

Alianza



POLÍTICAS EN SÍNTESIS No. 53

Cultivos trotamundo:

Una contribución del ICA y la Alianza Bioversity-CIAT para la investigación agrícola

Resumen

La investigación científica y el desarrollo tecnológico es el trabajo creativo como resultado de la colaboración de múltiples instituciones, y esto ha existido por décadas en una gran sinergia entre el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y la Alianza Bioversity-CIAT. Esta colaboración ha contribuido significativamente con la distribución y promoción alrededor del mundo de materiales genéticos de arroz, forrajes, fríjol y yuca con mejores características agronómicas, y al mismo tiempo en el mantenimiento y conservación de la diversidad de estos cultivos. Los registros de los programas de mejoramiento genético y el banco de germoplasma de la Alianza muestran que en colaboración ambas instituciones han distribuido cerca de 400.000 materiales genéticos que contienen germoplasma base, líneas avanzadas, o variedades mejoradas a diversos países en todo el mundo, siguiendo la normatividad internacional y certificación fitosanitaria emitidas por el ICA. Los resultados muestran que los materiales distribuidos han sido solicitados por una gran diversidad de instituciones en diferentes países y con múltiples propósitos en la investigación y la ingeniería agronómica. Finalmente, en este documento, resaltamos los mayores logros alcanzados por el ICA y la Alianza, los cuales han contribuido de modo significativo a la investigación científica y la seguridad alimentaria a nivel mundial.

MENSAJES CLAVE



Esta colaboración abarca cada uno de los 395.336 materiales genéticos (i.e., germoplasma, líneas avanzadas, variedades mejoradas) que han sido distribuidos alrededor del mundo para contribuir a la investigación agrícola.



Estas instituciones han colaborado por más de medio siglo, contribuyendo con la conservación y la recuperación de diversidad genética. Por ejemplo, en Ruanda, a través de la iniciativa *Seeds for Hope*, se recuperaron diversas variedades de fríjol que se perdieron durante 1994.



Los materiales se han enviado a 133 países en todos los continentes del planeta con más de mil instituciones que han contribuido significativamente con la investigación agrícola.

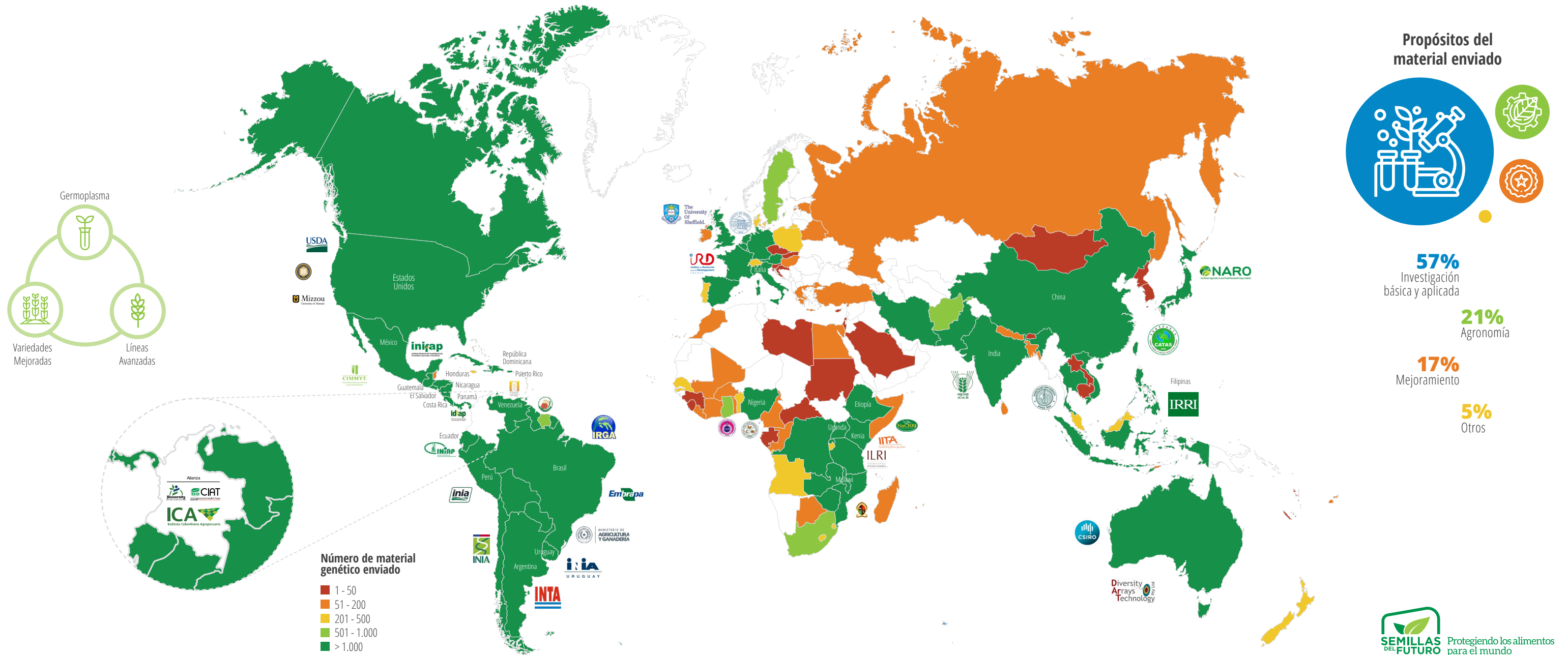


El germoplasma distribuido en el mundo ha contribuido a conservar copias de seguridad de material genético en distintos lugares del mundo para asistir en caso de pérdida.

PALABRAS CLAVE

Material genético, agricultores, banco de germoplasma, programa de mejoramiento, variedades mejoradas, adopción, impacto.

El banco de germoplasma y los programas de mejoramiento de la Alianza de Bioversity-CIAT han compartido alrededor de 400.000 materiales genéticos, con el apoyo del ICA para su certificación sanitaria



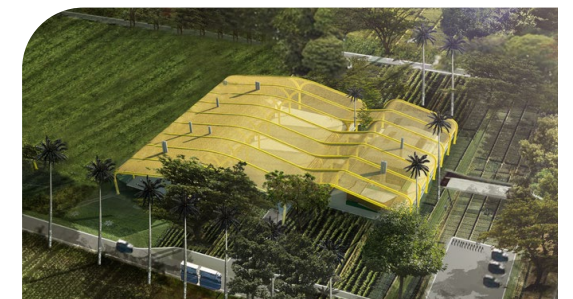
Recursos genéticos enviados



La movilización de recursos genéticos ha contribuido a la generación de más de **mil variedades mejoradas** que pasaron por los controles del ICA.



Existen copias de seguridad del banco de germoplasma salvaguardadas en la **Bóveda Global de semillas de Svalbard** y en CIMMYT.



La Alianza continuará enviando material genético alrededor del mundo y actualmente está construyendo **Semillas del Futuro** para poder enfrentar nuevos retos.

Introducción

Hablar de la seguridad alimentaria a nivel mundial implica considerar que 1 de cada 10 personas (820 millones) van a la cama con hambre de forma recurrente, o no logran acceder a la diversidad de alimentos en sus hogares (ONU, 2019). La investigación y el desarrollo en agricultura, nutrición o campos afines buscan cambiar esta realidad mejorando la calidad y características de los alimentos o las condiciones bajo las cuales son producidos y comercializados. La investigación y el desarrollo tienen un impacto directo en la calidad de vida de diversos actores, entre ellos, diversos grupos vulnerables como los agricultores. Con base en esta premisa, se debe continuar avanzando en la investigación y el desarrollo de innovaciones en estas áreas, teniendo en cuenta que los problemas de malnutrición son globales. Por estas razones, la colaboración es clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible relacionados con la agricultura (e.g., malnutrición, hambre cero, pobreza, acción por el clima, igualdad de género, entre otros).


Una de las alternativas propuestas desde hace décadas para mejorar las condiciones de seguridad alimentaria ha sido el desarrollo de variedades resistentes a plagas y enfermedades, con mayor valor nutricional, con altos rendimientos y resilientes al cambio climático. Estas variedades se han generado gracias a los esfuerzos colaborativos entre diversas instituciones (nacionales e internacionales) en diferentes partes del mundo. El ejemplo más icónico ha sido las variedades mejoradas

de trigo desarrolladas por Norman Borlaug en México en los años sesenta, las cuales contribuyeron a salvar millones de personas de la hambruna en la India y posteriormente en el mundo entero (Borlaug, 1972). Así, la internacionalización de la investigación y la transferencia de conocimiento entre regiones ha sido esencial, la cual ha sido soportada por cientos de ejemplos similares a los desarrollos por Borlaug.

Compartir este material genético es crucial para impulsar el uso, la difusión y la adopción de variedades mejoradas y de esta manera beneficiar a un número significativo de productores, intermediarios, industriales, y consumidores. Sin embargo, la transferencia de material genético (germoplasma, líneas avanzadas y variedades mejoradas) requiere de métodos eficientes, transparentes y controlados para garantizar calidad, inocuidad y rapidez. El Centro Internacional de Agricultura Tropical (ahora parte de la Alianza Bioversity-CIAT) y el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) han sido un referente de la sinergia que existe entre un instituto internacional que desarrolla y disemina material genético y su socio local que facilita, certifica y garantiza la sanidad y calidad de ese material para que pueda circular a nivel mundial.

Algunos ejemplos de la colaboración exitosa que ha existido entre el ICA y el CIAT durante este tiempo han permitido el envío satisfactorio de miles de semillas alrededor de todo el mundo, dando origen a diversas variedades mejoradas. Estos materiales genéticos han sido adoptados en múltiples países, generando un impacto sustancial en los agricultores.



 Borlaug y sus "apóstoles del trigo" (fuente: <https://borlaug.cfans.umn.edu/>)





ICA-CIAT EN CONTEXTO

El **ICA** es el encargado de regular la sanidad agropecuaria y la inocuidad agroalimentaria del agro colombiano. Entre sus labores, está el verificar que la exportación e importación de materiales genéticos se realicen bajo ciertos criterios sanitarios que cumplan con los estándares internacionales. El ICA fue creado en 1962 con el propósito de “coordinar e intensificar las labores de investigación, enseñanza y extensión de las ciencias agropecuarias, para el mejor y más armónico desarrollo de todas las actividades del sector y especialmente para facilitar la reforma social agraria” (ICA, 2021a). En 1993, el ICA enfocó sus funciones hacia el control de la sanidad agropecuaria del país, realizando actividades tales como asesorar al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), coordinar actividades con el sector agropecuario, autoridades civiles, militares y público en general, con el objetivo de prevenir, controlar, erradicar y manejar plagas y enfermedades de importancia cuarentenaria en el país y la investigación técnica (ICA, 2021b). Por otro lado, las labores de investigación científica fueron asumidas por Agrosavia (anteriormente Corpoica) desde el año 1992. Durante 2020, el ICA destinó COP\$125 mil millones para gastos de personal (equivalentes a alrededor de USD34 millones).¹ En términos de la inversión requerida para ejecutar sus labores, el Instituto cuenta con un beneficio del Gobierno de COP\$119 mil millones y \$70 mil millones de recursos propios, para un total de \$189 mil millones invertidos (USD51 millones).

Por otra parte, el **CIAT** fue creado el 17 de octubre de 1967 en el municipio de Palmira (Valle del Cauca). El Ministerio de Agricultura (actual MADR) de ese entonces delegó al ICA las labores de monitorear el material de propagación desde que el CIAT se constituyó. Desde entonces, existe una relación de más de medio siglo que se ha desarrollado entre estas entidades, contribuyendo mutuamente al crecimiento y fortalecimiento de las mismas.



CIFRAS

Se cuenta con la información de los envíos de material genético desde el CIAT a la comunidad internacional solicitados con múltiples propósitos y por diversas entidades de investigación, educación, privadas o incluso de agricultores. Algunos de los objetivos más comunes son el mejoramiento, la investigación o la conservación. La base de datos cuenta con información de los programas de mejoramiento y el banco de germoplasma por cerca de 40 años. Se realizaron más de mil envíos internacionales (1.081) desde los programas de mejoramiento desde 2007,² y más de cuatro mil quinientos (4.573) envíos desde el banco de germoplasma desde 1973. En total, se cuenta con 5.654 registros de los envíos, de las cuales 2.454 son de envíos de material de frijol, 1.867 de forrajes, 795 de yuca y 529 de arroz.

Envíos alrededor del mundo

La cantidad total de materiales genéticos que se han enviado incluyen los cultivos de frijol (184.342 materiales genéticos en 2.400 envíos), seguidos de arroz (140.785 en 529 envíos), forrajes (35.908 en 1.900 envíos) y (34.062 en 795 envíos) para la yuca (Figura 1).

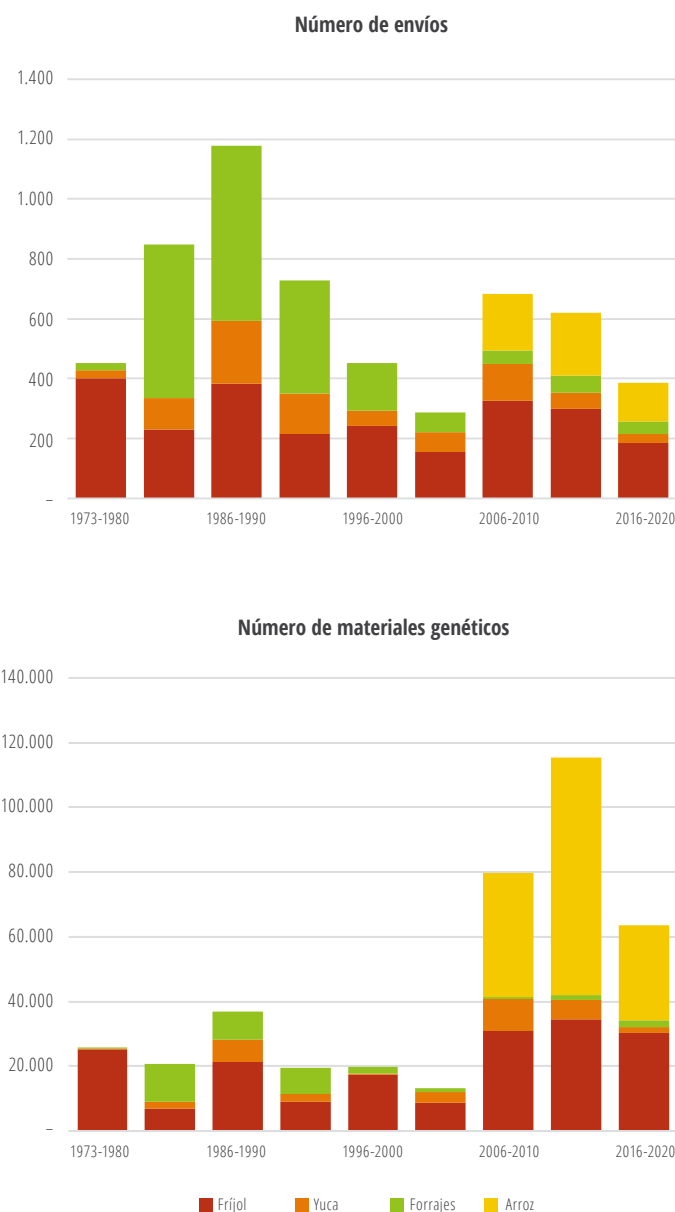


Figura 1: Número de envíos y material genético, por cultivo.

Fuente: Cálculos propios, con datos de los programas de mejoramiento y del banco de germoplasma de la Alianza Bioersity-CIAT.

¹ Tasa de referencia del dólar promedio para 2020, establecida en COP\$3.693.36 por un dólar americano (<http://www.superfinanciera.gov.co>).

² Esta base de datos tiene registros desde 2007 debido al establecimiento del Acuerdo Estándar de Transferencia de Materiales Genéticos (SMTA por sus siglas en inglés: Standard Material Transfer Agreement).



Hay varios hechos a resaltar, y a pesar de que el CIAT no mantiene material genético en el banco de germoplasma para el cultivo de arroz, ha realizado numerosos envíos de líneas avanzadas para América Latina, por medio de su programa de mejoramiento en cooperación con el FLAR (Fondo Latinoamericano para Arroz de Riego). En el caso del cultivo de la yuca y forrajes, se empezó a enviar materiales a otros países desde la década de los ochenta, y finalmente se destaca que los materiales de frijol han sido enviados en gran cantidad y de manera constante en los 47 años para los cuales se tienen datos. Asimismo, es importante destacar el hecho de que hay un envío de 24.850 líneas de arroz hacia el Instituto Internacional de Investigación del Arroz (IRRI)³ en Filipinas con el propósito de investigación aplicada (Figura 1).

En relación con los destinos de los materiales genéticos, se han enviado principalmente a las Américas, Asia y África subsahariana. Individualmente, se destaca Estados Unidos, Brasil y México en el primer continente, Filipinas, India y China en el segundo, y Uganda, Etiopía y Malawi en la sub-región africana.

En términos de número de envíos y cultivos, es Estados Unidos el país que más material ha recibido y principalmente de frijol. Esto debido a que la Universidad de California ha solicitado y adquirido más de 5.600 materiales genéticos. A Brasil, se envía principalmente material de forrajes y frijol, donde el socio principal es Embrapa. En el caso de Filipinas, dada la relación con el IRRI, se han enviado un número significativo de líneas de arroz. La yuca se ha enviado principalmente a África subsahariana y a países desarrollados.⁴

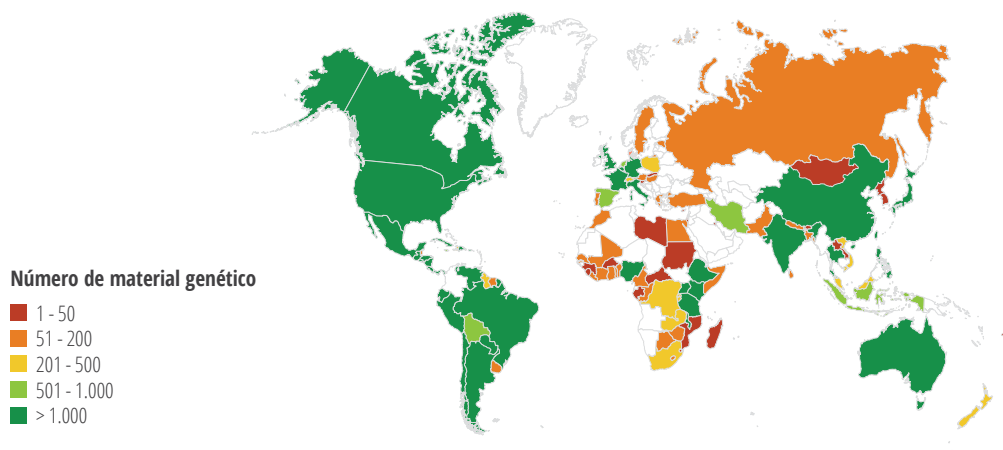


Figura 2a: Mapa de material genético a todo el mundo, años 1973-2006.⁵

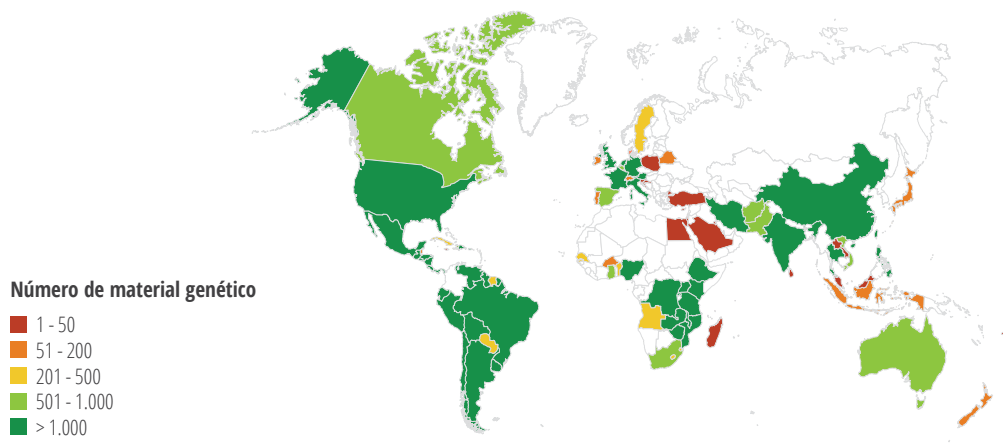


Figura 2b: Mapa de material genético a todo el mundo, años 2007-2020.⁵

Fuente: Cálculos propios, con datos de los programas de mejoramiento y del banco de germoplasma de la Alianza Bioersity-CIAT.

3 El IRRI es un centro de investigación dedicado a reducir la pobreza y el hambre en las regiones que dependen de los sistemas agroalimentarios del arroz, y es un Centro hermano de la Alianza pues también hace parte de CGIAR.

4 Como países desarrollados, se consideraron los 15 países con producto interno bruto más alto en el año 2019. Se tomó la conversión a paridad de poder adquisitivo para hacer comparaciones internacionales (datos más recientes del Banco Mundial: <https://bit.ly/3s43m7H>). Estos países son: Alemania, Brasil, Canadá, Corea del Sur, China, España, Estados Unidos, Francia, India, Italia, Japón, México, Reino Unido, Rusia y Turquía.

5 Los números dentro del mapa corresponden al total de envíos realizados por el respectivo país.

Es importante aclarar que la distribución por número de envíos es distinta al número de material genético (Figura 1), debido a que no hay límite para el material que puede ser solicitado en cada envío, lo que hace que se puedan presentar inconsistencias entre estas dos distribuciones. Se resaltan dos actividades con un gran volumen de semillas promedio que salen en cada envío: para *Investigación aplicada*⁶ (131 materiales por envío) y *Mejoramiento*⁷ (123 materiales por envío), en contraste con la investigación relacionada con las características agronómicas de las semillas y las actividades de entrenamiento de las cuales salen en promedio 38 y 19 materiales genéticos por envío, respectivamente. La categoría de *Agronomía* hace referencia a las actividades

en las que se explora cómo esos materiales genéticos reaccionan a diferentes manejos agronómicos (Figura 3).

La principal razón por la cual se solicita material genético es la investigación aplicada. Alrededor de 130.000 materiales fueron enviados para este fin, en gran mayoría del cultivo de arroz y frijol. Sin embargo, también se reciben solicitudes con fines agronómicos, más de 80.000 materiales fueron enviados, principalmente de frijol y forrajes. Referente a los cultivos, el arroz se solicitó para investigación aplicada, mejoramiento, investigación básica y agronomía, mientras que los materiales de frijol, yuca y forrajes tropicales fueron solicitados para conservación y entrenamiento (Figura 3).

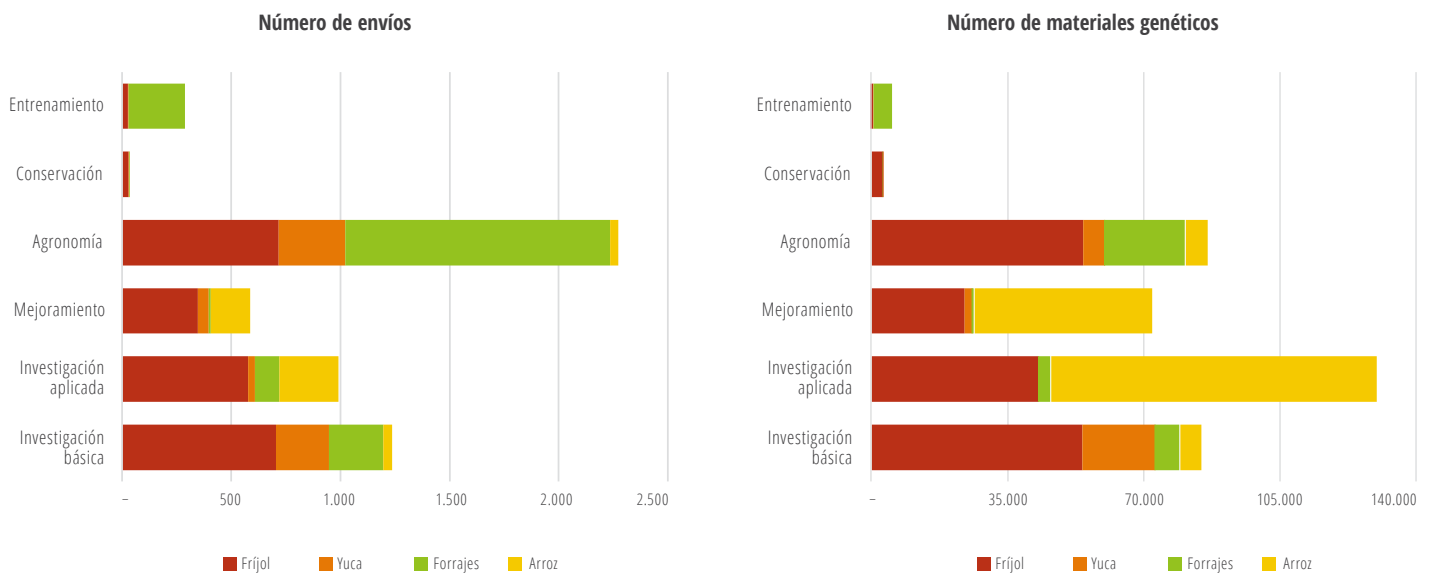


Figura 3: Propósito por número de envíos y cantidad de material genético, por cultivo.

Fuente: Cálculos propios, con datos de los programas de mejoramiento y del banco de germoplasma de la Alianza Bioversity-CIAT.

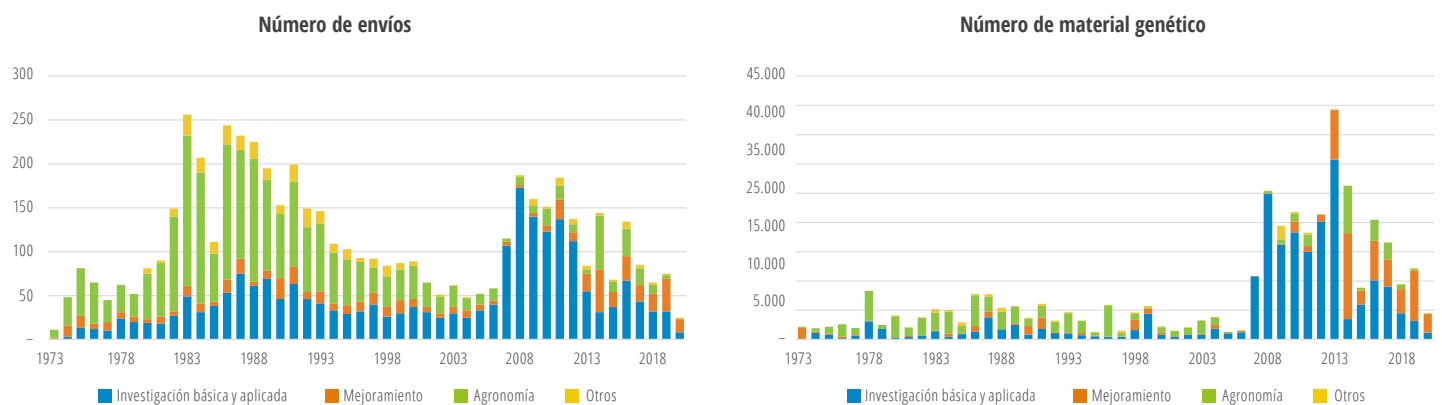


Figura 4: Tendencias temporales, por propósito. Años 1973-2020.

Fuente: Cálculos propios, con datos de los programas de mejoramiento y del banco de germoplasma de la Alianza Bioversity-CIAT.

6 Esta categoría agrupa los envíos que tienen como objetivo actividades de pre-mejoramiento o de investigación básica.

7 Esta categoría agrupa aquellos envíos que tienen como objetivo el desarrollo de variedades mejoradas que serán diseminadas en el país que las recibe.

Desde 1973, el principal propósito de solicitud de material genético es entender su desempeño ante diferente manejo agronómico,⁸ seguida de la investigación aplicada. Durante 2008, la tendencia muestra un cambio y la *Investigación aplicada* pasa a ser más recurrente que la *Agronomía*. Lo anterior, es por la influencia que hay por la disponibilidad de datos de los envíos desde los programas de mejoramiento, que solo están disponibles desde 2007. Para este mismo año, también se nota un aumento considerable en los envíos para *Investigación básica* y para *Mejoramiento*. Durante los 47 años analizados, materiales para *Investigación aplicada* fueron principalmente solicitados por países en Latinoamérica y el Caribe, África subsahariana y países desarrollados. Los países latinoamericanos también solicitaron en gran cantidad material para *Mejoramiento* y *Agronomía*, mientras los países desarrollados y los africanos mostraron gran interés en el material para la *Investigación aplicada* e *Investigación básica*.

Las instituciones que más solicitaron material durante los 47 años observados son los Sistemas Nacionales de

Investigación Agropecuaria (NARS, por sus siglas en inglés) y las universidades (Figura 6). Esto es esperado debido a que la mayoría de los envíos son realizados con propósito de *Agronomía*, *Investigación aplicada* e *Investigación básica*. Las instituciones internacionales también solicitaron una cantidad considerable de material genético, en gran medida debido al caso particular del arroz, como ya se mencionó. Es importante destacar que los envíos a instituciones internacionales y privadas tuvieron un aumento considerable en las primeras décadas del siglo XXI, lo cual se ve reflejado en los materiales enviados entre 2011 y 2020 (Figura 6).

En términos del número de material genético, la *Investigación aplicada* requirió más en comparación con la *Agronomía*, y a pesar de que el CIAT hizo poco más de 200 envíos, en términos de mejoramiento, se emplearon casi 35.000 materiales. Las universidades requirieron estos materiales en aras de la *Investigación básica* y *Agronomía* en la mayoría de los casos.

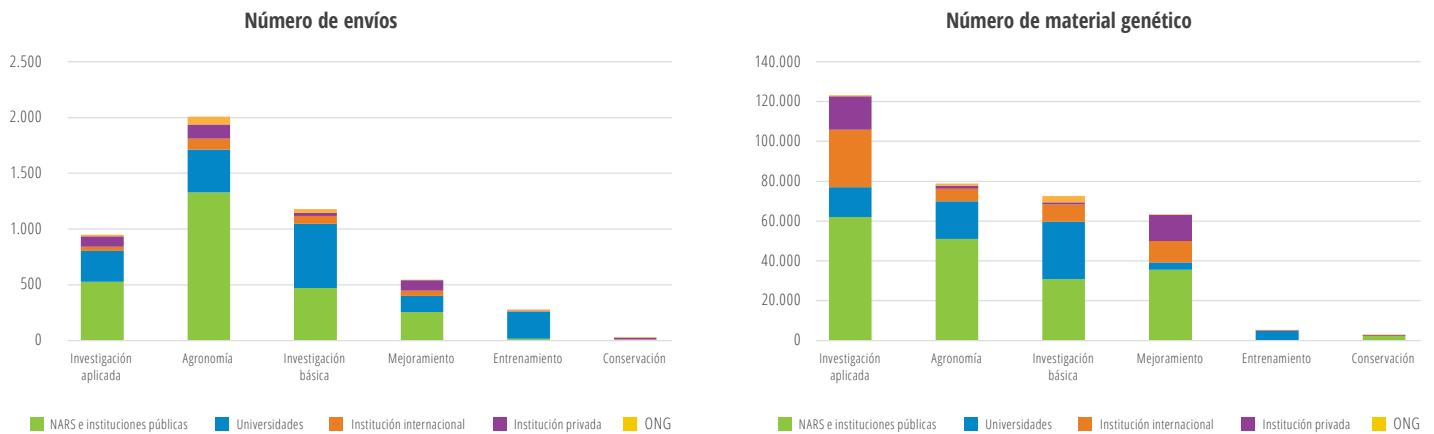


Figura 5: Número de envíos y de material genético que salieron desde el CIAT, por décadas.

Fuente: Cálculos propios, con datos de los programas de mejoramiento y del banco de germoplasma de la Alianza Bioersity-CIAT.

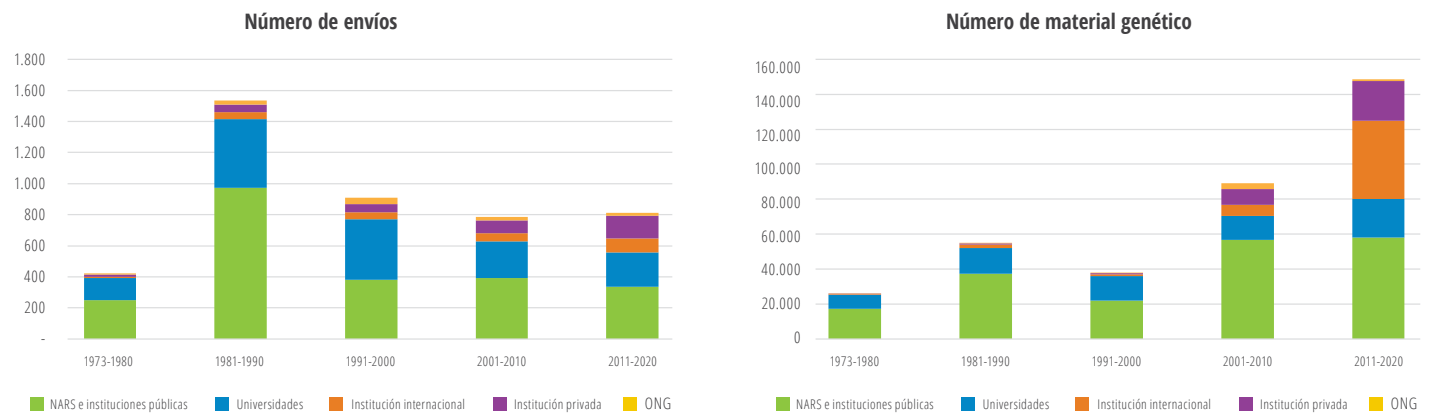


Figura 6: Número de envíos y de material genético que salieron desde CIAT, por propósito de solicitud.

Fuente: Cálculos propios, con datos de los programas de mejoramiento y del banco de germoplasma de la Alianza Bioersity-CIAT.

⁸ Entendemos que, cuando se solicitan materiales con este propósito, el fin de estos es ser utilizados para investigación de prácticas agronómicas.

Contribuciones del ICA y la Alianza Bioversity-CIAT

Son múltiples los ejemplos que demuestran los beneficios de la alianza entre el ICA y el CIAT. Uno de los ejemplos más antiguos lo presenta Vallejo y Estrada (2002), que mencionan que las antiguas variedades de arroz rendían aproximadamente 1,2 toneladas por hectárea, mientras que en el año de la publicación, el rendimiento de las variedades llegó a estar entre 9 y 12 t/ha; esto gracias al esfuerzo conjunto del ICA y el CIAT (p. 24). De igual manera, los estudios realizados por el ICA entre 1974 y 1975 permitieron que se estableciera el Primer Vivero Internacional de Mustia, constituido por unas 100 líneas que el CIAT distribuyó para su evaluación a nivel regional (Profrijol, 1993).

Otro ejemplo que resalta la importancia de la movilización de recursos genéticos es el caso presentado por Mendez et al. (2015), quienes resaltan la labor del CIAT en el mejoramiento de los cultivos en Guatemala gracias al envío de materiales de fríjol, cuya calidad fue verificada y certificada por el ICA, contribuyendo de esta manera al desarrollo agrícola y la adaptación al cambio climático.

Autores como Debouck et al. (2008) resaltan la importancia que tiene la diversidad genética para los programas de mejoramiento en América Latina. Ellos muestran que alrededor de 6.000 clones de yuca fueron evaluados para identificar dos clones élite que tenían las características deseadas para obtener variedades más resistentes a la mosca blanca y de mayor rendimiento. Los materiales utilizados provinieron del CIAT y tuvieron el respectivo control de calidad realizado por el ICA para poder ser utilizados internacionalmente y contribuir a mitigar los efectos económicos que esta plaga puede ocasionar.



Conservación in vitro de plántulas de yuca (foto: N. Palmer/CIAT)

Adicionalmente, el germoplasma de yuca enviado a los programas de fitomejoramiento de Tailandia y Vietnam ha contribuido significativamente al desarrollo de nuevas variedades mejoradas dirigidas para la industria de almidón en Asia. El mayor ejemplo de esto es la adopción y el área ocupada de KU50 (KM94), la cual ha generado alrededor de USD400 millones entre 1992 y 2010, con un potencial de beneficiar a más de 8 millones de agricultores que producen yuca en toda Asia (CGIAR, 2021; Malik et al., 2020; Ocampo et al., 2021).

Para los 50 años del CIAT, Labarta et al. (2017) realizaron una recopilación de los impactos de la investigación colaborativa llevada a cabo en ese medio siglo, resaltando los resultados de los esfuerzos realizados en cada uno de los cultivos. En el caso del fríjol, se liberaron 357 variedades en África subsahariana y 322 en América Latina y el Caribe, 35 variedades de yuca fueron liberadas en Latinoamérica y 25 en el sudeste asiático. Los forrajes tropicales, *Brachiaria* en su gran mayoría, introducidos y promovidos por el CIAT, se encontraron en 3,76 millones de hectáreas en Colombia, Costa Rica, Honduras, Nicaragua y Perú. Con respecto al arroz, el documento menciona la colaboración entre el CIAT y FLAR, bajo la cual se liberaron 299 variedades a través de 23 programas para 2003. La distribución de todos estos materiales fue posible gracias a la colaboración entre el ICA y el CIAT.



Cultivo de arroz en Colombia (foto: N. Palmer/CIAT)



De igual manera, el banco de germoplasma ha tenido una participación importante en la conservación de variedades de cultivos, como bien señala Juan Lucas Restrepo, Director General de la Alianza, “se logró alcanzar la meta de tener dos copias de seguridad del 90% de casi 38.000 variedades en dos lugares geográficamente distantes, entregando 904 accesiones en la Bóveda Global de Semillas de Svalbard”. El otro lugar donde se encuentran estas copias de seguridad es el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), en México (Alliance Bioversity-CIAT, 2020), germoplasma que recibió las correspondientes certificaciones del ICA.

La Alianza Bioversity-CIAT está ejecutando actualmente un gran proyecto llamado *Semillas del Futuro*, con el cual se busca afrontar uno de los mayores retos que tiene la humanidad de cara al futuro: la pérdida de la diversidad de los cultivos a un ritmo alarmante. Gracias a *Semillas del Futuro*, los agricultores vulnerables pueden contar con semillas que hacen parte de su repositorio, y los científicos pueden investigar sobre materiales que no se encuentran en las fincas, ni en la naturaleza, gracias al banco de germoplasma y al convenio con el ICA que permite gran flexibilidad para el flujo de germoplasma (CIAT, 2021).

Finalmente, Sellitti et al. (2020) destacan la importancia del banco de germoplasma, pues gracias a la diversidad de la colección de frijol del CIAT, fue posible desarrollar siete variedades de frijol biofortificadas, usando más de 1.000 variedades con altos niveles de hierro (Fe) y zinc



Juan Lucas Restrepo, Director General de la Alianza, acompañando entrega de copias de seguridad en Svalbard (foto: NordGen)

(Zn), con el fin de mejorar las variedades cultivadas en Ruanda. En este documento, también se destaca la labor del CIAT en la recuperación de la diversidad de frijol en el país africano luego de la pérdida evidenciada en el genocidio de Ruanda, material que pasó por los controles establecidos por el ICA previo a su envío.



Bóveda Global de Semillas de Svalbard (Foto: NordGen)



Lecciones para el futuro


Hay gran evidencia para mostrar qué tan importante es realizar envíos de materiales genéticos de forma responsable con los respectivos controles sanitarios, y en esto el ICA ha sido vital, dado que al garantizar la calidad de las semillas que se distribuyen, protege los sistemas alimentarios y provee insumos vitales para su desarrollo a nivel mundial, aportando así a la batalla contra el hambre y la malnutrición.

El ICA y la Alianza Bioersity-CIAT, en colaboración con distintas instituciones a nivel mundial, han trabajado arduamente en pro de garantizar que el material genético requerido para quien lo necesite llegue en condiciones óptimas y pueda ser empleado eficientemente. De esta

manera, se ha impulsado la investigación alrededor del mundo, reduciendo la pobreza y la malnutrición, y al mismo tiempo ha combatido el detrimento de la diversidad de cultivos. Las labores que se realizan desde el ICA y la Alianza Bioersity-CIAT son fundamentales para garantizar la calidad del material almacenado por CGIAR y que se mantiene a disposición de la comunidad internacional, protegiendo la diversidad gracias a la conservación de semillas y materiales vitales para este fin.

Por lo anterior, podemos concluir que es fundamental seguir impulsando, en mayor medida de ser posible, las actividades que realizan el ICA y la Alianza en conjunto.



 Semillas del Futuro (Render)



Referencias

- Alliance Bioversity-CIAT. 2020. Alliance's Colombia genebank hits conservation target with shipment to Svalbard. [Recuperado el 15 de abril de 2021]. Disponible en: https://alliancebioversityciat.org/news_and_blogs/alliances-colombia-genebank-hits-conservation-target-with-shipment-to-svalbard/
- Borlaug, N. 1972. The green revolution, peace, and humanity F. W. Haberman, ed. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Publishing Company. Disponible en: <https://www.nobelprize.org/prizes/peace/1970/borlaug/lecture/>
- CGIAR. 2021. Cassava to support a multibillion-dollar industry. CGIAR at 50:1. Available at <https://bit.ly/3efDzUP> [recuperado el 18 de febrero de 2021].
- CIAT. 2021. Semillas del Futuro. [Recuperado el 15 de abril de 2021]. Disponible en: <https://ciat.cgiar.org/semillas-del-futuro/?lang=es>
- Debouck, D., Ebert, A., Peralta I., E., Barandiarán, M.A., Ramírez, M. 2008. La importancia de la utilización de la diversidad genética vegetal en los programas de investigación agrícola en América Latina. Recursos Naturales y Ambiente, 53, 46-53.
- ICA. 2021a. Historia del ICA. [Recuperado el 12 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/el-ica/historia>
- ICA. 2021b. Funciones del ICA. [Recuperado el 12 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.ica.gov.co/el-ica/funciones>
- Labarta, R., Andrade, R., Marin, D., Rivera, T., Orrego, M., Pinillos, J. 2017. The Impacts of CIAT's Collaborative Research. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10568/89160>
- Malik, A.I., Kongsil, P., Nguyễn, V.A., Ou, W., Sholihin, S.P., Sheela, M.N., Becerra, L.A., Utsumi, Y., Lu, C., Kittipadakul, P., Nguyễn, H.H., Ceballos, H., Nguyễn, T.H., Gomez, M.S., Aiernaka, P., Labarta, R., Chen, S., Amawan, S., Sok, S., Youabee, L., Seki, M., Tokunaga, H., Wang, W., Li, K., Nguyễn, H.A., Nguyễn, V.D., Hà, L.H., Ishitani, M. 2020. Cassava breeding and agronomy in Asia: 50 years of history and future directions. Breed Sci 1880:1–22. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.18180>
- Mendez, W., Galluzzi, G., Say, E. 2015. La importancia de los intercambios internacionales de recursos fitogenéticos para la mejora de los cultivos en Guatemala. 154, 28. Disponible en: <https://hdl.handle.net/10568/72439>
- Ocampo, J., Ovalle, T., Labarta, R., Dung Phuong Le, de Haan S., Nguyen Anh Vu, Le Quy Kha, Becerra Lopez-Lavalle, L.A. 2021. DNA fingerprinting reveals varietal composition of Vietnamese cassava germplasm (*Manihot esculenta* Crantz) from farmers' field and genebank collections. Plant Molecular Biology (2021): 1-18.
- ONU. 2019. Noticias. Más de 820 millones de personas pasan hambre y unos 2.000 millones sufren su amenaza. Disponible en: <https://news.un.org/es/story/2019/07/1459231>
- Profrijol. 1993. 3er. Taller internacional sobre mustia hilachosa del frijol.
- Sellitti, S., Vaiknoras, K., Smale, M., Jamora, N., Andrade, R., Wenzl, P., Labarta, R. 2020. The contribution of the CIAT genebank to the development of iron-biofortified bean varieties and well-being of farm households in Rwanda. Food Security, 12(5), 975–991. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01038-7>
- Vallejo, F.A., Estrada, E.I. 2002. Mejoramiento genético de plantas. Cali-Colombia: Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

Agradecimientos

Agradecemos la participación y contribuciones de Carolina García y Manuel Alejandro Borrero en este estudio dado que ellos están encargados del mantenimiento y creación de las bases de datos de los programas de mejoramiento genético y del banco de germoplasma, y también agradecemos a Karol Imbachi por la orientación brindada sobre el funcionamiento y rol del ICA en el control sanitario de los materiales a nivel nacional.

Acerca de los autores

Diego Álvarez, Asociado de Investigación, Alianza de Bioversity International y el CIAT

Robert Andrade, Investigador Posdoctoral, Alianza de Bioversity International y el CIAT

Joe Tohme, Director de Área de Investigación, Cultivos para la Nutrición y la Salud, Alianza de Bioversity International y el CIAT

John Ocampo, Profesor Investigador, Universidad Nacional de Colombia

Carolina González, Líder Temática de Prospección y Economía Aplicada para Impacto, Alianza de Bioversity International y el CIAT

Cita correcta

Álvarez D; Andrade R; Tohme J; Ocampo J; González C. 2021. Cultivos trotamundo: Una contribución del ICA y la Alianza Bioversity-CIAT para la investigación agrícola. Políticas en Síntesis No. 53. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 12 p.

CONTACTO

Robert Andrade

Alianza de Bioversity International y el CIAT

✉ r.s.andrade@cgiar.org

Septiembre 2021

Alianza



<https://alliancebioversityciat.org>

www.cgiar.org