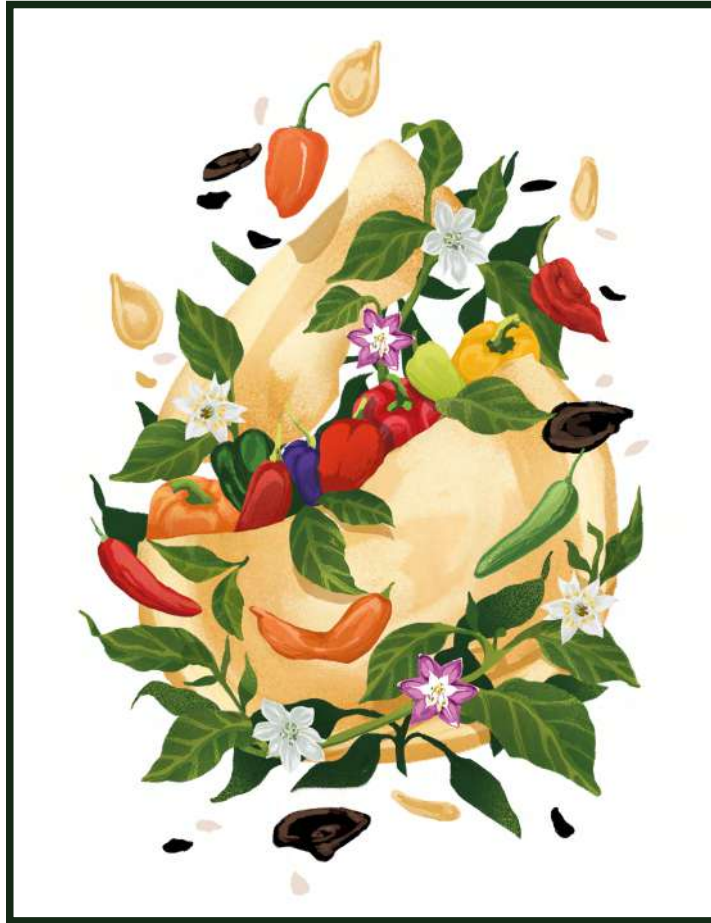






Título de la obra

Recursos genéticos

Técnica

Ilustración digital con tableta, pincel en
textura de carboncillo

Autora

Laura Stefanny López Cortés (Sstefcore)



@sstefcore



Stefanny López

- Capítulo I -

Conservación de recursos genéticos del género *Capsicum*

Oscar Alfonso Loaiza-Loaiza, Laura María Restrepo-Martínez, Jilberth Ferney Alzate-Castaño,
Luz Fanny Orozco-Orozco, Laura Beatriz Espitia-Negrete, Nancy Yohana Grisales-Vásquez,
Maria Yuli González González

En este capítulo se contextualiza de forma clara y concisa la conservación de las principales colecciones de *Capsicum* en Colombia y el mundo, se presentan los esfuerzos realizados para conocer los recursos genéticos disponibles y se exponen las posibilidades para su utilización y aprovechamiento, además de un breve análisis de la situación actual en Colombia. También se ofrece un breve contexto histórico sobre el origen de los principales bancos de germoplasma que conservan materiales de ají en el país, junto con la descripción botánica de la especie y de los principales grupos taxonómicos cultivados en el mundo con sus características

y valor cultural y económico. Los autores describen la principal materia prima para trabajar con ají y explican la riqueza genética disponible en Colombia, como primer paso para seleccionar materiales de interés con atributos diferenciales y de calidad para la agroindustria colombiana. Finalmente, se concluye que, a pesar de la gran diversidad de ajís conservados en el país, cada institución ha realizado esfuerzos de manera independiente y que Colombia no ha logrado articular las diferentes colecciones de ají hacia un propósito común, por lo que se recomienda fomentar el trabajo interinstitucional en la cadena del cultivo.



Introducción

La diversidad constituye la base de cualquier cultivo en el planeta, ya que en ella se encuentra la fuente de genes de resistencia a plagas y enfermedades, genes relacionados con la adaptación al cambio climático y algunos otros de interés de acuerdo con las características que demandan el mercado y los consumidores. Mayor diversidad significa que se posee mayor cantidad de opciones disponibles para la supervivencia o adaptación, no solo de la especie o el cultivo, sino también de quienes los usan, así como mayores son las posibilidades de utilización de los recursos disponibles. Por lo tanto, conocer la diversidad del género *Capsicum*, disponible en el Banco de Germoplasma Vegetal, permite hacer un gran avance en el desarrollo de la agroindustria de este sector de la economía. Por lo anterior, este libro inicia con un capítulo sobre la conservación de los recursos genéticos de *Capsicum*, con el fin de dar a conocer al lector el estado actual del punto de partida para la selección de materiales de ají en Colombia, es decir, la materia prima con la que cuenta el país.



Foto: Esteban Castaño Llanos



Importancia de la conservación de recursos genéticos y su uso

La conservación de los recursos genéticos se promueve en el mundo desde la mitad del siglo XX, cuando las variedades de alto desempeño comenzaron a remplazar a las variedades tradicionales, lo que incrementó el riesgo de erosión genética. Como respuesta, surgieron los bancos de germoplasma, que han desempeñado un papel fundamental en la colecta y conservación de recursos genéticos, lo cual garantiza la disponibilidad de diversidad genética para investigación y el mejoramiento genético (Pinheiro de Carvalho et al., 2013).

La disponibilidad de recursos genéticos destinados a los programas de mejoramiento es esencial para desarrollar nuevos cultivares que aborden los desafíos de la seguridad alimentaria, el cambio climático y la sostenibilidad (Ford et al., 2016; Ceccarelli & Grando, 2022; Muñoz-Amatriaín et al., 2014). La alta diversidad alélica preservada en los bancos de germoplasma, al proporcionar alelos que no existen en materiales élite, permite ampliar la base genética en los programas de fitomejoramiento. Además, esta diversidad incrementa la ganancia genética en estos programas.



Foto: Oscar Alfonso Loaiza-Loaiza

El uso de los mencionados recursos es considerado un reto, debido a que depende de la disponibilidad de información acerca de caracterizaciones fenotípicas y genotípicas, lo cual es costoso en tiempo y recursos económicos. Hace alrededor de 50 años se evidenció la necesidad de identificar variabilidad genética útil, lo que llevó a realizar la selección de accesiones con base en información generada a partir de evaluaciones sistemáticas para incrementar el uso de los recursos genéticos. Como respuesta a esta necesidad se ha promovido la evaluación de las colecciones núcleo, que contienen un bajo número de accesiones, lo que representa una alta variabilidad de la colección base.

Por otro lado, la caracterización con marcadores moleculares y los análisis de genética de poblaciones han permitido identificar duplicados y direccionar nuevas colectas e intercambio de germoplasma teniendo en cuenta la representatividad de las colecciones (Muñoz-Amatriáin et al., 2014). Sin embargo, actualmente, investigadores, mejoradores y curadores continúan advirtiendo sobre la baja disponibilidad de información fenotípica y resaltando que esta información es indispensable para que los fitomejoradores seleccionen los parentales o el material genético base, de acuerdo con características sobresa-

lientes de los genotipos conservados en los bancos de germoplasma (Pinheiro de Carvalho et al., 2013).

Como insumos para superar la baja disponibilidad de información fenotípica y, por ende, potenciar el uso de los recursos genéticos, se propone recurrir a los datos históricos, la predicción genómica, el análisis de asociación del genoma completo y la reutilización de información.

Los datos históricos de variables de interés agronómico son colectados como parte de la rutina en los bancos de germoplasma. Esta información no suele estar disponible debido a que es almacenada en planillas físicas o en archivos de Excel. Una característica en los conjuntos de datos es el desbalance debido a la dificultad de evaluar todas las accesiones simultáneamente (Pinheiro de Carvalho et al., 2013). Por este motivo, el análisis estadístico se lleva a cabo usando modelos mixtos (Bernardo, 1996). Así mismo, la rutina de análisis incluye la evaluación de la calidad de los datos, que es determinante e interfiere negativamente en parámetros como la heredabilidad y la habilidad de predicción (Estaghvirou et al., 2014; Bernal-Vásquez et al., 2016; González et al., 2018; Philip et al., 2018).



La predicción genómica y el análisis de asociación del genoma completo son metodologías recomendadas para generar información que facilite el uso de los recursos genéticos (Yu et al., 2016; Milner et al., 2019; González et al., 2021; Muñoz-Amatriaín et al., 2014). Estas herramientas permiten estimar el comportamiento de todas las accesiones de una colección, con el fin de ajustar modelos que requieren datos fenotípicos de una porción de la colección y la caracterización genotípica de la colección completa.

La reutilización de la información es uno de los principios base para mejorar la eficiencia en el uso de recursos genéticos; consiste en el manejo de datos bajo parámetros estandarizados que garanticen la reutilización de estos haciendo uso de los repositorios públicos de datos y los principios FAIR (*findable, accessible, interoperable, reusable*) para garantizar que los datos sean fáciles de encontrar, accesibles, interoperables y reutilizables (Wilkinson et al., 2016). La información disponible siguiendo los principios FAIR permitirá que los bancos de germoplasma, además de incrementar y utilizar su propia información, puedan usar información de otros bancos.



Descripción y origen del género *Capsicum*

El género *Capsicum*, perteneciente a la familia *Solanaceae*, es originario del continente americano, con distribución natural desde el sur de los Estados Unidos hasta Argentina, abarcando regiones como Bolivia, Perú, Brasil, el sur de México y Colombia (Arias & Melgarejo, 2000). Comprende aproximadamente 43 especies, de las cuales 5 han sido domesticadas y dado origen a numerosos cultivares de gran importancia económica: *Capsicum chinense*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum annuum*, *Capsicum frutescens* y *Capsicum pubescens*.

Estas especies se distinguen por su alta diversidad fenotípica y genotípica, lo que ha dificultado su clasificación exacta y homogénea; sin embargo, características como las morfológicas, físicas y organolépticas permiten acercarse a su

identificación. Por ejemplo, *C. annuum*, especie de amplia distribución, se caracteriza por tener frutos de diversas formas, colores y sabores; *C. baccatum*, cultivada principalmente en Perú y Bolivia, destaca por su aroma, flores amarillas o blanco-amarillas con manchas amarillas o verduzcas hacia la parte basal de los pétalos; *C. chinense*, originaria de la Amazonia, es conocida por su alto contenido de capsaicinoides y por presentar múltiples flores por nudo; *C. frutescens*, distribuida en América, Oceanía y Asia, es una fuente de resistencia a virus, y *C. pubescens*, cultivada a lo largo de la cordillera de los Andes (principalmente en Perú), se distingue por sus semillas negras y flores moradas con base blanca (Costa de Carvalho et al., 2003; Barchenger & Khoury, 2022).



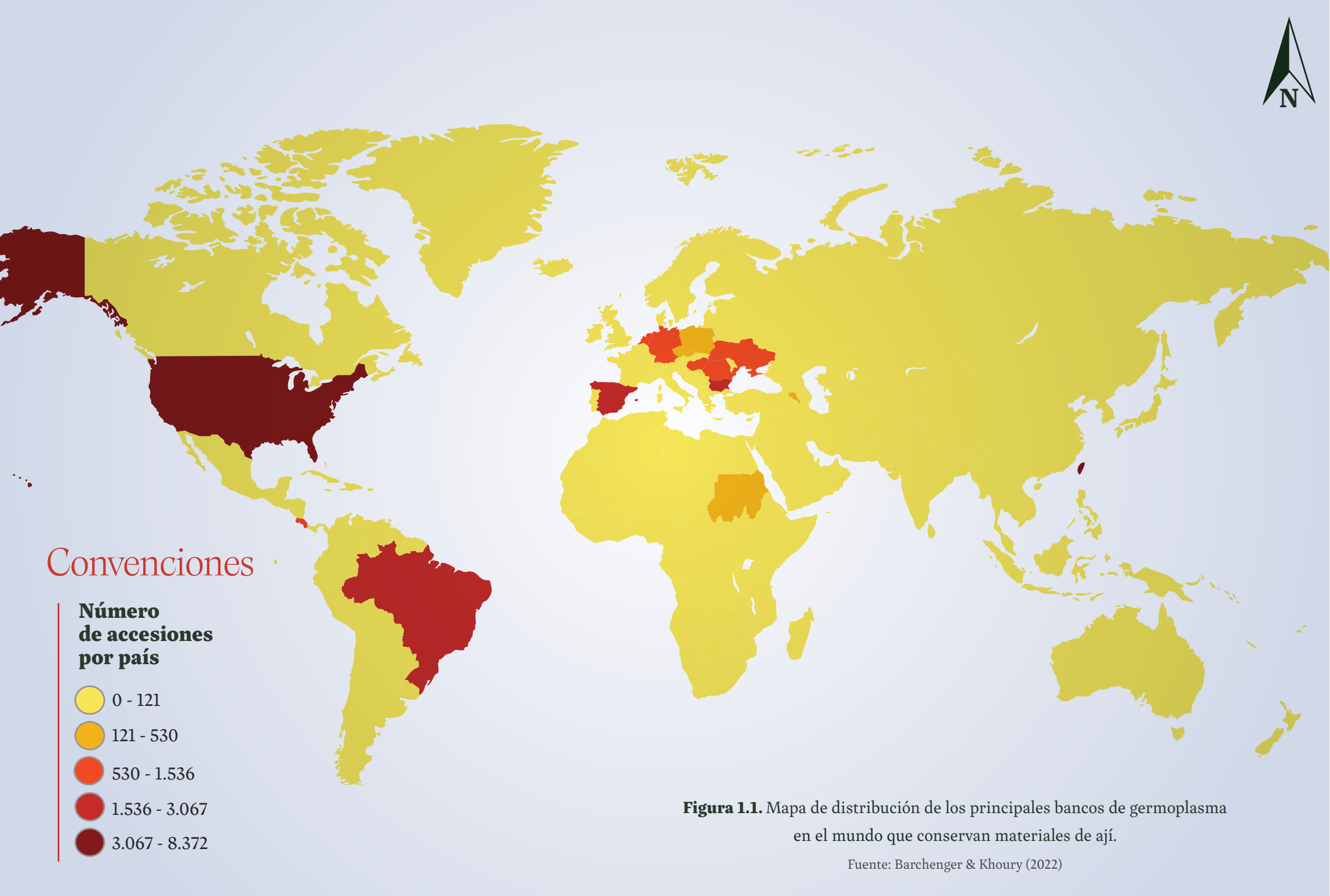
Foto: Esteban Castaño Llanos



Principales colecciones internacionales de Capsicum

El banco de germoplasma más importante del mundo para la conservación de *Capsicum* es el World Vegetable Center (WorldVeg), ubicado en Taiwán; en segundo lugar se encuentra la Unidad de Conservación de Recursos Genéticos Vegetales en la Estación Regional de Introducción de Plantas del Sur, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), ubicada en Georgia, y en tercer lugar, el Seed Savers Exchange (SSE), localizado en Iowa (Estados Unidos) (Barchenger & Khoury, 2022).

En la figura 1.1 se detallan los bancos de germoplasma formalizados ante el sistema Genesys, una plataforma internacional diseñada para reportar las colecciones de recursos genéticos. Sin embargo, no todos los bancos de germoplasma están relacionados en este sistema. Como se puede observar, los países relacionados son europeos, seguidos por países de Oriente Medio. Por su parte, en el continente americano, los únicos bancos de germoplasma registrados en la plataforma son de Estados Unidos, Brasil y Costa Rica. No obstante, el género *Capsicum* es nativo del continente americano, y algunos de los países con mayor diversidad de especies del género, como México, Perú, Bolivia, Argentina, Ecuador y Colombia, no están referenciados en el listado, lo que hace necesario acudir a otros sistemas de documentación para la conservación de recursos genéticos, como lo son el GRIN Global y el Global Biodiversity Information Facility (GBIF).



Historia de la conformación de los principales bancos de germoplasma de *Capsicum* en Colombia e investigaciones relacionadas

AGROSAVIA - Bancos de Germoplasma Vegetal para la Alimentación y la Agricultura de la Nación Colombiana

En Colombia, las colectas de especies con potencial agrícola iniciaron en 1942, con el propósito de crear colecciones de trabajo que permitieran a los mejoradores del país desarrollar nuevos cruces y obtener variedades mejoradas. Entre 1962 y 1994, estas colecciones estuvieron bajo la administración del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). En 1994, con la creación de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica, ahora AGROSAVIA), se estableció el Sistema Nacional de Bancos de Germoplasma de la Nación Colombiana (SNBGNC), tomando como base las colecciones de trabajo existentes bajo la responsabilidad legal del ICA, quien delegó hasta 2018 esta responsabilidad en AGROSAVIA a través de convenios de cooperación técnica y científica. Desde entonces, la administración del Banco de Germoplasma Vegetal pasó a estar a cargo de AGROSAVIA, con lo que se consolidó su papel en la conservación y gestión de los recursos genéticos del país, gracias a la Ley 1876 de 2017, que creó el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA).

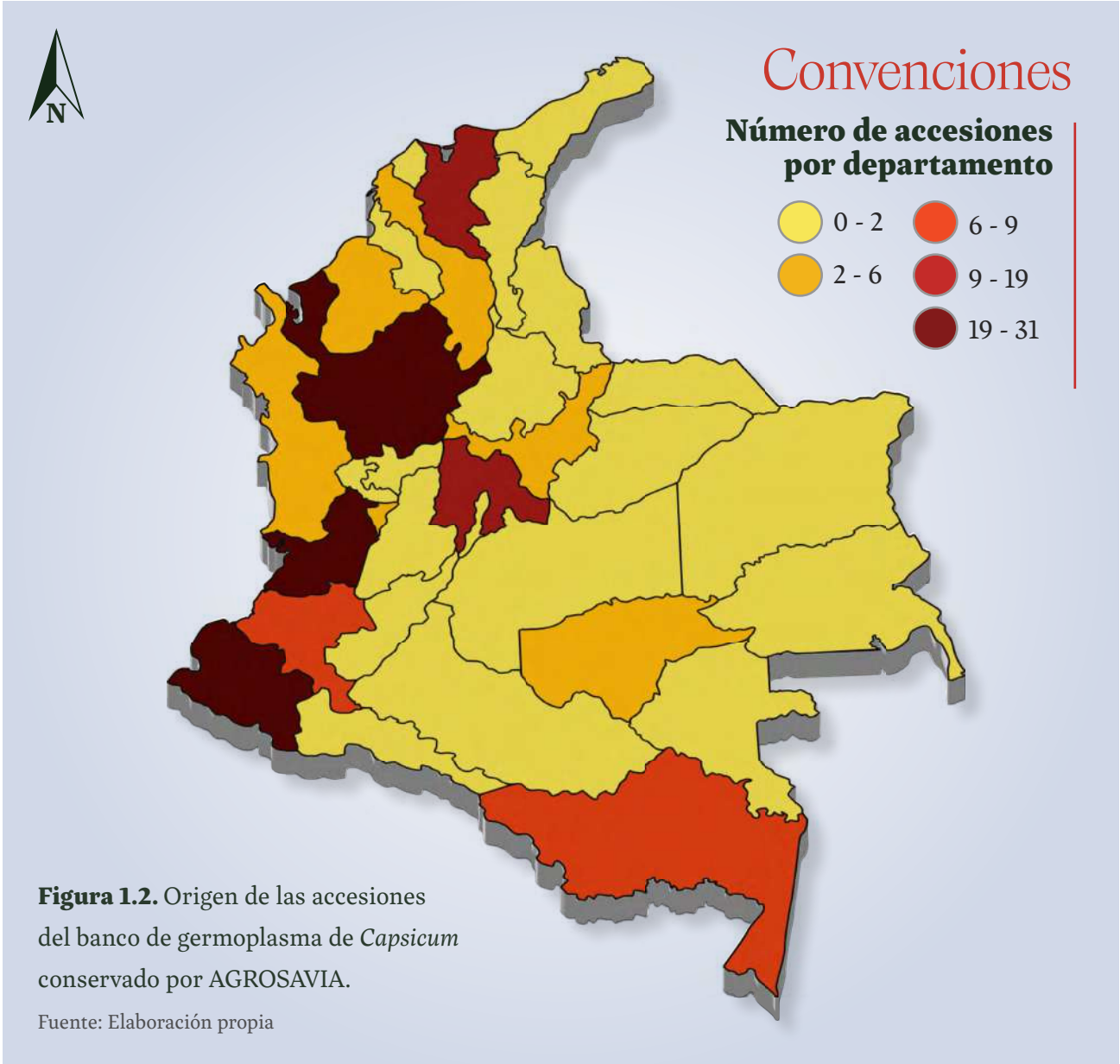
La conformación y el origen del banco de germoplasma de *Capsicum* de Colombia ha contado con la colaboración de entidades como el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y jardines botánicos como los de Nijmegen (Países Bajos) y Bayreuth (Alemania), entre otras.

Las primeras colectas de ají en Colombia fueron realizadas por el ICA en 1976. Se incrementaron más tarde con la colecta hecha por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por su sigla en inglés) y el Ministerio de Agricultura en 1982, liderada por Juan Jaramillo y Miguel Holle. Posteriormente, la colección se aumentó con el envío de materiales tropicales colectados por Rubén Villareal, investigador del Asian Vegetable Research and Development Center (AVRDC, hoy conocido como World Vegetable Center). La colección fue trasladada al C. I. La Selva de AGROSAVIA, en Rionegro (Antioquia), cuando la investigación en ají pasó del ICA al naciente Corpoica en 1994. En esos primeros esfuerzos se colectaron como nativos materiales de *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. pubescens* y *C. chinense* (J. Jaramillo, comunicación personal, 2025).



Las colectas se han realizado en diferentes departamentos del país, como Antioquia, Nariño, Amazonas, Risaralda, Córdoba, Valle del Cauca, Magdalena, Quindío, Cundinamarca, Caldas, Boyacá, Cesar, La Guajira, Santander, Guaviare, Caquetá, Chocó, Cauca y Tolima (figuras 1.2 y 1.3). Gracias a estas colectas, se

ha logrado preservar una amplia diversidad de materiales, incluyendo especies silvestres, variedades domesticadas, semidomesticadas y algunas mejoradas. Sin embargo, gran parte de los materiales obtenidos en mercados municipales carecen de información precisa sobre sus orígenes primarios.





Convenciones

Número de accesiones por especie del género *Capsicum* por departamento de origen (colecta o donación)



-  *C. annuum* var. *annuum*
-  *C. annuum* var. *glabriusculum*
-  *C. annuum*
-  *C. baccatum*
-  *C. baccatum* var. *pendulum*
-  *C. chinense*
-  *C. frutescens*
-  *C. pubescens*
-  *C. spp.*

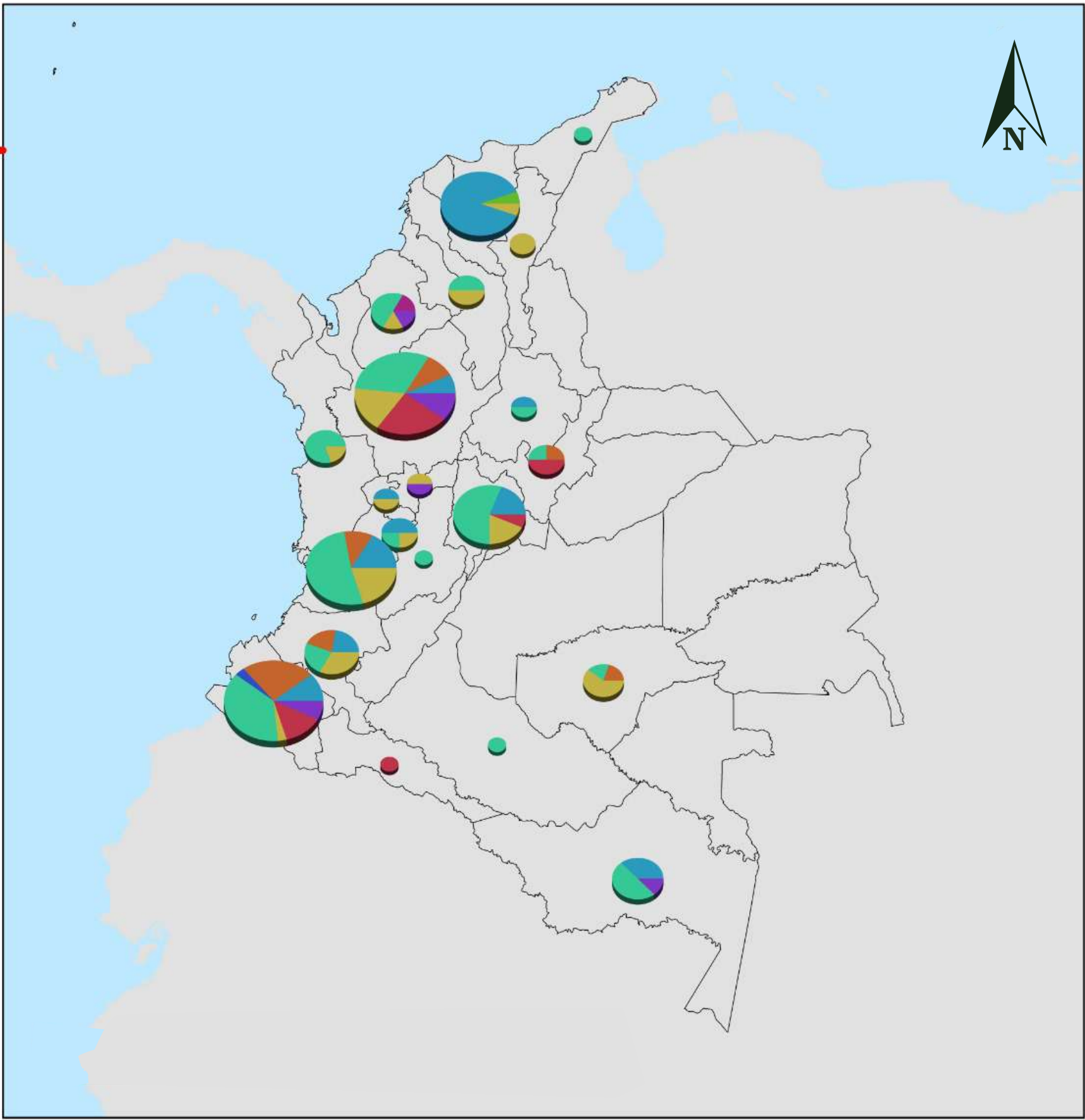


Figura 1.3. Conformación del banco de germoplasma de *Capsicum* de Colombia conservado por AGROSAVIA. Clasificación por especies o grupos taxonómicos de acuerdo con el departamento de procedencia.
Fuente: Elaboración propia

Estas colecciones deben proporcionar a los mejoradores una amplia gama de variantes genéticas que les permitan hacer frente a los desafíos emergentes en los sistemas agroindustriales. Para lograrlo, resulta fundamental conocer las características del germoplasma conservado, como lo indican Peñaloza et al. (2010). La caracterización implica la descripción detallada de las variedades presentes en una colección de germoplasma, centrándose en rasgos morfológicos y fenológicos altamente heredables.

A nivel internacional, el banco también ha incorporado accesiones obtenidas en mercados de diversos países, como Guatemala, México, Costa Rica, Perú, Bolivia, Brasil, Ecuador, Estados Unidos, Zambia, España, Venezuela, Alemania y Países Bajos. Adicionalmente, se han recibido donaciones de instituciones como los jardines botánicos de Nijmegen y Bayreuth, lo que ha enriquecido significativamente la diversidad genética y remarca su importancia global (figura 1.4).



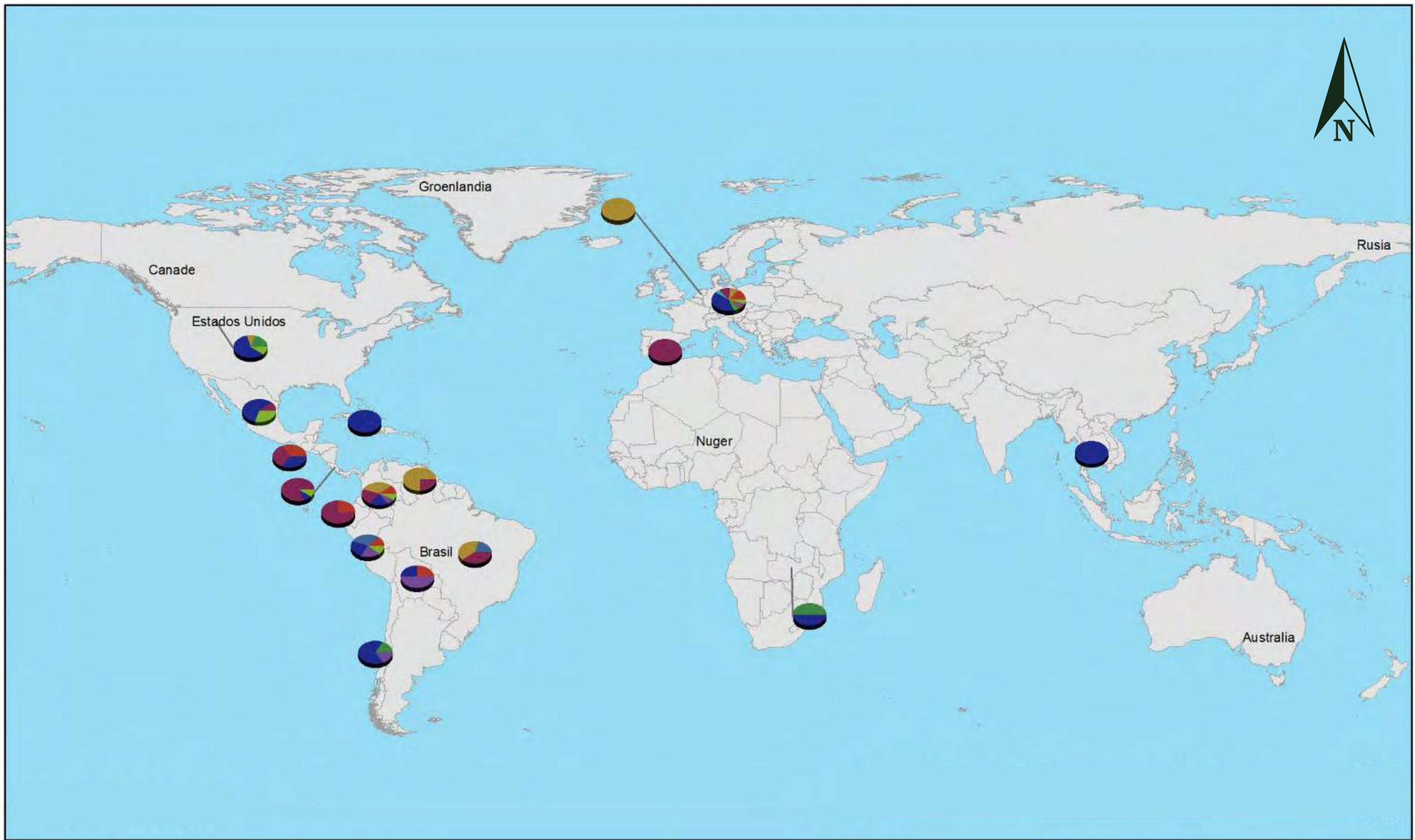


Figura 1.4. Conformación del banco de germoplasma de *Capsicum* de Colombia conservado por AGROSAVIA. Clasificación por especies o grupos taxonómicos de acuerdo con el país de procedencia.
Fuente: Elaboración propia

La colección de germoplasma del género conserva los principales grupos taxonómicos domesticados, tales como *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens*, y especies silvestres como *Capsicum praetermissum*, *Capsicum abbreviatum* y *Capsicum flexuosum*.

A la fecha, se desconoce cuáles de estos materiales pueden considerarse de origen colombiano y clasificarse como locales. No obstante, se ha identificado que algunas accesiones presentan características similares a las de aquellas variedades tradicionalmente utilizadas por comunidades amazónicas, como los ajís tipo habanero (*C. chinense*). Uno de los objetivos clave de este trabajo ha sido la identificación de aquellos materiales que podrían tener un carácter local, lo que contribuye al conocimiento y preservación del patrimonio genético del país. En este sentido, el valor de las colecciones de germoplasma radica no solo en su conservación, sino también en su potencial para el desarrollo de nuevos cultivares que beneficien y fomenten las actividades productivas.

Convenciones Número de accesiones por especie del género *Capsicum* por país de origen (colecta o donación)

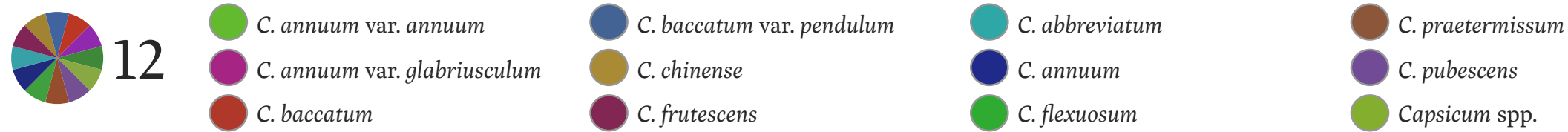




Foto: Esteban Castaño Llanos

La conservación del *Capsicum* en AGROSAVIA se realiza de manera *ex situ* a través de semilla sexual, ya que la especie posee semillas ortodoxas o tolerantes a la desecación. El banco de germoplasma de *Capsicum* es almacenado en el C. I. La Selva a 2.120 m s. n. m. y posee cerca de 338 accesiones. Este banco es activo, por lo cual las semillas son conservadas en un cuarto frío a -10 ± 3 °C, sin embargo, una copia de las accesiones es conservada a -20 ± 3 °C en el banco base, que se ubica en el C. I. Tibaitatá de AGROSAVIA, en Mosquera, Cundinamarca.

Entre los trabajos que se han realizado en AGROSAVIA se destacan los realizados por Medina et al. (2006), quienes caracterizaron 111 accesiones pertenecientes al banco de germoplasma y encontraron un amplio polimorfismo genético y morfológico del género. También se cuenta con los trabajos realizados por Villota-Cerón et al. (2012), quienes caracterizaron 68 accesiones y encontraron que las variables de flor, fruto y arquitectura de planta explicaron la variabilidad existente y reportaron la cercanía filogenética

entre las especies *C. annuum*, *C. chinense* y *C. frutescens*, lo que se conoce como el complejo *annuum*.

Es importante señalar que AGROSAVIA ha realizado diferentes ciclos de caracterización morfológica en el banco de germoplasma de *Capsicum* durante los ciclos de regeneración de las semillas conservadas. Entre estos se destacan las caracterizaciones realizadas en los años 1994, 2004 (Medina et al., 2006) y 2012.

En la figura 1.5 se muestra el esquema del programa de premejoramiento y las perspectivas que se dejan como base para el programa de fitomejoramiento que actualmente está desarrollando AGROSAVIA. El foco de este programa se centra en el aprovechamiento de la diversidad genética como insumo para el desarrollo de variedades para la industria que procesa pasta de ají. Esta industria requiere variedades con frutos de diferentes colores, niveles de capsaicina, diversidad de colores en la pasta, con altos rendimientos y adaptadas a las condiciones agroclimáticas de las zonas productivas de Colombia.

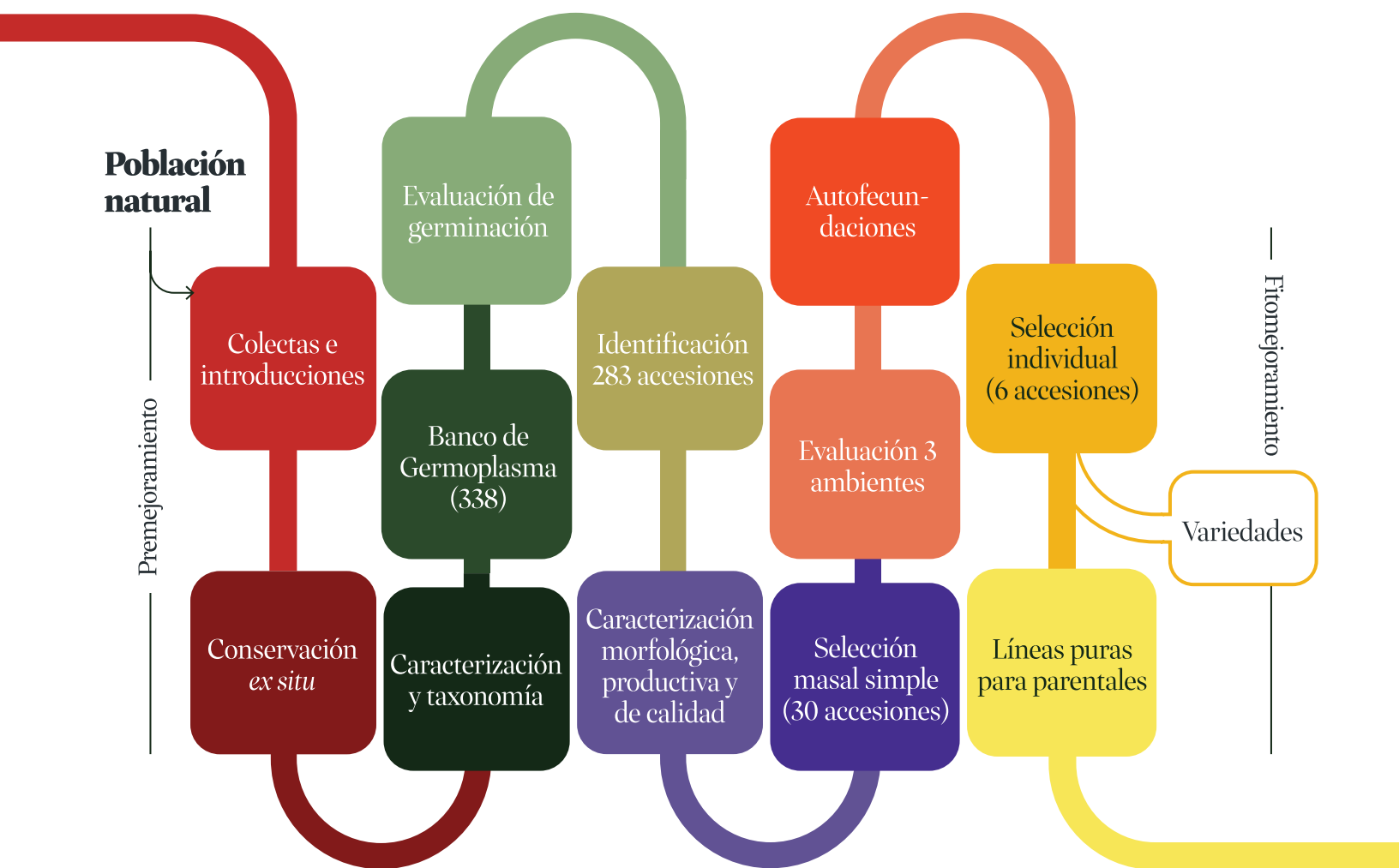


Figura 1.5. Esquema de premejoramiento en *Capsicum* desarrollado por AGROSAVIA.

Fuente: Elaboración propia

En el marco del proyecto, entre 2022 y 2024, en el C. I. La Selva se realizó la caracterización morfológica, genética y de calidad en poscosecha de 283 accesiones pertenecientes a la colección de *Capsicum*. A partir de estos análisis se identificaron 30 accesiones promisorias y la semilla sexual se obtuvo mediante autofecundaciones controladas (para cada ciclo de selección). Las progenies fueron establecidas en tres localidades (Rionegro [Antioquia],

Palmira [Valle] y Timbío [Cauca]) para evaluar su rendimiento y respuesta a plagas y enfermedades. Como resultado de estas evaluaciones fueron seleccionados seis genotipos con mejor adaptación a cada localidad. Posteriormente, en 2025, el rendimiento de estos genotipos se evaluó en cuatro sitios: Rionegro y Campamento (Antioquia), así como en Palmira y Buga (Valle del Cauca). Con base en los resultados obtenidos, entre uno y tres genotipos

promisarios serán seleccionados para continuar en ciclos de evaluación y ser utilizados como variedades comerciales o parentales en el programa de mejoramiento genético en ají de AGROSAVIA.

Universidad Nacional de Colombia (sede Palmira)

La colección de ajís de la Universidad Nacional de Colombia fue formada en 1985, y a partir de ese año se llevaron a cabo misiones de colecta e intercambios con diversas instituciones, lo que permitió la incorporación de material vegetal proveniente de Brasil, México, Costa Rica y Colombia. Como resultado de esta labor, la colección alcanzó un total de 770 introducciones, las cuales fueron establecidas en Palmira (Pardey Rodríguez, 2008).

A través de su programa de investigación “Mejoramiento genético, agronomía y producción de semillas de hortalizas”, la Universidad Nacional ha realizado la colecta, conservación, caracterización y uso de la colección de *Capsicum* spp., compuesta por 720 accesiones (Palacios Castro & García Dávila, 2008). Estas colectas se han realizado en diversas regiones en Colombia, desde la Amazonia hasta la Costa Caribe. La colección ha sido empleada en proyectos de caracterización y mejoramiento genético, enfocándose en la búsqueda de germoplasma con características agronómicas deseables, tales como alta producción, alto contenido de capsaicina y resistencia a *Fusarium* spp., *Phytophthora*

capsici y al virus del mosaico deformante del pimentón (PepDMV, por su sigla en inglés), principalmente, con el fin de obtener variedades mejoradas (Universidad Nacional de Colombia, 2024a, 2024b).

La colección ha sido caracterizada utilizando descriptores que permiten identificar accesiones con potencial en cuanto a producción, arquitectura de planta y rasgos fisicoquímicos deseables. Dentro de los estudios se encuentra la caracterización morfológica de 93 accesiones procedentes de 11 países (Bolivia, Brasil, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Guyana, México, Perú y El Salvador) y cuatro especies (*C. annuum*, *C. baccatum*, *C. frutescens* y *C. chinense*). Los resultados revelaron una alta variabilidad en los rasgos relacionados con la arquitectura de planta, las estructuras reproductivas y la producción. Este trabajo permitió identificar agrupaciones de accesiones según su lugar de origen, pero no permitió observar agrupación clara por especie (Palacios Castro & García Dávila, 2008).

Pardey et al. (2006) y Pardey Rodríguez (2008) realizaron la caracterización fenotípica y molecular, así como la evaluación de rendimiento de 100 accesiones. Las variables de fruto, flores y forma de la planta representaron una mayor proporción de la variabilidad encontrada y también se identificaron materiales más promisorios respecto a los comerciales.

Por otro lado, en la caracterización de 100 accesiones tomadas al azar de esta colección, los resultados mostraron una correlación negativa entre el contenido de capsaicina y el rendimiento, así como entre el número de frutos y el peso de estos. El trabajo permitió además observar alta variabilidad en las variables producción, número y peso de frutos, tanto entre como dentro de las especies en *C. annuum*, *C. frutescens* y *C. chinense*. La variabilidad observada en el género fue atribuida a características del fruto. Los resultados obtenidos permitieron concluir que en este banco existen accesiones con rasgos atractivos para las industrias alimentaria y farmacéutica, y resaltan las accesiones promisorias para mejorar el contenido de capsaicina (Pardey Rodríguez, 2008; Pardey Rodríguez et al., 2009).

También se realizó la caracterización de 21 accesiones usando 50 descriptores morfológicos del International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). Las evaluaciones permitieron identificar accesiones de importancia económica a utilizar en la producción de materiales mejorados. Sin embargo, no permitieron diferenciar entre especies (Muñoz, 2016). La colección, además, se ha utilizado en estudios para evaluar *loci* con potencial para diferenciar entre las especies *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* y *C. pubescens* (Vallejo et al., 2012).

La respuesta a enfermedades en esta colección ha sido ampliamente estudiada con el fin de encontrar alelos para la producción de variedades que permitan

responder a los principales problemas fitosanitarios del cultivo. De ahí que se haya realizado la evaluación de la respuesta al PepDMV, con lo que se identificaron 13 accesiones con resistencia a este virus. Además, se ha evidenciado la importancia de los efectos aditivos en la herencia de la resistencia a PepDMV (Pardey Rodríguez, 2008; Pardey Rodríguez et al., 2009).

De esta colección fueron evaluadas 120 accesiones por su respuesta a inoculaciones de *P. capsici* en condiciones de invernadero, de manera que se encontraron 9 accesiones altamente resistentes al patógeno (Hurtado Tenorio, 2010). En un trabajo posterior, se evaluó la resistencia a *P. capsici* (Leonian) y *Fusarium* spp. en 30 accesiones. Como resultado, se identificaron 5 accesiones resistentes a *P. capsici* y 9 a *Fusarium* spp., sumadas a algunas accesiones que presentaron resistencia a ambos patógenos. Cabe resaltar que las plantas resistentes mostraron menores niveles de capsaicina, lo cual se corroboró mediante correlaciones negativas entre las variables (Cardona Arce, 2013).

Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi

Melgarejo et al. (2004) caracterizaron 377 accesiones de *Capsicum* colectadas en la región amazónica colombiana, y hallaron una amplia variabilidad en la colección, sin embargo, el estudio no permitió distinguir características específicas del complejo *annuum*. Estos estudios realizaron caracterizaciones morfológicas a partir de descrip-



tores del IPGRI, caracterizaciones bioquímicas por isoenzimas, y moleculares por polimorfismos en la longitud de fragmentos amplificados (AFLP, por su sigla en inglés), además de estudios fisiológicos a las semillas y etnobotánicos asociados a los materiales colectados (Melgarejo et al., 2004).

La conservación de los recursos genéticos es un pilar fundamental para la sostenibilidad y el desarrollo del mejoramiento genético del ají (*Capsicum* spp.) en Colombia. A lo largo de los años, los bancos de germoplasma han permitido preservar la variabilidad genética de este cultivo para asegurar la disponibilidad de material vegetal con características de interés agronómico, industrial y adaptativo. Sin embargo, para que esta diversidad sea aprovechada

en programas de mejoramiento, es esencial caracterizar fenotípica y genéticamente las accesiones conservadas. En este contexto, el premejoramiento juega un papel clave, ya que permite evaluar y seleccionar materiales con atributos favorables, que respondan a los requerimientos de la industria. En Colombia, instituciones como AGROSAVIA, la Universidad Nacional de Colombia y el Instituto Sinchi han avanzado en la caracterización de colecciones de *Capsicum* spp., con lo que han identificado accesiones promisorias para su incorporación en programas de fitomejoramiento. Este conocimiento es la base para el desarrollo de nuevas variedades con mejor rendimiento, resistencia y calidad, para promover así un uso eficiente y sostenible de la biodiversidad del ají en el país.



Foto: Oscar Alfonso Loaiza-Loaiza

Reflexión

"Usamos lo que conocemos: lo que no se conoce no se usa, lo que no se usa se pierde".

Mario Lobo Arias

Los trabajos de premejoramiento en Colombia han tenido como fin ampliar el conocimiento de la diversidad presente en los bancos de germoplasma y realizar una correcta conservación; se han enfocado en la caracterización morfológica, bioquímica y molecular, además de la evaluación agronómica de las colecciones de trabajo que tienen las instituciones que las conservan (AGROSAVIA, la Universidad Nacional y el Instituto Sinchi). Un común denominador de estos trabajos es la demostración de la amplia variabilidad genética del género, además de la dificultad en diferenciar entre las especies *C. frutescens*, *C. chinense* y *C. annum*.

El conocimiento que se genera sobre el germoplasma disponible es fundamental para realizar un mayor uso y aprovechamiento de los genotipos. Este conocimiento, actualizado de manera continua, permite el desarrollo de variedades más productivas, con resistencia a las principales limitantes fitosanitarias, adaptadas a las condiciones climáticas cada vez más variables y con diferentes atributos de calidad poscosecha, para contar con diversidad de usos en la industria.

Una de las principales conclusiones de este capítulo resalta la importancia de articular los esfuerzos que realizan las instituciones que conservan materiales de germoplasma de *Capsicum* en Colombia, con el propósito de integrar los resultados obtenidos y optimizar la información y los recursos para impactar con mayor eficiencia y a menor costo de oportunidad la cadena de valor del sistema productivo, lo cual se verá reflejado en la calidad de vida de productores, consumidores y transformadores. Adicionalmente, esta articulación permitiría identificar particularidades de interés en las diferentes accesiones y evaluar su comportamiento de acuerdo con las necesidades productivas, culturales y alimentarias propias de cada región y departamento. Una estrategia clave para lograrlo podría ser el intercambio coordinado de material vegetal y la homologación de metodologías, de manera que las colecciones puedan estudiarse de forma conjunta o complementaria. Así, se favorecería el conocimiento recíproco entre instituciones, lo que permitiría que cada una reconociera los recursos genéticos conservados en el país y al servicio de los propósitos nacionales.

Finalmente, se reconoce la importancia de definir líneas de investigación que respondan a intereses comunes y que contribuyan a generar un impacto positivo en los productores. Esto implica considerar las propiedades y requerimientos compartidos entre regiones o departamentos, con el propósito de unificar criterios de evaluación y selección de los materiales existentes a nivel nacional, para fortalecer así su aprovechamiento y la transferencia de beneficios directos al sector productivo.



Referencias

- Arias, J., & Melgarejo, L. M. (2000). *Ají: historia, diversidad y usos*. Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi; Minambiente; Colciencias.
- Barchenger, D. W., & Khoury, C. K. (2022). *Global strategy for the conservation and use of Capsicum genetic resources*. Global Crop Diversity Trust. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8367264>
- Bernal-Vásquez, A. M., Utz, H. F., Piepho, H. P. (2016). Outlier detection methods for generalized lattices: a case study on the transition from ANOVA to REML. *Theoretical and Applied Genetics*, 129, 787-804. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2666-6>
- Bernardo, R. (1996). Best linear unbiased prediction of maize singlecross performance. *Crop Science*, 36(1), 50-56. <https://doi.org/10.2135/cropsci1996.0011183X003600010009x>
- Cardona Arce, J. (2013). *Evaluación de genotipos de ajíes ('Capsicum' spp.) resistentes a pudriciones radicales causadas por 'Fusarium' sp y 'Phytophthora capsici'* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UN. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/58f49ca7-7d44-4765-9f96-565da0a0150c/content>
- Ceccarelli, S., & Grando, S. (2022). Return to agrobiodiversity: participatory plant breeding. *Diversity*, 14(2), 126. <https://doi.org/10.3390/d14020126>
- Costa de Carvalho, S. I., de Ben Bianchetti, L., Goulart Bustamante, P., & Barbosa da Silva, D. (2003). *Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (Capsicum spp.) da Embrapa Hortaliças*. Embrapa Hortaliças. <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/774690/1/Catalogo-de-Germoplasma2.pdf>
- Estaghvirou, S. B. O., Ogutu, J. O., Piepho, H. P. (2014). Influence of outliers on accuracy estimation in genomic prediction in plant breeding. *G3: Genes, Genomes, Genetics*, 4, 2317-2328. <https://doi.org/10.1534/g3.114.011957>
- Ford, B., Deng, W., Clausen, J., Oliver, S., Boden, S., Hemming, M., & Trevaskis, B. (2016). Barley (*Hordeum vulgare*) circadian clock genes can respond rapidly to temperature in an early flowering 3-dependet manner. *Journal of Experimental Botany*, 67(18), 5517-5528. <https://doi.org/10.1093/jxb/erw317>
- González, M. Y., Philipp, N., Schulthess, A. W., Weise, S., Zhao, Y., Börner, A., Oppermann, M., Graner, A., Reif, J. C. (2018). Unlocking historical phenotypic data from an *ex situ* collection to enhance the informed utilization of genetic resources of barley (*Hordeum* sp.). *Theoretical and Applied Genetics*, 131(9), 2009-2019. <https://doi.org/10.1007/s00122-018-3129-z>
- González, M. Y., Zhao, Y., Jiang, Y., Stein, N., Habekuss, A., Reif, J. C., Schulthess, A. W. (2021). Genomic prediction models trained with historical records enable populating the German *ex situ* genebank bio-digital resource center of barley (*Hordeum* sp.) with information on resistances to soilborne barley mosaic viruses. *Theoretical and Applied Genetics*, 134, 2181-2196. <https://doi.org/10.1007/s00122-021-03815-0>
- Hurtado Tenorio, I. (2010). *Búsqueda de resistencia a 'Phytophthora capsici' Leonian en germoplasma de 'Capsicum' spp.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira]. Repositorio UN. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/04c8b8bf-3383-4b88-8628-d94d82501f79/content>

- Medina, C. I., Lobo, M., & Gómez, A. F. (2006). Variabilidad fenotípica en poblaciones de ají y pimentón de la colección colombiana del género *Capsicum*. *Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 7(2), 25-39. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945021004.pdf>
- Melgarejo, L. M., Hernández, M. S., Barrera, J. A., Bardales, X. (Eds.) (2004). *Caracterización y usos potenciales del banco de germoplasma de ají amazónico* (pp. 11-12). Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi; Universidad Nacional de Colombia. https://sinchi.org.co/files/publicaciones/publicaciones/pdf/LIBRO_AJIWEB.pdf
- Milner, S. G., Jost, M., Taketa, S., Mazón, E.R., Himmelbach, A., Oppermann, M., Weise, S., Knüpffer, H., Basterrechea, M., König, P., Schüller, D., Sharma, R., Pasam, R. K., Rutten, T., Guo, G., Xu, D., Zhang, J., Herren, G., Müller, T., Krattinger, S. G., ... Stein, N. (2019). Genebank genomics highlights the diversity of a global barley collection. *Nature Genetics*, 51(2), 319-326. <https://doi.org/10.1038/s41588-018-0266-x>
- Muñoz, M. M. (2016). *Caracterización morfológica de 21 accesiones de 'Capsicum' spp. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira* [Tesis de Maestría]. Repositorio UN. <https://bffrepositorio.unal.edu.co/server/api/core/bitstreams/b109ef89-61ce-45dc-82fc-04f7ec1dbfc5/content>
- Muñoz-Amatriaín, M., Cuesta-Marcos, A., Endelman, J. B., Comadran, J., Bonman, J. M., Bockelman, H. E., Chao, S., Russell, J., Waugh, R., Hayes, P. M., & Muehlbauer, G. J. (2014). The USDA barley core collection: genetic diversity, population structure, and potential for genome-wide association studies. *PloS One*, 9(4), e94688. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0094688>
- Palacios Castro, S., & García Dávila, M. A. (2008). Caracterización morfológica de 93 accesiones de *Capsicum* spp. del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira. *Acta Agronómica*, 57(4), 247-252. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169914224005.pdf>
- Pardey R., C., García D., M. A., Vallejo, C., & Franco, A. (2006). Caracterización morfológica de cien introducciones de *Capsicum* del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. *Acta Agronómica*, 55(3), 1-9. <https://www.redalyc.org/pdf/1699/169920331001.pdf>
- Pardey Rodríguez, C. (2008). *Caracterización y evaluación de accesiones de 'Capsicum' del Banco de Germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y determinación del modo de herencia de la resistencia a potyvirus (PepDMV)* [Tesis doctoral, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira]. Repositorio UN. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2449/9004001.2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pardey Rodríguez, C., García Dávila, M. A., & Vallejo Cabrera, F. A. (2009). Evaluación agronómica de accesiones de *Capsicum* del banco de germoplasma de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. *Acta Agronómica*, 58(1), 23-28. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169913326004>
- Peñaloza, A., Valls, J. F. M., Rosso, B., Condón, F. (2010). Caracterización y evaluación de recursos fitogenéticos. En *Estrategia en recursos fitogenéticos para los países del Cono Sur* (pp. 85-96). Procisur. <https://repositorio.iica.int/items/1c67cf64-6508-4674-b443-0f6e9b639f5a>



- Philipp, N., Weise, S., Oppermann, M., Börner, A., Graner, A., Keilwagen, J., & Kilian, B. (2018). Leveraging the use of historical data gathered during seed regeneration of an *ex situ* genebank collection of wheat. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2018.00609/full>
- Pinheiro de Carvalho, M. A., Bebeli, P. J., Bettencourt, E., Costa, G., Dias, S., Dos Santos, T. M., & Slaski, J. J. (2013). Cereal landraces genetic resources in worldwide GeneBanks: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 177-203. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0090-0>
- Universidad Nacional de Colombia. (2024a). *Obtención de líneas de Capsicum spp. con resistencia a 'Phytophthora capsici' Leonian y al virus del mosaico deformante del pimentón (PepDMV)*. <http://www.hermes.unal.edu.co/pages/Consultas/Proyecto.xhtml?idProyecto=13703&opcion=1>
- Universidad Nacional de Colombia. (2024b). *Búsqueda de resistencia a la pudrición causada por 'Fusarium' spp. en 'Capsicum'*. <http://www.hermes.unal.edu.co/pages/Consultas/Proyecto.xhtml?idProyecto=10201&opcion=1>
- Vallejo, F. A., Muñoz, J. E., & Rojas, R. D. (2012). Códigos de barras para la identificación del complejo *Capsicum*. *Acta Agronómica*, 61(5), 32-33. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/download/41447/43051
- Villota-Cerón, D., Bonilla-Betancourt, M. L., Carmen-Carrillo, H., Jaramillo- Vásquez, J., & García-Dávila, M. A. (2012). Caracterización morfológica de introducciones de *Capsicum* spp. existentes en el Banco de Germoplasma activo de Corpoica C. I. Palmira, Colombia. *Acta Agronómica*. 61(1), 16-26. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122012000100003
- Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., Blomberg, N., Boiten, J. W., Da Silva Santos, L. B., Bourne, P. E., Bouwman, J., Brookes, A. J., Clark, T., Crosas, M., Dillo, I., Dumon, O., Edmunds, S., Evelo, C. T., Finkers, R., González-Beltrán, A., ..., Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific Data*, 15(3), 160018. <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0009-6>
- Yu, X., Li, X., Guo, T., Zhu, C., Wu, Y., Mitchell, S. E., Roozeboom, K. L., Wang, D., Wang, M. L., Pederson, G. A., Tesso, T. T., Schnable, P. S., Bernardo, R., & Yu, J. (2016). Genomic prediction contributing to a promising global strategy to turbocharge gene banks. *Nature Plants*, 2, 16150. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.150>