Brack, 2006). Quizás el uso más conocido de las plantas es el del alimento, no solo para nosotros sino como alimento de animales bajo condiciones de crianza. A nivel global se han registrado 7,039 especies comestibles, pero solo 417 de ellas son consideradas como cultivo alimenticio (KEW, 2019), y en el Perú, estudios etnobotánicos han registrado tan solo 182 especies de plantas nativas domesticadas (Brack, 2003). Cabe resaltar que entre los tres cultivos más populares de nuestro país encontramos una gran diversidad en

la papa (*Solanum tuberosum*), cuenta con cerca de 85 especies de papas silvestres, 9 especies domesticadas y más de 3,000 variedades; el ají (*Capsicum spp.*) con más de 300 variedades nativas -de las cuales solo se utilizan comercialmente el 25% de estas especies- y el tomate (*Solanum lycopersicum*) con 15 especies de tomates silvestres nativos (Pelayo, 2019).

Las propiedades medicinales de las plantas han sido identificadas por cientos de años y en la actualidad se conocen 18,000 especies con estas características (KEW, 2019); a nivel nacional, un estudio en los mercados de Cusco registró el uso de 152 especies locales correspondientes a 45 familias botánicas (Huamantupa et. al, 2011), mientras que otro estudio en los mercados de Lima registró 183 especies de 65 familias,

algunas de ellas identificadas como especies en peligro de extinción (Silva et. al, 2019).

En la selva peruana, un estudio hace referencia al uso común de la familia Arecacea (palmeras) en el que indican que por lo menos un uso fue registrado en 104 de las 136 especies de palmeras de esa región, habiendo registrado un total de 268 diferentes usos en 16 categorías. Entre estos usos de las palmeras amazónicas predominan la construcción, alimentación, creación de artesanías y el uso medicinal. 109 palmeras peruanas tienen un nombre vernáculo, y su conocimiento en etnobotánica y botánica económica es esencialmente descriptivo, lo que nos indica que se requiere mayor investigación de estas especies a nivel genético (Albán et. al, 2008).

¿Qué nos falta conocer?

Durante el 2019, científicos nombraron por primera vez 1,942 especies de plantas y 1,886 especies de hongos para la ciencia. Y aunque a veces la percepción general es que se conocen todas las especies que habitan la tierra, estamos, como humanidad, muy lejos de la realidad. Incluso hay especies que recién se conocen y ya tienen un grado de amenaza de extinción (KEW, 2020). Por eso es tan importante salir a explorar y conocer las especies que habitan nuestros ecosistemas, para poder estudiarlas de cerca y conocer su estado de conservación, solo así podremos tomar acciones para protegerlas, y es por eso por lo que necesitamos una institución dedicada a estas acciones de manera sistemática: un jar-

dín botánico nacional.

Uno de los pilares más importantes de los jardines botánicos modernos es la investigación. En el Perú, las instituciones públicas y privadas dedicadas a la botánica se encuentran tradicionalmente en el ámbito académico y de institutos de investigación. Estas realizan diversas investigaciones, incluyendo estudios taxonómicos que clasifican jerárquicamente la diversidad vegetal a nivel genético y morfológico, ecológicos, de fisiología vegetal descubriendo propiedades fitoquímicas y nutricionales, y estudios aplicados que incluyen conocer el potencial que tienen como recurso sostenible, etc., estas investigaciones contribuirán a desarrollar estrategias para priorizar su conservación.

Los resultados de estas investigaciones son publicados en revistas especializadas y los datos crudos son almacenados rigurosamente por los generadores de información, muchas veces en base de datos de acceso restringido o semi restringido que se comparten con otros usuarios, como investigadores, estudiantes, o tomadores de decisiones de las políticas de conservación del estado o de lo que requieran. En este ámbito, los jardines botánicos tienen un rol clave de conectar a las instituciones a través de una gran red para compartir y fortalecer esfuerzos de investigación antes mencionados, además de canalizar información, desarrollo de capacidades, implementación de técnicas y equipos innovadores, con laboratorios dedicados a

investigación de mediano y largo plazo, que puedan monitorear ecosistemas vulnerables y las especies que los conforman.

Educando, Conociendo, Protegiendo

La ciencia es el corazón de un jardín botánico, en ella se basan los planes de conservación, educación y sensibilización, que se transmiten a sus visitantes, que incluyen desde niños en edad preescolar hasta ciudadanos de la tercera edad, a estudiantes de colegio como a estudiantes de posgrado e investigadores (no solo nacionales sino de cualquier parte del mundo), que quieran conocer más sobre la gran diversidad florística que el Perú alberga.

Es que la frase «solo se protege lo que se conoce y valora» refuerza la importancia de las colecciones vivas *ex situ* (donde se salvaguardan fuera de su lugar de origen), pues es en algunos casos la única oportunidad de una persona de conocer la flora de lugares remotos, como puede ser, por ejemplo, para los habitantes de la costa la flora de la selva, de la alta montaña, o de las sabanas tropicales. Se encontrará con exhibiciones curadas y cultivadas rigurosamente por especialistas botánicos y horticultores, convirtiendo el destino para el visitante en una gran vitrina de la biodiversidad peruana, cuyas historias lo motivará a querer conservarlas.

La visión para el Jardín Botánico Nacional del Perú es la de ser una institución con nodos regionales distribuidos en lugares estratégicos, con prioridades de conservación para su flora y ecosistemas repre-

sentativos; que sea un lugar de excelencia, innovación, e investigación, donde confluyen los científicos con los ciudadanos. El fin es que la naturaleza alcance a todos los habitantes de nuestras ciudades, sobre todo a quienes más lo necesitan, para contribuir con su bienestar y motivarlos a ser partícipes de su conservación.

Tenemos en las manos

grandes razones para priorizar los esfuerzos de la conservación de nuestra flora. Literalmente podemos decir que sin las plantas no podríamos vivir (¡producen el aire que respiramos!), dependemos de ellas en cada aspecto de nuestro día a día, desarrollando conexiones muy especiales con ellas. Te invito a hacer una lista donde incluyas todas las maneras

en las que has usado recursos provenientes de las plantas en las últimas 24 horas, luego compártela con tu familia y amigos, y conversen sobre la importancia de las plantas, así estarás contribuyendo a reducir la ceguera vegetal que nos invade hasta que se haga realidad nuestro #JardínBotánico-NacionalYa!

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alban, J., Millan, B. y Kahn, F. (2008). «Situación actual de la investigación etnobotánica sobre palmeras de Perú». *Rev. Peru biológico* 15 (1): 133-142.
- Brack, A. (2006). *Diccionario enciclopédico de las plantas útiles del Perú*. Centro de Estudios Regionales Andinos Bartolomé de las Casas-PNUD.
- Butler, R. (2016). «The top 10 most biodiverse countries». <https://news.mongabay.com/2016/05/top-10-biodiverse-countries/>
- Dillehay, T., Rossen, J., Andres, T. y Williams D. (2007). Pre-ceramic adoption of peanut, squash, and cotton in northern Peru. *Science* 316(5833):1890-3.
- Huamantupa, I., Cuba, M., Urrunaga, R., Paz, E., Ananya, N., Callalli, M., Pallqui, N. y Coasaca, H. (2011). «Riqueza, uso y origen de plantas medicinales expendidas en los mercados de la ciudad del Cusco». *Rev. Perú biológico* 18(3).
- KEW. Royal Botanic Gardens. (2020) *State of the World Plants*. doi.org/10.34885/172
- León, B., Pitman, N., y Roque, J. (2006). Introduction to the endemic plants of Peru. *Revista Peruana de biología*, 13(2), 9s-22s.
- MINAM. (2014). «La Estrategia Nacional de Diversidad Biológica Al 2021 y su Plan de Acción 2014-2018».
- MINAM. (2019). «Sexto Informe Nacional Sobre Diversidad Biológica – La Biodiversidad en Cifras».
- Peralta, P. (2019). *12 años de Agricultura Andina*. Universidad Nacional Agraria La Molina: Patronato Molinero.
- Reynel, C., Terence D. Pennington & R. Toby Pennington. (2016). *Árboles del Perú*. NERC, FDA, Darwin Initiative, RBGE, Aprodes.
- Silva, J., Cabrera, J., Trujillo, O. y Reyes-Mandujano, I. (2019). «Características de las plantas medicinales comercializadas en diferentes mercados de Lima Metropolitana y sus efectos sobre el medio ambiente y la salud pública». *Horizonte Médico* 19(4), 63-69. <https://dx.doi.org/10.24265/horizmed.2019.v19n4.09>
- Ugent, D. y Ochoa, C. (2006). *La Etnobotánica del Perú- Desde la Prehistoria al Presente*. Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica.



3

INVESTIGACIÓN EN EL PERÚ

Insectos en la agricultura

Floro Ortiz Contreras

Una de las características del Antropoceno o Edad de los Humanos es la pérdida de diversidad. Estudios recientes demuestran que estamos camino a una sexta gran extinción y, en las últimas décadas, se ha evidenciado de una manera notable la pérdida de especies de plantas y animales. Si bien se conocen cinco grandes extinciones gracias a los fósiles, en el caso de los insectos, probablemente sea la primera vez que sufran esta extinción en la historia de nuestro planeta. Así, esta no sería la sexta extinción masiva de insectos; de hecho, puede convertirse en la primera y, tal vez, la última para los insectos (Schachat y Labandeira, 2021).

El número de plantas y animales que actualmente están en peligro de extinción se estima en más de 41 000 especies. Esta cifra se deriva de las evaluaciones de muchos grupos de plantas, invertebrados y vertebrados terrestres, de agua dulce y marinos, a los cuales se les evalúa utilizando las categorías y criterios de la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) que es el estándar global para evaluar el riesgo relativo de extinción de cada especie. En promedio, el 28% de las especies evaluadas están amenazadas, es decir, han sido clasificadas como «En Peligro Crítico, En Peligro o Vulnerables». Se conocen ciertos grupos por estar considerablemente más amenazados como los anfibios (41%), tiburones (31%) y corales (33%), los cuales

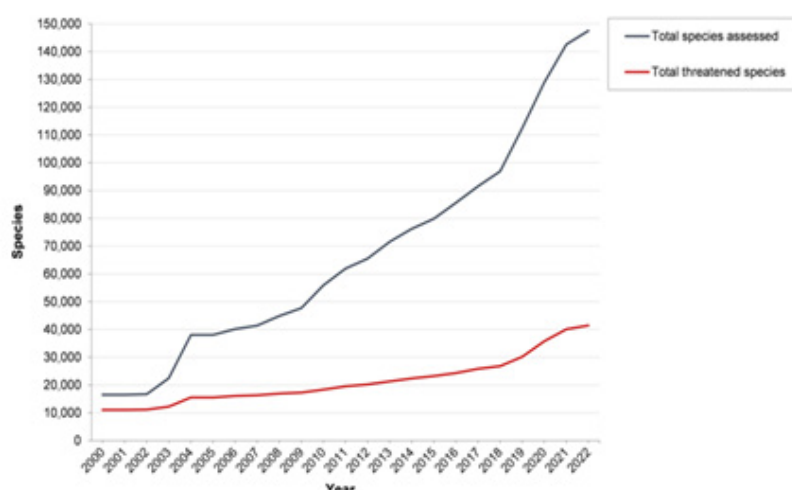


Figura 1. Aumento en el número de especies evaluadas para la Lista Roja de Especies Amenazadas™ de la UICN (2000–2022; versión 2022-1)
Fuente: IUCN, 2022

cuentan con datos históricos y se ha evidenciado su extinción desde 1990. Sin embargo estas cifras surgen de los grupos de plantas y animales más estudiados del cual se cuenta con suficiente información (UICN, 2022).

Actualmente, el Programa Mundial de Especies de la UICN gestiona datos de más de 147 500 especies, y se espera que este número aumente sustancialmente en los próximos años gracias a la ciencia ciudadana. Más de 139 600 especies, principalmente vertebrados y plantas, están bien documentadas, con información de apoyo sobre ecología, tamaño de la población, amenazas, acciones de conservación y utilización. Es así como se conoce que el 91% de mamíferos y el 100% de aves están descritos; sin embargo, no todos los grupos de animales están

bien representados. Por ejemplo, aunque el grupo de los invertebrados es uno de los más grandes, solo se ha descrito al 10%, y dentro de este están los insectos, que solo han sido evaluados en apenas el 1% (Heberling et al., 2021). Para mejorar la representación de este importante grupo de invertebrados la UICN ha priorizado algunos grupos de insectos, arácnidos y moluscos.

Se estima que alrededor del 97% de todos los animales del planeta son invertebrados como los gusanos, caracoles, arañas, insectos, entre otros. De este grupo los insectos representan más de la mitad y son los más abundantes y diversos. Actualmente hay más de un millón de especies de insectos descritas y conocidas donde solo los coleópteros o escarabajos ya tienen más de 400

000 especies descritas (McKenna et al., 2019). Sin embargo, se estima que aún hay mucho por descubrir y describir. Las estimaciones más conservadoras calculan 5.5 millones de especies de insectos como número total de especies vivas en nuestro planeta (Eggleton, 2020); otras estimaciones mencionan entre 5 y 10 millones de especies (García-Robledo et al., 2020). Por esta razón resulta evidente que los insectos representan una enorme proporción de la diversidad animal. En los próximos años se prevé que el número de especies descritas incrementará debido al aumento en los estudios de insectos, y al descubrimiento e identificación de nuevas especies; además, las nuevas tecnologías utilizadas en la taxonomía y sistemática, como el ADN, están abriendo todo un campo nuevo. Por otra parte, la ciencia ciudadana, a través del uso de aplicativos móviles que capturan fotografías y graban sonidos, está promoviendo la recopilación de datos a nivel mundial.

Los insectos no solo son diversos sino también son numerosos. Se estima que existen alrededor de 10 quintillones de individuos de insectos comparados con los 7.9 millones de humanos. La biomasa en peso seco de todos los insectos de todo el mundo es aproximadamente 200 millones

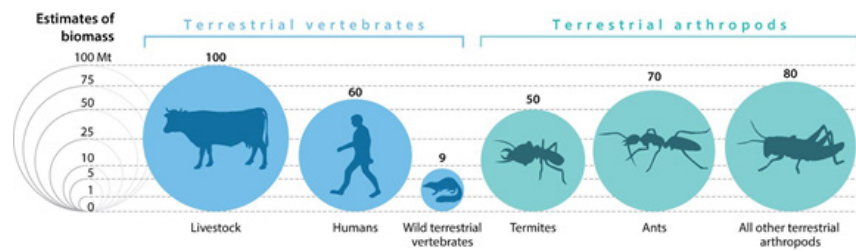


Figura 3. Biomasa en carbono seco estimada para grupo de animales, contrastando los vertebrados y los artrópodos terrestres. Se observa la contribución de los invertebrados resaltando el aporte de hormigas y termitas. Fuente: Eggleton, 2020

de toneladas de carbono, esto es, aproximadamente, tres veces el peso de todos los humanos, el doble del peso del ganado animal y más de veinte veces el peso de otros animales terrestres. En esta comparación hay algunos grupos de insectos como las hormigas y termitas que son más numerosos y solo estos representan unos 120 millones de toneladas de carbono.

Queda claro que los insectos son numerosos y diversos, además de ser muy especializados; sin embargo, a pesar del creciente consenso en la gran diversidad de insectos, sigue existiendo mucha incertidumbre sobre la riqueza de especies. Los insectos habitan todos los ecosistemas naturales y ecosistemas urbanos como son nuestras ciudades y pueblos incluso los polos y los océanos, pero se estima que el 85 % de la diversidad mundial se encuentra en los trópicos y en el hemisferio sur

donde, a menudo, se describen como híper diversos y altamente especializados (García-Robledo et al., 2020).

A pesar de su omnipresencia en nuestro planeta los insectos siguen siendo uno de los grupos de seres vivos más temidos, odiados y, a nivel académico, no sabemos cuántos son, quiénes son las especies, qué hacen o dónde se encuentran, con quienes interactúan o cómo viven.

Los insectos se definen como una clase (*Insecta*) y se dividen en unos 29 órdenes, agrupándose por semejanzas y características en común. Los más grandes y conocidos de estos órdenes son: los lepidópteros, que agrupa a las mariposas y polillas; los coleópteros, que agrupa a los escarabajos; los himenópteros, que agrupa a las abejas, hormigas y avispas; los dípteros, que agrupa a las moscas, mosquitos y zancudos; los hemípteros, que agrupa a chinches; los orthoptera, que agrupa a los grillos, saltamontes, entre otros. Esta gran diversidad de formas, tamaños, colores, está acompañado de comportamientos y ciclos de vida que hacen a los insectos muy versátiles. Hoy se sabe que los insectos cumplen diferentes roles en los ecosistemas como depredadores, herbívoros, descomponedores y parásitos, principalmente. Fueron los primeros en volar y desarrollar diferentes estrategias de creci-

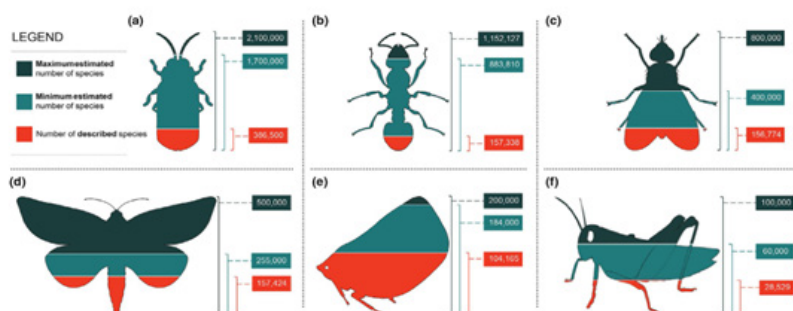


Figura 2. Se muestra el número de especies descritas (en rojo), el número mínimo estimado (azul claro) y el número máximo estimado (azul oscuro) para 6 órdenes de insectos: (a) Coleópteros, (b) Himenópteros, (c) Dípteros, (d) Lepidópteros, (e) Hemiptera y (f) Orthoptera. Fuente: García-Robledo et al., 2020.

Tabla 1
Número estimado de especies descritas del orden de insectos

Orden	Nombre común	Hábito alimenticio	Servicio ecosistémico	Número de especies descritas
Blattodea	Cucarachas, termitas	Detritívoros	Soporte: descomposición vegetal	5,710
Coleoptera	Escarabajos	Varios	Regulación: Control biológico	392,415
Dermaptera	Tijeretas	Detritívoros	Soporte: descomposición vegetal	1,982
Diptera	Moscas verdaderas	Varios	Soporte: descomposición animal, Abastecimiento: polinización	160,591
Ephemeroptera	Moscas de mayo	predadores acuáticos	Regulación: Control biológico	3,281
Hemiptera	Chinches	herbívoros/predadores	Regulación: Control biológico	104,165
Hymenoptera	Abejas, avispas, abejorros y hormigas	Predadores/ herbívoros	Regulación: Control biológico Abastecimiento: Polinización	152,677

Mantodea*	Mantis	Predadores	Regulación: Control biológico	2,447
Neuroptera	Neuroptera	Predadores	Regulación: Control biológico	5,937
Odonata	Libélulas y caballitos del diablo	predadores acuáticos	Regulación: Control biológico	6,650
Orthoptera	Saltamontes, grillos, falso palito	Herbívoros	Regulación: Control biológico	24,481
Phasmida*	insecto palo	Herbívoros	Regulación: Control biológico	3,270
Plecoptera	Plecoptera	Herbívoros acuáticos	Regulación: Control biológico	3,930
Psocodea	Booklice, true lice	Parasites/detritivores	Regulación: Control biológico	10,746
Siphonaptera	Pulgas	parásitos	Regulación: Control biológico	2,086
Thysanoptera	Thrips	Herbívoros	Regulación: Control biológico	6,157
Trichoptera	Trichoptera	Aquatic predators	Regulación: Control biológico	15,233

Fuente: Eggleton, 2020

miento para evitar la competencia entre los juveniles y las larvas de una misma especie, haciendo que las larvas se alimenten y vivan de diferente manera y en diferentes lugares que los adultos (Engel, 2015). Su evolución de un hábito de alimentación de plantas puede haber llevado a su diversificación masiva, ya que tuvieron que diversificarse para lidiar con las múltiples defensas de las plantas; posteriormente hubo estrecha relación y coevolución con las plantas con flores, las Angiospermas (van der Kooi & Ollerton, 2020), por lo que, incluso hoy en día, se observa una fuerte relación entre las flores de las orquídeas y sus polinizadores.

La historia de vida, evolución, abundancia y diversidad de los insectos nos demuestra la importancia de estos para nuestro planeta ya que todos, sin excepción, nos brindan servicios ecosistémicos. Estos servicios se organizan en cuatro grupos: soporte, abastecimiento, regulación y culturales (Martín, Gómez y Montes, 2009).

SopORTE

Los insectos son muy importantes en la macro descomposición de hojas, madera y la eliminación de estiércol y carroña, contribuyendo en el ciclo de nutrientes, la formación del suelo y la purificación del agua. Las cucarachas y termitas son especialmente eficaces en este trabajo donde, gracias a la simbiosis de su sistema digestivo con bacterias, son capaces de degradar los troncos de los árboles y, gracias a ello, los bosques se mantienen saludables.

Regulación

Los insectos herbívoros regulan las poblaciones de plantas



Figura 1. *Aeglocryptus cleonis* hembra
Avispa parasitoide de la familia Ichneumonidae. Fotografía de Mabel Alvarado

al comérselas. Asimismo, existen muchos insectos depredadores que se alimentan de otros insectos e incluso de anfibios y mamíferos pequeños. En los insectos se observa el parasitoidismo, donde un grupo de avispas llamadas «avispa parasitoides» (imagen 1) ponen sus huevos encima, al lado o dentro de la víctima que debe estar paralizada y aún viva, los huevos se desarrollan en larvas y estas se comen a la víctima viva. Esta forma de reproducción se observa en seres de otro mundo como en la película *Alien: El Octavo Pasajero* (1979). Debido a la eficacia de las avispas parasitoides —un solo parasitoide puede poner cientos de huevos y matar cientos de otros insectos— son utilizadas para controlar plagas. Otra ventaja es su alta especificidad, pues las avispas suelen ser como misiles teledirigidos para encontrar a sus presas; y, por último, son organismos que autorregulan sus poblaciones dependiendo de la presencia de la plaga y no dejan residuos tóxicos como

los insecticidas. estas características los convierten en perfectos para el control biológico, el cual ya está siendo utilizado.

Culturales

Los insectos influyen e influyeron en nuestra cultura y nuestro desarrollo como civilización de muchas maneras. Lo más evidente y directa son los muchos perjuicios a los cultivos agrícolas, la madera, los productos almacenados y animales domésticos. También son vectores de enfermedades, los mosquitos de la familia Culicidae son considerados los animales que más humanos mata cada año ya que son insectos vectores de enfermedades como el paludismo, la malaria y dengue que son las principales causas de hospitalización y muerte de niños en el trópico; la pulga de la peste negra - *Xenopsylla cheopis* fue causante de la muerte de alrededor 200 millones de personas en el siglo XIV. Las moscas y cucarachas siempre son sinónimos de suciedad y enfermedades, aunque en la realidad las moscas sean más

polinizadoras y las cucarachas una pieza indispensable en los bosques. Desde los primeros textos se ha mencionado de manera desfavorable como en la biblia que hace referencia a la plaga de langostas o en la edad media donde los insectos eran símbolo de muerte y decadencia, sin embargo, hay algunas excepciones. Según la mitología egipcia los escarabajos peloteros de la Familia Scarabidae (**Foto 2**) eran la representación del dios Jepri o Khepri, a veces empujando un disco solar que simboliza al dios Ra por el cielo. En nuestra cultura pop también está presente desde la literatura con la obra de La Metamorfosis de Frank Kafka (1915) hasta series animadas infantiles como La Abeja Maya (1975). Actualmente es fuente de inspiración en diseñadores de moda, esto debido a su gran diversidad de colores y diseños corporales. Los enjambres de abejas poseen una estructura particular donde la inteligencia de cada individuo es simple y fácil de programar, sin embargo, la inteligencia del enjambre es más

compleja y surge de la suma de inteligencia individuales, este comportamiento los hace interesante para modelos de inteligencia artificial.

Por su parte en los estudios de investigación y conservación están siendo muy utilizados como bio-indicadores de la calidad ambiental de ecosistemas como bosques, ríos, campos de cultivo y recientemente en ciudades. Algunos grupos de insectos han sido utilizados para medir la intensidad de impactos de actividades extractivas o productivas sobre los ecosistemas, también son candidatos ideales para el desarrollo de programas de inventario y monitoreo de la biodiversidad, porque cumplen con muchos de los criterios para la selección de grupos indicadores de diversidad, procesos ecológicos o del impacto de actividades antrópicas, por último algunos grupos requieren ser considerados en iniciativas de conservación debido al alto endemismo, vulnerabilidad a la extinción que presentan y por el desconocimiento de las relacio-

nes y funciones que cumplen en los ecosistemas

Abastecimiento

Probablemente el principal servicio ecosistémico brindado por los insectos es en nuestra alimentación, el 90% de la polinización de plantas silvestres y tres cuartas partes de cultivos para consumo humano son polinizados por insectos. En los últimos años la agricultura intensiva ha reducido notablemente la población de insectos polinizadores evidenciando el desequilibrio ecológico, recientemente se han publicado estudios evidenciando la extinción de abejas (Zattara & Aizen, 2021) y otros insectos por el uso indiscriminado de agroquímicos, el cambio climático, la deforestación, uso de insecticidas, contaminación, urbanización, especies introducidas, incendios forestales y enfermedades (Díaz et al., 2019; Eggleton, 2020; Wagner et al., 2021). La extinción de los insectos además de ser un problema ambiental está generando problemas en la economía, en los últimos años se ha podido estimar el valor económico de la polinización, en Estados Unidos a nivel nacional estimaron que el valor de los polinizadores silvestres es más alto en la manzana, con un valor de \$ 1,06 mil millones, en la cereza dulce (\$145 millones), sandía (\$146 millones), calabaza (\$101 millones), arándanos (\$50 millones) y cereza ácida (\$32 millones), totalizando aproximadamente \$1.5 mil millones solo en estos cultivos (Reilly et al., 2020). Los polinizadores no fueron los únicos servicios cuantificados, el servicio prestado por el escarabajo pelotero se valora en 380 millones de dólares por año en Estados Unidos.



Figura 1. Escarabajo pelotero de la familia Scarabidae
Escarabajo pelotero de la familia Scarabidae, *Oxysternon conspicillatum*, especie presente en los bosques montanos de Ayacucho. ©Luis Figueroa

La intensificación agrícola, expansión y simplificación se ha acelerado en los últimos siglos causando muchos cambios en la composición de las comunidades de insectos y contribuyendo al colapso de la biodiversidad. Las investigaciones apuntan a la importancia del papel multifuncional de los paisajes agrícolas para la biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas; y bienestar humano. Es decir que es posible gestionar los campos de cultivo con parches de bosque para beneficiar a la biodiversidad y a las personas (Estrada-Carmona et al., 2022). Por lo tanto, la gestión de los paisajes agrícolas para apoyar la conservación de la biodiversidad requiere cambios estructurales profundos en todo el mundo. Donde las intervenciones agrícolas deben ser a nivel de paisaje para detener y revertir la disminución de la biodiversidad, aumentar los servicios ecosistémicos mediados por la biodiversidad en los paisajes agrícolas y mejorar la resiliencia y adaptabilidad de estos ecosistemas. (Estrada-Carmona et al., 2022).

Además de los servicios ecosistémicos que brindan los insectos hoy en día y gracias a la domesticación hemos empezado a utilizarlos como aliados en la producción agrícola para mejorar la calidad y productividad entre los ejemplos más notorios tenemos a las abejas - *Apis mellifera* la cual es una especie europea que se ha extendido su uso para la polinización de arándanos y palta, o también tenemos al gusano de seda - *Bombyx mori* del cual extraemos la seda y le hemos privado de su capacidad de volar y actualmente es una especie que no podría sobrevivir sin la intervención humana.

Los insectos también tienen potencial farmacéutico y durante mu-

chos siglos y culturas se ha utilizado en la medicina tradicional. China utiliza alrededor de 300 especies de insectos. En China, África del Sur y México los chinches se utilizan como analgésicos y en varios países europeos está autorizado el uso clínico de larvas de moscas para la cicatrización de heridas. Además, la industria farmacéutica tiene buenas expectativas en cuanto a los insectos debido a que su sistema inmunitario compuesto por péptidos antimicrobianos (PAM) que es muy eficaz contra bacterias y hongos, donde cada especie cuenta con un arsenal propio.

La gastronomía es otro campo aún por descubrir, el consumo de los insectos además de ser una práctica ancestral por algunas culturas también es dinámico y evolutivo donde ha estado ganando terrenos de la zona rural hacia las urbanas, es así que hay países tradicionales en la entomofagia como China o México y recientemente países como Tailandia, Camerun, Zimbabwe y Francia han empezado a consumir insectos. La entomofagia en el Perú menciona que existen alrededor de 186 especies que se consumen y resalta el alto contenido de proteínas, ácidos grasos, minerales y otros nutrientes por lo que se estima jugarán un rol importante en la seguridad alimentaria.

Por lo tanto, es más que evidente la importancia de los insectos para el planeta, los ecosistemas, los campos de cultivo, nuestras ciudades y nuestra cultura. Sin embargo, a pesar de esta evidente importancia se desconoce mucho sobre ellos y es principalmente por la falta de investigadores, investigaciones y datos.

En los últimos años y gracias al aporte de la tecnología, la digitalización de muestras de museos y el surgimiento de la ciencia ciu-

dadana y con ella los aplicativos ha hecho posible generar datos accesibles sobre la información de biodiversidad global. (Heberling et al., 2021). Actualmente, muchas de las fuentes más ricas de datos de presencia de insectos se derivarán de los esfuerzos científicos de la comunidad a través de la ciencia ciudadana. Por ejemplo, si el crecimiento de iNaturalist continúa al ritmo actual, la cantidad de datos de ocurrencia a nivel de especie para insectos identificables visualmente puede superar la de cualquier otra fuente.

De particular valor serán los datos de la comunidad derivados de encuestas metodológicamente estandarizadas y repetidas anualmente, como el Big Butterfly Count del Reino Unido, el conteo del 4 de julio de la North American Butterfly Association y recientemente las iniciativas mundiales de The Home River Bioblitz o The Great South o Great Southern Bioblitz cuyo objetivo es generar conciencia en la ciudadanía y coleccionar datos. Hay un creciente registro de insectos utilizando aplicativos de ciencia ciudadana (Wagner et al., 2021).

Estos datos ayudarán establecer estrategias generales sin embargo aún hace falta más estudios específicos que nos ayuden a responder problemas actuales, la polinización es un tema que falta mucho por estudiar lo que se conoce más es en ecosistemas agrícolas, sin embargo, se desconoce la polinización en ecosistemas naturales como son los bosques. Para poder recuperar y restaurar un ecosistema los insectos juegan un rol clave donde son el engranaje que conecta las plantas con los vertebrados.

La educación ambiental es otro eje muy importante en el

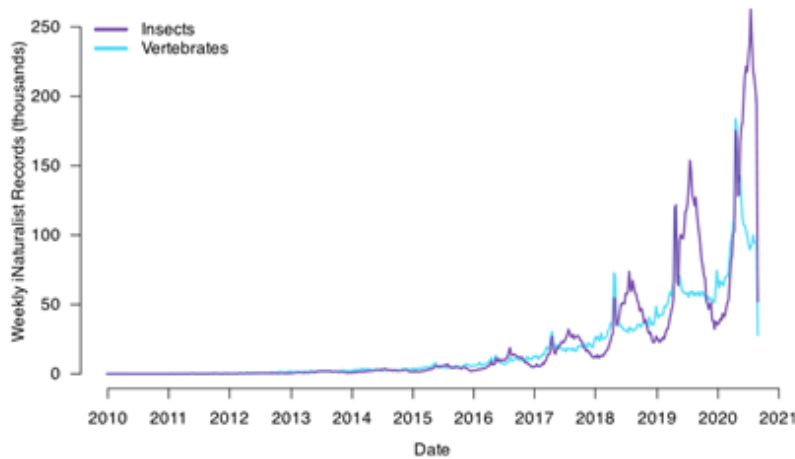


Figura 4. Popularidad de iNaturalist

La línea morada (insectos) y azul (vertebrados) muestran la cantidad de datos recolectados a través de la ciencia ciudadana utilizando el app iNaturalist desde 2010 hasta el 2021. Fuente: (Wagner et al., 2021).

cual se tiene que trabajar, el repudio y asco ha generado un desconocimiento y desinterés sobre los insectos, tanto en el público en general como en los círculos académicos o políticos.

La recuperación de los saberes y conocimientos ancestrales en torno a los insectos es otro eje sobre el cual debería trabajarse, no existen muchos registros de la

importancia, uso y manejo de los insectos en los pueblos andinos que fueron sociedades agrícolas y evidentemente los insectos siempre está más relacionados a los cultivos. Probablemente ellos tenían conocimientos de controlar plagas sin pesticidas que es uno de los pilares de la agroecología. Además, recuperar los saberes ancestrales sobre

los insectos nos ayudará a afianzar nuestra identidad sobre el territorio, ya que existen muchos cuentos, leyendas y mitos que nos dan un mensaje y hablan del origen de algunos insectos y plagas.

Para concluir, hoy en día estos pequeños bichos se vuelven nuestros aliados para lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible puesto que están involucrados directamente en tres de los ODS:

- ODS15 Vida de ecosistemas terrestres a través de los servicios ecosistémicos que brindan.
- ODS1 Fin de la pobreza, a través de los beneficios económicos de los subproductos en comunidades campesinas como la miel y el polen.
- ODS2 Hambre cero, contribuyen en la agricultura a través de la polinización, y próximamente serán la fuente de proteína.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Díaz, S., Settele, J., Brondízio, E. S., Ngo, H. T., Agard, J., Arneth, A., Balvanera, P., Brauman, K. A., Butchart, S. H. M., Chan, K. M. A., Garibaldi, L. A., Ichii, K., Liu, J., Subramanian, S. M., Midgley, G. F., Miloslavich, P., Molnár, Z., Obura, D., Pfaff, A., ... Zayas, C. N. (2019). Pervasive human-driven decline of life on Earth points to the need for transformative change. *Science*, 366(6471), eaax3100. <https://doi.org/10.1126/science.aax3100>
- Eggleton, P. (2020). The State of the World's Insects. *Annual Review of Environment and Resources*, 45(1), 61-82. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-012420-050035>
- Engel, M. S. (2015). Insect evolution. *Current Biology*, 25(19), R868-R872. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2015.07.059>
- Estrada-Carmona, N., Sánchez, A. C., Remans, R., & Jones, S. K. (2022). Complex agricultural landscapes host more biodiversity than simple ones: A global meta-analysis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 119(38), e2203385119. <https://doi.org/10.1073/pnas.2203385119>
- García-Robledo, C., Kuprewicz, E. K., Baer, C. S., Clifton, E., Hernández, G. G., & Wagner, D. L. (2020). The Erwin equation of biodiversity: From little steps to quantum leaps in the discovery of tropical insect diversity. *Biotropica*, 52(4), 590-597. <https://doi.org/10.1111/btp.12811>
- Heberling, J. M., Miller, J. T., Noesgaard, D., Weingart, S. B., & Schigel, D. (2021). Data integration enables global biodiversity synthesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(6), e2018093118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2018093118>

- McKenna, D. D., Shin, S., Ahrens, D., Balke, M., Beza-Beza, C., Clarke, D. J., Donath, A., Escalona, H. E., Friedrich, F., Letsch, H., Liu, S., Maddison, D., Mayer, C., Misof, B., Murin, P. J., Niehuis, O., Peters, R. S., Podsiadlowski, L., Pohl, H., ... Beutel, R. G. (2019). The evolution and genomic basis of beetle diversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(49), 24729-24737. <https://doi.org/10.1073/pnas.1909655116>
- Reilly, J. R., Artz, D. R., Biddinger, D., Bobiwash, K., Boyle, N. K., Brittain, C., Brokaw, J., Campbell, J. W., Daniels, J., Elle, E., Ellis, J. D., Fleischer, S. J., Gibbs, J., Gillespie, R. L., Gundersen, K. B., Gut, L., Hoffman, G., Joshi, N., Lundin, O., ... Winfree, R. (s. f.). *Crop production in the USA is frequently limited by a lack of pollinators*. 8.
- Schachat, S. R., & Labandeira, C. C. (2021). Are Insects Heading Toward Their First Mass Extinction? Distinguishing Turnover From Crises in Their Fossil Record. *Annals of the Entomological Society of America*, 114(2), 99-118. <https://doi.org/10.1093/aesa/saaa042>
- The IUCN Red List of Threatened Species*. (2022). IUCN Red List of Threatened Species. Recuperado 19 de abril de 2022, de <https://www.iucnredlist.org/es>
- van der Kooij, C. J., & Ollerton, J. (2020). The origins of flowering plants and pollinators. *Science*, 368(6497), 1306-1308. <https://doi.org/10.1126/science.aay3662>
- Wagner, D. L., Grames, E. M., Forister, M. L., Berenbaum, M. R., & Stopak, D. (2021). Insect decline in the Anthropocene: Death by a thousand cuts. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(2), e2023989118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2023989118>
- Zattara, E. E., & Aizen, M. A. (2021). Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 4(1), 114-123. <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005>

INSECTOS EN LA AGRICULTURA

La historia de vida, evolución, abundancia y diversidad de los insectos nos demuestran la importancia de estos para nuestro planeta ya que todos sin excepción nos brindan servicios ecosistémicos. Se distinguen cuatro grupos: soporte, abastecimiento, regulación y culturales:



Soporte

Los insectos contribuyen en el ciclo de nutrientes y la formación de suelos son muy importantes en la macro descomposición de hojas, madera y la eliminación de estiércol y carroña contribuyendo en el ciclo de nutrientes, la formación del suelo y la purificación del agua.



Regulación

Los insectos herbívoros regulan las poblaciones de plantas al comérselas, son organismos que autorregulan sus poblaciones dependiendo de la presencia de la plaga y no dejan residuos tóxicos como los insecticidas. Estas características los convierten en perfectos para el control biológico.



Culturales

Los insectos influyen e influyeron en nuestra cultura y nuestro desarrollo como civilización de muchas maneras. Desde menciones desfavorables como en la biblia con la plaga de langostas o en la edad media donde los insectos eran símbolo de muerte y decadencia, hasta ser fuente de inspiración en diseñadores de moda, esto debido a su gran diversidad de colores y diseños corporales.



Abastecimiento

Probablemente el principal servicio ecosistemico brindado por los insectos es en nuestra alimentación, el 90% de la polinización de plantas silvestres y tres cuartas partes de cultivos para consumo humano son polinizados por insectos. Las investigaciones apuntan a la importancia del papel multifuncional de los paisajes agrícolas para la biodiversidad y resiliencia de los ecosistemas; y bienestar humano.



4

INVESTIGACIÓN EN MARCHA



El Perú productivo y diverso, sobre los hombros de la ciencia

Hans Huerto Amado

En el Índice Global de Agrobiodiversidad, de Bioversity International, el Perú obtiene una puntuación media-alta, por sus recursos genéticos para opciones futuras y la agrobiodiversidad en los mercados y el consumo para dietas saludables, mas no por la contribución de la agrobiodiversidad en la producción, con su potencial desaprovechado en la producción agrícola. Pese a las políticas existentes sobre agrobiodiversidad, la falta de estrategias y objetivos específicos para su uso sostenible y su conservación, según el índice, la amenazan. Así que aumentar su peso en la productividad y competitividad de la economía nacional urge para atraer actores y despertar el debate sobre la importancia de su protección.

La ciencia, tecnología e innovación se presentan en este escenario como catalizadores de este proceso. A continuación, exponemos cuatro iniciativas en esta línea.

Una goma natural y comestible que reemplaza plásticos y sucedáneos

Para el año 2023, España planea prohibir al 100% el uso de plásticos en el expendio de verduras y frutas en presentaciones de menos de kilo y medio, en línea con campañas como la de Greenpeace,

“¡Desnuda la frutal!”, donde el consumidor toma acción contra la contaminación que suponen los plásticos de un solo uso en las comidas. El empleo de estos envoltorios persigue, en muchos casos, proteger y alargar la vida en anaquel de frutas y verduras. Pero en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM), con apoyo del Concytec, se ha desarrollado una alternativa desde el estudio de una pequeña semilla, de apenas milímetros, proveniente de un fruto del que producimos toneladas cada año (90% de la producción mundial).

La tara (*Caesalpinia spinosa*), originaria de Los Andes, es un árbol que pertenece a la familia de las leguminosas, tiene aplicaciones alimenticias, maderables, combustibles y medicinales, esta última por las propiedades astringentes de sus vainas. Además, el uso de sus semillas sirve para obtener goma como aditivo de alimentos.

El proyecto consiste en la colecta de semillas de tara para la obtención de su goma, a la que se agregan sustancias espesantes, uniformizantes, plastificantes y antimicrobianas que mejoran la estructura de este fluido natural que le permiten adherirse correctamente a la superficie de frutas y hortalizas, recubriéndolas y evitando daños de agentes

externos, mecánicos y biológicos. «Así mejoramos su calidad para una buena aptitud comercial», señala el ingeniero Alcides Román Peña, investigador principal del proyecto.

En el Perú, la agroexportación es la segunda actividad económica más rentable, únicamente superada por la minería, y representa cerca del 20% de la economía nacional, con productos como las uvas, los arándanos, las paltas, los mangos y las mandarinas representando cerca del 80% de las exportaciones de frutas desde suelo nacional. Varias de estas y otras como el café, cacao, arroz, hortalizas y frutales nativos sufren durante el manejo en la poscosecha (y por las largas distancias que varios de ellos deben recorrer hasta llegar a los puntos de acopio para la venta y exportación), pues debido a su pronta maduración pueden quedar arruinados si el proceso de conservación falla.

En tal sentido, y para potenciar la competitividad y lograr mayores beneficios económicos para productores y agroindustriales, el equipo de Román Peña desarrolló esta goma comestible que recubre frutos para prolongar su vida.

Al menos hace dos años se empezó a avanzar en la validación y uso agroindustrial de esta iniciativa, mediante eva-

luaciones constantes para determinar la mejor formulación y concentración de este biopólímero.

A 2022, la goma ya atravesó las validaciones pendientes y sigue a la espera de inyecciones de capital para pasar a la etapa de comercialización, viendo como una gran oportunidad el giro mundial hacia los empaques y métodos de protección más ecoamigables para la comida. E impulsando así el cultivo y comercio responsable de más de las especies únicas que componen la biodiversidad del Perú.

Por la conservación de los cactus

Un cactus de hasta 5 m de altura esconde sus espinas tras una esponjosa capa de lana blanca: la extraña apariencia de la *Espostoa lanata* o anciana peruana, una especie de cactus andino que con un mínimo de agua gobierna arriba de los 2 000 m.s.n.m. en regiones como Cajamarca, Lambayeque o Piura, es apenas una de las 250 especies y subespecies de cactáceas en el país.

Las cactáceas son conocidas en conjunto como cactus y son plantas suculentas originarias de América, especialmente prósperas y abundante en el Perú y Bolivia, después de México y los Estados Unidos.

Desde las que florecen en extrañas formas y colores, hasta las que entregan el fruto más dulce de la nada, y las que se consumen como parte de varios rituales ancestrales, estas plantas se distribuyen desde casi a nivel del mar y hasta los más de 4000 m. Donde los recursos escasean, estas plantas funcionan como reservas na-

turales para el refugio y alimentación de varias especies animales.

Por esta crucial labor para la conservación del ambiente, y por los subproductos que otorgan, arriba mencionados, su comercio se encuentra regulado por la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES) y por legislación nacional para flora amenazada.

Y es que las formas en que los cactus se han adaptado a diversos ambientes de accidentada topografía, temperaturas extremas y escasos recursos les confieren a algunas especies una distribución restringida y un crecimiento lento, además, sus poblaciones se ven reducidas a lo largo del tiempo por el cambio de uso de suelo: urbanizaciones, agricultura intensiva, extracción de minerales, entre otros.

De ahí que para favorecer su conservación, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), con el apoyo de Concytec, viene implementando diversas estrategias enfocadas particularmente en las cactáceas en peligro de extinción.

La iniciativa arranca por reunir información de línea base para dar con las especies que, según sus características y distribución, están en mayor riesgo de desaparecer, lo que posteriormente se constata con visitas a campo con el objetivo de establecer su estado de conservación y recolectar sus semillas, a fin de resguardar su futura reproducción y estudio.

Mónica Arakaki, bióloga con especialidad en Botánica e investigadora de la UNMSM, que lidera el proyecto, indica

que el proyecto ha concluido en septiembre 2022, tras procesar las muestras colectadas y delinear los protocolos para su conservación en el banco de semillas.

«Sentimos en general que el proyecto recién comienza, hemos generado protocolos nuevos para el manejo de las semillas y hemos podido empezar a dar a conocer la importancia de cactus, pues muchos piensan solo en su uso para los humanos y en realidad son organismos que cumplen un rol fundamental para los animales y ecosistemas», señala.

Gracias al proyecto, hoy sabemos cómo se debe implementar y gestionar un banco de semillas a futuro y está pendiente la publicación de un manual de protocolos, con especificaciones sobre, por ejemplo, métodos de propagación rápida por injerto, protocolo de recolección y almacenamiento de semillas, germinación y pruebas en cactus.

Arakaki concluye en que es crucial alentar una red internacional de investigación en cactáceas y establecer planes de manejo de especies amenazadas por su uso comercial, en lo medicinal o lo decorativo, como ocurre con el *sanky* o *sancayo*, fruto ácido de cactus andino que se recolecta para venta sin una estrategia que resguarde su sostenibilidad.

«Los cactus tienen, a nivel mundial, una distribución muy restringida, concentrada en esta parte del planeta. Hay cactus en el Perú que no están en otro lugar del mundo. Si en Chosica alguien construye un restaurante recreo en una zona campestre donde había una especie particular de cac-

tus, es probable que esta esté desapareciendo en ese proceso. En Arequipa, donde crecían cactus en zonas hoy urbanizadas, el efecto es más notorio», indica Arakaki para proyectar la importancia del estudio y conservación de estas especies. «En estas zonas, la fauna se alimenta de ellos en meses donde no llueve, los frutos y las flores de los cactus son el único sustento de muchos animales».

Inteligencia artificial para impulsar el agro liberteño

El gasto mundial en tecnologías y sistemas agrícolas en base a IA y el aprendizaje automático se triplicará para 2025, alcanzando los 15.300 millones de dólares de utilidades, según reportó en febrero de 2021 la revista Forbes. Se prevé que el gasto en tecnologías y soluciones de IA solo en la agricultura crezca de 1.000 millones de dólares en 2020 a 4.000 millones en 2026.

Y es que la aplicación de machine visión (la habilidad de un ordenador para «ver» y comprender lo que tiene delante, ayudado por la inteligencia artificial), la robótica y el Internet de las cosas son rutas seguras hacia la reducción en el uso de pesticidas (pues permiten aplicarlos donde se necesitan sin tener que rociarlos sobre grandes extensiones), el empleo más eficiente de fertilizantes y riegos más productivos en un mundo donde el recurso hídrico escaseará aún más en el futuro cercano.

El Perú no ha quedado al margen de esta tendencia, habida cuenta de su potencial agroexportador y como capital del agro orgánico. En línea con

ello, desde la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), con el apoyo de Fondecyt, unidad ejecutora de Concytec, se viene desarrollando un sistema robótico para mejorar el control de calidad del crecimiento de plantines en los viveros industriales de la región La Libertad, región líder en agroindustria a nivel nacional.

La iniciativa se basa en un sistema de visión artificial que registrará el crecimiento de los plantines, información a ser procesada por algoritmos de inteligencia artificial para ser contrastada con una base de datos de desarrollo deseado. Al poder así clasificar a los plantines en base a su calidad, se podrán obtener resultados continuos, homogéneos y fiables en la cosecha, indica Sixto Ricardo Prado Gardini, investigador principal del proyecto.

«El sistema robótico [en etapa de prototipo] actualmente se aplica sobre plantines desarrollados en viveros industriales, mostrando un resultado de 100% de acierto con respecto a las exigencias de precisión, repetibilidad y resolución, manteniendo su respuesta durante 16 horas diarias continuas (este horario se impuso por la presencia del personal investigador en el entorno donde está el sistema robótico)», indica, para incidir en que el recurso humano que interprete la información es pieza imprescindible para el avance en estos proyectos.

Se ha logrado un 92% de acierto en cuanto a detectar la calidad del plantín en bandeja multicelda, siendo un porcentaje aceptable según lo expresado por los viveros industriales, indica el investigador. «La

mejora se daría al robustecer o mejorar nuestros algoritmos de inteligencia artificial a fin de incrementar el acierto de criterio de calidad».

Así, el equipo de la UPAO viene gestionando tres patentes relacionadas con diferentes partes o módulos del sistema robótico; asimismo, sigue trabajando en la mejora de las prestaciones del robot y sus capacidades para adaptarse a nuevas especies, con más grados de libertad para incrementar su manipulabilidad a fin de que pueda tener diversas configuraciones y minimice el contacto con las hojas del vegetal, por ejemplo.

Al igual que otras iniciativas mencionadas, el equipo está a la expectativa aún de concretar una oferta comercial para la masificación del sistema.

Menos agua, mejores bananos

Muchas de las agroexportaciones peruanas no necesitan mayores cintillos y títulos para hacerlas lo suficientemente atractivas para el mercado internacional. Es así que hablar de «banano orgánico» en el Perú es casi una redundancia, pues según la FAO casi toda esta fruta salida del país es cultivada sin mayor recurso que tierra fértil, agua y clima beneficioso. De hecho, el país aporta al 3% del mercado mundial de este producto, con Piura y Tumbes como sus mecas.

La primera de ambas representa el 92% de las exportaciones del fruto, con un más de US\$ 139 millones de dólares en valor FOB. Pero con tal magnitud de producción, el estrés hídrico sobre Piura (la desigualdad entre el volumen de

agua demandado y el disponible durante un periodo determinado del año) se cierne con mayor riesgo cada temporada. Ejemplo de ello, la demanda del agro del 95% del agua en la región versus la irregularidad en el caudal del río Piura para abastecer dichas actividades.

Con ello en mente, el proyecto de investigación «Optimización del uso del agua en el sistema de riego por inundación del banano orgánico, utilizado por pequeños productores del Valle del Chira, Piura», liderado por la Universidad de Piura (UDEP) en alianza con la Cooperativa Agraria APBOSMAN y el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), con el apoyo del Concytec, ha de-

lineado un innovador plan de riego que potencie la producción de este cultivo sin amenazar el recurso hídrico. Ello, en base a un monitoreo realizado a distintos parámetros del cultivo como la frecuencia con que deben ser regados, el tipo de suelo y el peso de ello en la productividad del Valle del Chira, Piura. Ello dio paso a que el equipo de la UDEP diseñó e implemente un sistema de riego por inundación optimizado y de monitoreo de las variables biométricas, para finalmente compararlo con los sistemas de riego convencionales.

En octubre de 2021, al presentar los resultados del proyecto, el equipo indicó que se pudo establecer que el vo-

lumen de agua utilizado actualmente en el riego puede reducirse hasta en un 26%, lo que supone un ahorro de agua promedio de 535 m³ /ha por riego, en comparación con el programa de riego tradicional, de 2019.

El recorte del recurso, que quedaría en el reservorio de Poechos para periodos de escasez, calza con los objetivos de la ONU de desarrollo sostenible, especialmente importantes para países como el Perú, en alto riesgo por su vulnerabilidad hídrica, con 55% de su población en la costa, región que accede a menos del 2% del agua dulce del país.

EL PERÚ PRODUCTIVO Y DIVERSO, SOBRE LOS HOMBROS DE LA CIENCIA



En el Índice Global de Agrobiodiversidad, **el Perú obtiene una puntuación media-alta por sus recursos genéticos para opciones futuras y la agrobiodiversidad en los mercados y el consumo para dietas saludables**, mas no por la contribución de la agrobiodiversidad en la producción, siendo este un potencial desaprovechado en la producción agrícola. A continuación, exponemos cuatro iniciativas en esta línea.



GOMA NATURAL Y COMESTIBLE QUE REEMPLAZA PLÁSTICOS

En la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM), con apoyo del Concytec, se ha desarrollado una alternativa para el uso de plásticos en el expendio de verduras y frutas, desde el estudio de las semillas de tara, con la que se obtiene goma, a la que se agregan sustancias que mejoran la estructura de este fluido natural y que permite adherirse correctamente a la superficie de frutas y hortalizas, recubriéndolas y evitando daños de agentes externos, mecánicos y biológicos.



LA CONSERVACIÓN DE LOS CACTUS

La Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), con el apoyo de Concytec, viene implementando diversas estrategias enfocadas en la conservación de cáctus en peligro de extinción. La iniciativa consta en la recolección de información de línea base para establecer cuáles son las especies con mayor riesgo, para luego establecer su estado de conservación y recolectar sus semillas, para resguardar su futura reproducción y estudio.



INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA IMPULSAR EL AGRO LIBERTEÑO

Se está desarrollando un sistema robótico para mejorar el control de calidad del crecimiento de plantines en los viveros industriales de la región La Libertad. La iniciativa se basa en un sistema de visión artificial que registra el crecimiento de los plantines, para luego procesar la información por medio de inteligencia artificial y ser contrastada con una base de datos del desarrollo deseado. Es una iniciativa de la Universidad Privada Antenor Orrego (UPAO), con el apoyo de ProCiencia, unidad ejecutora de Concytec.



MENOS AGUA, MEJORES BANANOS

El proyecto de investigación “Optimización del uso del agua en el sistema de riego por inundación del banano orgánico, utilizado por pequeños productores del Valle del Chira, Piura”, liderado por la Universidad de Piura (UDEP) en alianza con la Cooperativa Agraria APBOSMAN y el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), con el apoyo del Concytec, ha delineado un innovador plan de riego que potencie la producción de este cultivo sin amenazar el recurso hídrico.

Para ello, fue diseñado e implementado un sistema de riego por inundación optimizado y de monitoreo de las variables biométricas. En el 2021, se pudo establecer que el volumen de agua utilizado en el riego puede reducirse hasta en un 26%, lo que supone un ahorro de agua promedio de 535 m³/ha por riego, comparado con el sistema de riego tradicional.

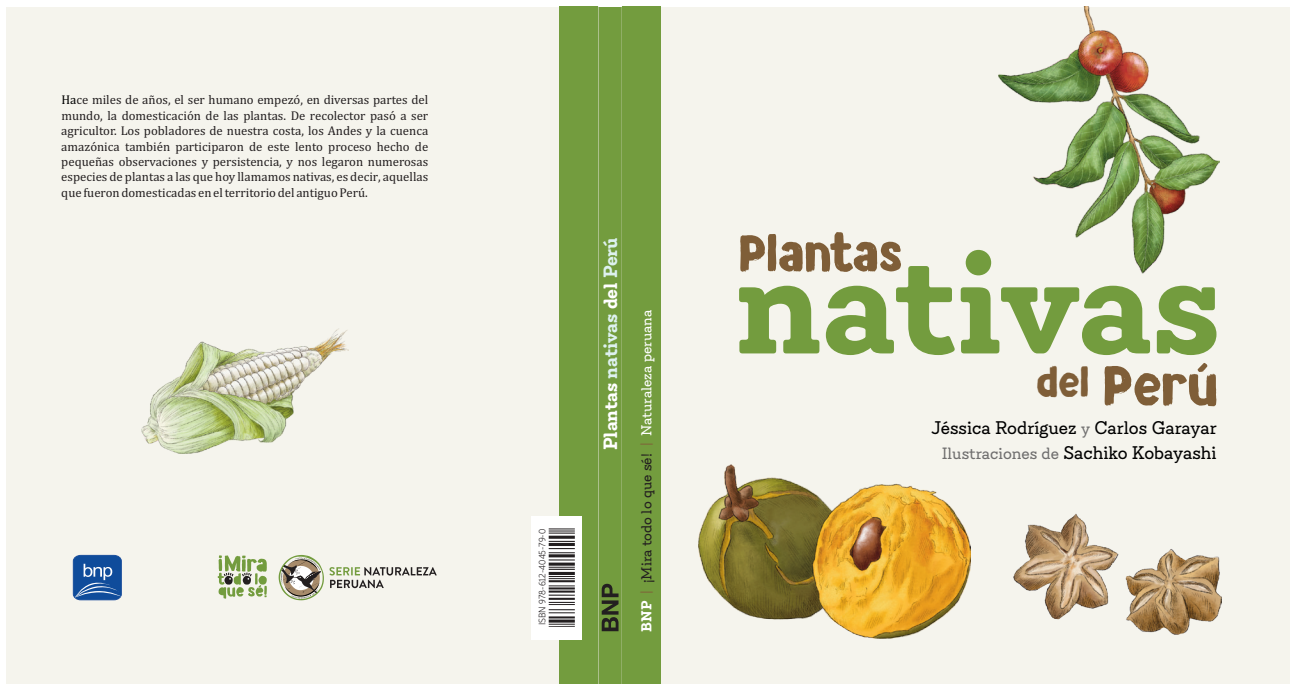


5

CIENCIA SOBRE PAPEL

Ciencia y patrimonio: Las plantas nativas del Perú

Gracia Angulo



En diciembre del presente año, la Biblioteca Nacional del Perú publicó un nuevo título de la serie «Naturaleza Peruana» de la colección editorial «¡Mira todo lo que sé!». Esta colección reúne libros informativos para niños y niñas inspirados en el patrimonio documental que resguarda la primera institución cultural del Perú, y tiene entre sus objetivos, contribuir a la formación de lectores, y promover el conocimiento y cuidado de nuestro patrimonio bibliográfico desde la infancia. Se trata del libro *Plantas nativas del Perú*, escrito a cuatro manos por Jéssica Rodríguez y Carlos Garayar, y bellamente ilustrado por Sachiko Kobayashi.

Plantas nativas podría definirse como un inventario que reúne y reseña diez de las plantas nativas de nuestro país, pero, al mismo, tiempo, es un libro que,

en un lenguaje sencillo, plasma la rigurosa investigación que han hecho los autores sobre los inicios de la domesticación de plantas en nuestro territorio, hace muchos miles de años.

«Los pobladores de la costa, los Andes y de la cuenca amazónica peruana, nos legaron numerosas especies de plantas, a las que hoy llamamos nativas porque fueron domesticadas en el territorio del antiguo Perú», señalan los autores en la introducción a su libro.

Estas plantas nativas deben su variedad y riqueza a la diversidad climática y geográfica que ostenta nuestro milenarismo país y que ha permitido el florecimiento de diferentes ecosistemas que albergan nuestra rica flora.

Invitándonos a un viaje por el Perú prehispánico, los autores nos muestran cómo «cientos de

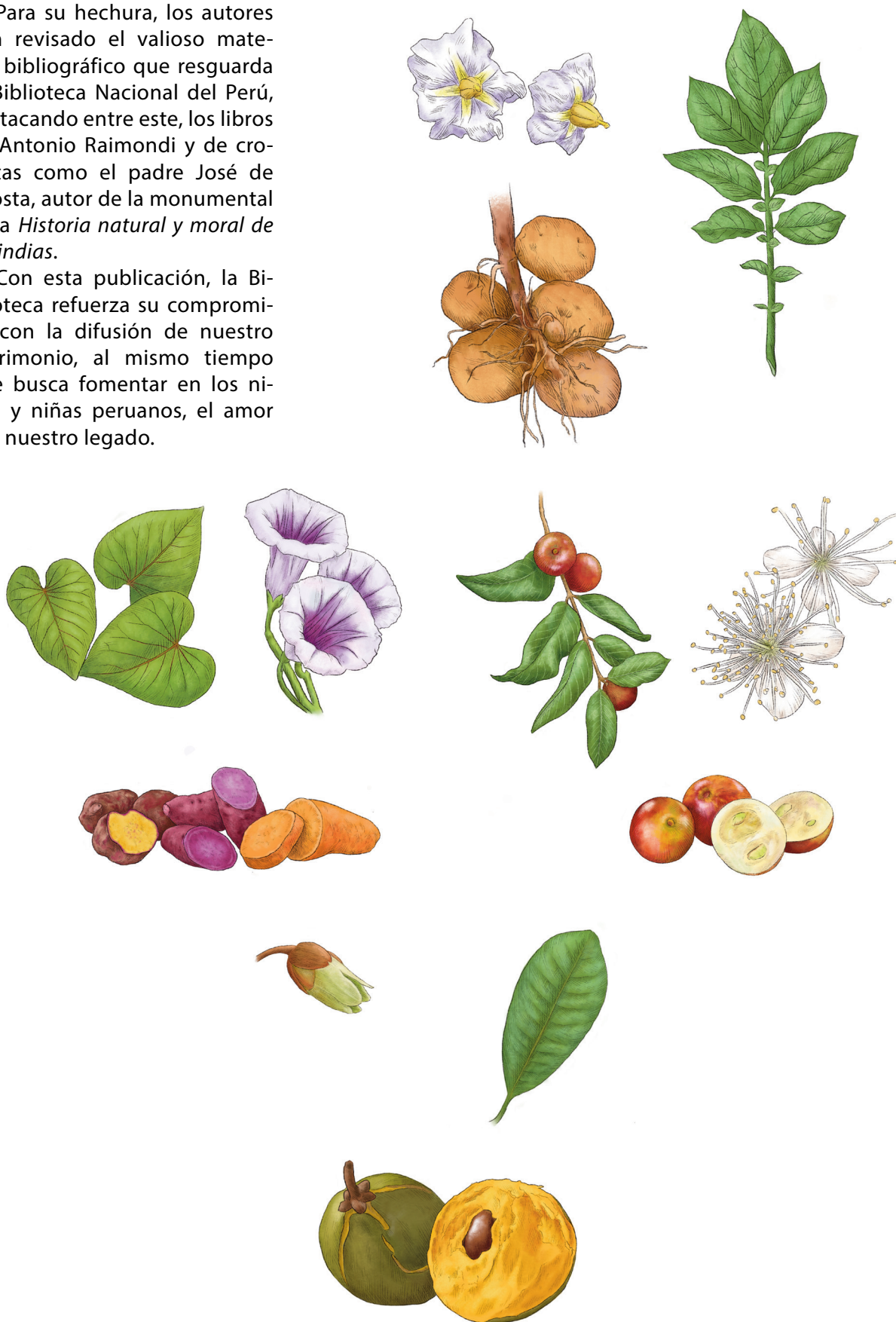
especies fueron moldeadas a lo largo de los siglos para llegar a ser los excepcionales recursos alimenticios o medicinales que hoy conocemos y que han permitido prosperar a la humanidad, protegiéndola del hambre y las enfermedades».

Aunque se trata de solo 10 plantas de las miles que constituyen la enorme contribución del Perú a la despensa mundial, este libro da cuenta de la importancia de nuestra agrobiodiversidad. Ahí están la papa, la kiwicha, el camote, el camu camu, el lúcumo, el maíz, el olluco, la quina, la quinua y el sacha inchi.

El libro va presentando a los lectores más pequeños no solo el origen y características de cada una de estas plantas, sino también su uso, parte de su historia y su potencial presente y futuro.

Para su hechura, los autores han revisado el valioso material bibliográfico que resguarda la Biblioteca Nacional del Perú, destacando entre este, los libros de Antonio Raimondi y de cronistas como el padre José de Acosta, autor de la monumental obra *Historia natural y moral de las indias*.

Con esta publicación, la Biblioteca refuerza su compromiso con la difusión de nuestro patrimonio, al mismo tiempo que busca fomentar en los niños y niñas peruanos, el amor por nuestro legado.



Imágenes interiores del libro en las que se muestran algunas de las diez plantas reseñadas.

Colaboraron en este número



Gracia Angulo

Licenciada de la especialidad de Lingüística y Literatura de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Experiencia laboral en edición integral de publicaciones y en gestión de proyectos relacionados a la promoción de la industria del libro. Se ha desempeñado como investigadora y curadora de exposiciones literarias en la Caslit (2010-2012); como editora en Editorial Planeta Perú S.A (2012-2014); como especialista y, posteriormente, como coordinadora del Área de Producción y Circulación de la Dirección del Libro y la Lectura del Mincul (2014-2017); entre otros. Desde septiembre de 2018, es editora de la Biblioteca Nacional del Perú.



Sebastian Davis

Agrónomo egresado de la Universidad Nacional Agraria La Molina con estudios en mejoramiento genético. Centra su interés en temas de agrobiodiversidad y sistemas alimentarios, políticas públicas, innovación y gestión cultural. Emprendedor dentro de la cadena de valor del cacao y chocolate peruano. Entusiasta de las propuestas interdisciplinarias y las acciones transversales para el desarrollo sostenible.



Hans Huerto

Magíster en Ciencia Política con experiencia profesional en el periodismo político, musical, científico y la comunicación institucional.



Gabriela Orihuela

Es la presidenta de la Asociación Pro-Jardín Botánico Nacional de Lima. Es bióloga de profesión, con estudios en restauración ecológica, diseño y gestión de áreas verdes, y examinada con la Maestría en Conservación de Recursos Forestales de la UNALM. Durante 18 años formó parte del Jardín Botánico de *Fairchild Tropical Botanic Garden* en EE. UU., donde estuvo a cargo del área exhibiciones, de la programación para los visitantes, capacitación de voluntarios, de la producción de la revista institucional entre otras funciones. Cuenta con cerca de 30 visitas técnicas a Jardines Botánicos alrededor del mundo y es representante del Perú ante la Red Sudamericana de Jardines Botánicos del BGCI.



Floro Ortiz

Biólogo con especialidad en Zoología, egresado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos con estudios de Maestría en Francia y España. Interés y formación en temas de Medio Ambiente, Cambio Climático, Biodiversidad, Conservación, Desarrollo Sostenible, Agrobiodiversidad y Comunidades Campesinas. Experiencia profesional como supervisor, consultor y especialista en estudios de impacto ambiental, estudios de línea base biológica, evaluación y monitoreo de flora y fauna, especialista socioambiental, docente universitario y recientemente director ejecutivo del Grupo Yanapai. Mi compromiso con mi comunidad campesina de Chungui y mis raíces quechua me ha llevado a estudiar, conocer, valorar y proteger los bosques montanos de la región de Ayacucho. Actualmente estamos desarrollando el Proyecto de Investigación Básica financiado por el FONDECYT - "Agroecosistemas de café como refugio de la diversidad de insectos polinizadores y depredadores en bosques montanos de Ayacucho, Perú".



Marleni Ramirez

Es bióloga y antropóloga física. Actualmente, es representante de la Alianza Bioversity y CIAT en el Perú, y ha sido directora regional para Latinoamérica de Bioversity International desde el 2005 al 2015. Ha trabajado desde la academia, el gobierno y el sector privado con organizaciones internacionales y gobiernos. Durante más de veinte años, ha desarrollado, gestionado y/o implementado proyectos en agricultura y conservación de recursos genéticos. Asimismo, dirigió el desarrollo del Plan de Acción Estratégico para la Conservación y Uso de los Recursos Fitogenéticos para Mesoamérica. También dirigió el proyecto de investigación sobre Uso de la diversidad genética de especies de ajíes para la diferenciación de productos de alto valor y la generación de ingresos en sus centros de origen en Perú y Bolivia. Actualmente, está activamente apoyando iniciativas de cacao fino de aroma que se desarrollan en Perú, así como la aplicación del Índice de Agrobiodiversidad, una herramienta para el monitoreo del status y uso de la agrobiodiversidad para sistemas alimenticios sostenibles. Es co-investigadora en la implementación del concepto ReSCA, Retribuciones por Servicios de Conservación de la Agrobiodiversidad que se viene ejecutando en LAC desde hace más de diez años. También es parte del equipo coordinador de la nueva iniciativa del One CGIAR Nature Positive.



Maria Scurrah

Exdirectora del GRUPO YANAPAI, tiene un doctorado en fitomejoramiento (Universidad de Cornell, 1972) y trabajó durante casi 20 años en el Centro Internacional de la Papa (CIP). Posteriormente, trabajó 8 años en el Instituto de Investigación y Desarrollo de Australia del Sur (SARDI) en Adelaida, y regresó a Perú en 1999, año en que ingresó al Grupo Yanapai. Tiene alrededor de 30 publicaciones en revistas científicas y capítulos de libros. Le apasiona el cómo mejorar los medios de vida para las familias andinas a través de la agrobiodiversidad, la nutrición y los vínculos con el mercado, sin olvidar el manejo y la fertilidad del suelo.



Roberto Ugás

Agrónomo de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Cuenta con estudios de posgrado en Holanda y Japón. Actualmente coordina el proyecto Ajíes del Perú del Programa de Hortalizas de la UNALM, donde se mantiene una colección de germoplasma y se investiga en aspectos de diversidad (botánica, genética, fisicoquímica y cultural), agroecología y cadenas de valor de los ajíes nativos del Perú. Asimismo, es Profesor principal en la Universidad Nacional Agraria La Molina en donde se ocupa de temas relacionados con la agroecología, la pequeña agricultura y la biodiversidad agrícola.

