



## MEJORAMIENTO DE LA CONSERVACIÓN DE LOS RECURSOS FITOGENÉTICOS Y LA IMPLEMENTACIÓN DE LA POLÍTICA VARIETAL DE CAFÉ EN CUBA

### IMPROVING THE CONSERVATION OF PLANT GENETIC RESOURCES AND IMPLEMENTING A COFFEE VARIETAL POLICY IN CUBA

MERARDO JULIO FERRER VIVA<sup>1\*</sup>, PEDRO PABLO HENRY TORRIENTE<sup>1</sup>, CIRO SÁNCHEZ ESMORIS<sup>2</sup>, FELIPE MARTÍNEZ SUÁREZ<sup>3</sup>, PABLO CLAPÉ BORGES<sup>4</sup>, ROLANDO VIÑALS NÚÑEZ<sup>5</sup>, WILLIAM SANTOS CHACÓN<sup>6</sup>, ALEXANDER MIRANDA CABALLERO<sup>7</sup>, GUILLERMO ALMENARES GARLOBO<sup>8</sup>, JOSÉ REINALDO MESA GARCÍA<sup>9</sup>, JULIO SANTANA<sup>10</sup>, ANTIHUS ALEXANDER HERNÁNDEZ GÓMEZ<sup>11</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF). 174 N° 1723 e/17B y 17C, Siboney, Playa, La Habana, Cuba. Teléfono: 7-208-4935. E-mail: [mferrerviva@gmail.com](mailto:mferrerviva@gmail.com); [henry@forestales.co.cu](mailto:henry@forestales.co.cu)

<sup>2</sup>Estación Experimental Agro-Forestal Jibacoa. Rincón Naranjo, Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara, Cuba. Teléfono: 42 497-175; 42 497-176. E-mail: [ciro@jibacoa.inaf.co.cu](mailto:ciro@jibacoa.inaf.co.cu)

<sup>3</sup>Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente. Finca La Mandarina, Cruce de los Baños, Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba. Teléfono: 2256-6432; 2256-6432. E-mail: [direccion@tercerfrente.inaf.co.cu](mailto:direccion@tercerfrente.inaf.co.cu)

<sup>4</sup>Estación Experimental Agro-Forestal Baracoa. Los Hoyos de Sabanilla, Baracoa, Guantánamo, Cuba. Teléfono: 52098343

<sup>5</sup>Estación Experimental Agro-Forestal Velasco. Mayorquín, Velasco, Gibara, Holguín, Cuba. Teléfono: 52098340, 52197086

<sup>6</sup>Estación Experimental Agro-forestal Guisa. Carretera a Victorino Km 1 ½. Soledad. Guisa. Granma, Cuba. Teléfono: 52098341, 23392511 y 23391387. E-mail: [directoructb@guisa.inaf.co.cu](mailto:directoructb@guisa.inaf.co.cu)

<sup>7</sup>Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. Carretera a Tapaste km 3 1/2, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba. Teléfono: 47848901. E-mail: [direccion@inca.edu.cu](mailto:direccion@inca.edu.cu)

<sup>8</sup>Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt" (INIFAT). Calle 188 No. 38754 entre 397 y Linderos, Santiago de las Vegas, Boyeros, La Habana, Cuba. Teléfono: 76849014.

<sup>9</sup>Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal (LPSV). Carretera a Malez Km 2 ½, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. Teléfono: 58095536

<sup>10</sup>NESCOR S.A. Zona especial de Desarrollo Mariel, Cuba. Teléfono: 042 203809.

<sup>11</sup>Universidad Agraria de la Habana (UNAH) "Fructuoso Rodríguez Pérez". Carretera a Tapaste y Km 23 ½ de la Autopista Nacional, San José de las Lajas, Provincia de Mayabeque, Cuba. Teléfono: 347863395.

\*Autor para correspondencia. E-mail: [mferrerviva@gmail.com](mailto:mferrerviva@gmail.com)

#### RESUMEN

El proyecto se ejecutará entre 2025-2029, vinculado al Programa Sectorial Agroforestal, respecto a la: "mejora genética de su material reproductivo; conservar, evaluar y garantizar el adecuado acceso y uso de la biodiversidad y de los recursos fitogenéticos en ellas contenidos. Coordinado por el INAF, participan 6 de sus UCBTs y 5 entidades ejecutoras participantes. Presupuesto global de 30 millones de CUP. Con objetivos específicos: Conservar y valorizar los recursos fitogenéticos en las colecciones ex situ y garantizar la documentación del "Segundo Plan de Acción Mundial para los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura". Perfeccionar la implementación de la estructura varietal vigente, la selección de genotipos mejorados con características de interés comercial y el mejoramiento de la calidad de las semillas que sustentan el Programa de Desarrollo Cafetalero cubano. Incrementar la sensibilización, la divulgación y el conocimiento acerca de la importancia del mejoramiento genético,

#### ABSTRACT

The project will be implemented between 2025 and 2029, linked to the Agroforestry Sector Program, regarding the following: "genetic improvement of its reproductive material; conserving, evaluating, and guaranteeing adequate access to and use of biodiversity and the plant genetic resources contained therein." Coordinated by INAF, 6 of its UCBTs and 5 participating executing entities participate. The overall budget is 30 million CUP. With specific objectives: Conserve and enhance plant genetic resources in ex situ collections and guarantee the documentation of the "Second Global Plan of Action for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture." Improve the implementation of the current varietal structure, the selection of improved genotypes with characteristics of commercial interest, and the improvement of the quality of the seeds that support the Cuban Coffee Development Program. Increase awareness, dissemination, and knowledge about the importance of genetic improvement, the conservation of plant genetic resources,

Recibido: 25/3/2025

Aceptado: 18/5/2025

**Conflictos de intereses:** Los autores de esta investigación no tienen ningún potencial de conflicto de interés.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



la conservación de recursos fitogenéticos y la producción de semillas de alta calidad, lo que favorece a mujeres y jóvenes. Prevé 6 resultados. Estipula como impactos el mejoramiento de la conservación, de las colecciones *ex situ* del género *Coffea*. Los curadores aumentarán y adquirirán conocimiento acerca de la implementación del PAM para la conservación de los RFAA. Se emprenderá el mantenimiento de variedades comerciales, la selección de variedades y clones con alto potencial productivo y calidad que actualizarán la estructura varietal, el perfeccionamiento de la tecnología de injertación, y el mejoramiento de la producción de semillas. Se iniciarán nuevos estudios de adaptabilidad. Los productores y las nuevas generaciones incrementarán el conocimiento y recibirán documentos técnicos. Se identifican como clientes o usuarios 18 Empresas del GAF. Prevé numerosas salidas de impacto.

**Palabras clave:** café, roya, selección, multiplicación

## CONTEXTO, ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN DE PROYECTO

El proyecto busca cubrir los vacíos de conocimiento en la conservación de recursos fitogenéticos y el mejoramiento genético del café. Además, contribuye a fortalecer el Programa de Desarrollo Cafetalero (PDC) que se ejecuta en el país hasta el 2030. Esta iniciativa se alinea con los objetivos estratégicos del sector agrícola nacional.

La propuesta se articula con los objetivos del Programa Agroforestal y Desarrollo Sostenible de CTI. Este programa plantea identificar, estudiar e implementar soluciones a problemas técnicos, fitosanitarios, ambientales y sociales vinculados a la actividad agroforestal. Asimismo, promueve la mejora genética del material reproductivo y la conservación de los recursos fitogenéticos.

El proyecto guarda correspondencia con la "Política de los recursos fitogenéticos y semillas" (MINAG, 2019) del Ministerio de la Agricultura de Cuba. Esta política establece los lineamientos para el manejo sostenible de los recursos genéticos vegetales. También proporciona el marco regulatorio para su conservación y uso adecuado.

La iniciativa se vincula con la propuesta de alternativas científico-tecnológicas para incrementar la producción cafetalera hasta el 2030. Esta propuesta incluye la innovación denominada "Estructura varietal y bancos de semillas por macizos montañosos". Dicha innovación contempla la selección y mejora genética para incrementar el rendimiento, la adaptabilidad y la resistencia a plagas.

El proyecto también se relaciona con las tecnologías de propagación vegetativa mediante embriogénesis somática. Estas técnicas permiten conservar las características originales del material F1 durante la multiplicación masiva. Los métodos incluyen el uso de esquejes, miniestacas, injertos y cambio de copa (INAF, 2023).

La iniciativa está alineada con el Programa de Desarrollo Cafetalero Cubano hasta el 2030 (MINAGRI, 2017). Este programa se implementa en zonas montañosas

and the production of high-quality seeds, favoring women and youth. It anticipates six outcomes. It stipulates the improvement of conservation of *ex situ* collections of the *Coffea* genus as impacts. Curators will increase and acquire knowledge about the implementation of the PAM for the conservation of PGRFA. The maintenance of commercial varieties will be undertaken, as well as the selection of varieties and clones with high productive potential and quality that will update the varietal structure, the improvement of grafting technology, and the improvement of seed production. New adaptability studies will be initiated. Producers and new generations will increase their knowledge and receive technical documents. 18 GAF companies are identified as clients or users. It anticipates numerous impact outputs.

**Keywords:** coffee, rust, selection, multiplication

y áreas de baja altitud. La iniciativa está alineada con el Programa de Desarrollo Cafetalero Cubano hasta el 2030 (MINAGRI, 2017). Este programa se implementa en zonas montañosas y áreas de baja altitud. Su objetivo principal es incrementar los rendimientos y la producción para satisfacer la demanda interna y potenciar las exportaciones.

El proyecto se vincula con los Lineamientos de la Política Económica y Social 2021-2026 (PCC, 2021). Exactamente en el acápite del Modelo de Gestión Económica (Lineamiento 16): "Fortalecer el desarrollo sostenible de las regiones montañosas. Potenciar las producciones agropecuarias de café, cacao, frutales y forestales, como base económica fundamental de estas". Además, con el apartado de Política Agroindustrial (Lineamiento 126): Incrementar sosteniblemente la exportación de bienes y servicios agropecuarios de productos tradicionales, café, miel de abeja, tabaco, carbón vegetal, frutas y vegetales naturales..."

La iniciativa cumple con lo establecido en el Decreto-Ley No. 388/2020 (GOC, 2020): "De recursos fitogenéticos para la alimentación, la agricultura y las semillas", firmado por Miguel Díaz-Canel Bermúdez, Presidente del Consejo de Estado, que tiene como objeto establecer las disposiciones jurídicas relativas a los recursos fitogenéticos para la alimentación, la agricultura y las semillas.

El proyecto está alineado con el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 (PNDES 2030), el documento rector del Sistema Nacional de Planificación, vinculados a su vez con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). El PNES 2030 en los principios rectores y ejes temáticos plantea: Propiciar y estimular la investigación científica, la aplicación de la ciencia, la tecnología, la innovación, así como su difusión y generalización en todas las esferas de la sociedad.

El café es uno de los productos básicos lícitos más comercializados a nivel mundial después del petróleo. Los consumidores compran y disfrutan del café en sus actividades diarias (Merga & Alemayehu, 2019).

El género *Coffea spp.* incluye unas 130 especies, pertenecientes a la familia Rubiaceae, pero solo dos son ampliamente cultivadas: *Coffea arabica* y *Coffea canephora* (Gnapi et al., 2022). En Cuba se cultivan ambas especies, aunque la diversidad biológica de este género se ve afectada actualmente a una tasa sin precedentes (Vega et al., 2020).

Aproximadamente la mitad de la producción de café se concentra en un grupo reducido de países, los cuales podrían perder más del 60% de sus áreas cultivables para 2050. Para garantizar que la industria cafetalera sea próspera en ese año, es necesario desarrollar nuevas variedades desde ahora (WCR, 2017). Una de las bebidas más consumidas en el mundo podría desaparecer en 2080 debido al cambio climático. Si el calentamiento global continúa agravándose en los próximos 70 años, *C. arabica* podría extinguirse (Casadranguet, 2017). Estos cambios afectarán negativamente a esta especie y expandirán las áreas de cultivo de *C. canephora*, aunque ambas sufrirán alteraciones significativas en su distribución geográfica (Merga & Alemayehu, 2019).

El mejoramiento genético de este cultivo y la obtención de un nuevo cultivar mediante metodologías tradicionales requieren aproximadamente 30 años y esfuerzos considerables (Villalta & Gatica, 2019). La primera línea de trabajo en fitomejoramiento consiste en determinar la variabilidad de algunas especies. Muchos países han destinado recursos estratégicos, tanto financieros como humanos, a la recolección, evaluación y mantenimiento de los recursos genéticos disponibles en bancos de germoplasma (Ferreira et al., 2020). En Cuba, la conservación de los recursos fitogenéticos de café se realiza principalmente en colecciones de campo *ex situ*.

El WCR (2018) señala que la selección asistida por marcadores moleculares puede reducir el tiempo de selección a la mitad y disminuir los costos. Esta metodología permite a los mejoradores realizar pronósticos sobre los caracteres de las plantas con base en los perfiles de ADN. Además, facilita la identificación temprana de rasgos deseables, lo que optimiza los programas de mejoramiento.

El desarrollo de nuevas variedades adaptadas es un proceso laborioso dentro del mejoramiento convencional. El cultivo de células vegetales representa un método eficaz para producir grandes cantidades de explantes sanos y genéticamente uniformes. La inducción de mutaciones, combinada con técnicas de cultivo de células y tejidos *in vitro*, ha demostrado ser efectiva para incrementar la variabilidad genética y acelerar los programas de mejoramiento (Mukhtar Ali Ghanim & Ingelbrecht, 2018; Gatica-Arias et al., 2018). Estas estrategias han permitido el desarrollo de cultivares mejorados, incluso en el caso del café.

En la biotecnología, los marcadores moleculares y la secuenciación permiten acelerar los programas de mejoramiento del café (Mishra, 2019). La variación somaclonal se ha empleado para mejorar caracteres

agronómicos de interés. Además, el proceso de multiplicación masal exige garantías de estabilidad genética en los materiales. Por ello, es fundamental desarrollar métodos que minimicen o controlen la aparición de variaciones somaclonales.

Recientemente, se ha observado un renovado interés por las variedades de café debido a tres factores principales. El primero es la crisis de roya del café en América Latina a principios de 2012. El segundo incluye las evidencias crecientes del impacto del cambio climático sobre el cultivo y la limitación de las variedades actuales para resistir estreses abióticos, como sequías extremas o altas temperaturas. El tercero corresponde al crecimiento de los mercados de cafés especiales, que demandan perfiles de calidad asociados a variedades específicas (Pruvot-Woehl et al., 2020).

En México, la agenda de investigación e innovación en café plantea desarrollar y validar variedades y/o híbridos de *C. arabica* con alta productividad, calidad y resistencia a enfermedades. Asimismo, busca obtener clones de *C. canephora* resistentes a nematodos, de alto rendimiento para la producción de granos y aptos para injertación. Estos esfuerzos responden a las necesidades del sector cafetalero nacional.

A finales de la década de 1960, Colombia inició un programa de mejoramiento genético que ha derivado en la liberación de diversas variedades. Estas comparten características como resistencia a plagas y enfermedades, especialmente a la roya del café, alta productividad y un perfil de taza típico del café colombiano. Además, presentan porte bajo o intermedio y una notable adaptabilidad (Flórez et al., 2016).

En Perú, el INIA (2019) impulsó el primer Programa de Mejoramiento Genético de café, el cual tiene varios objetivos prioritarios. Entre ellos destacan la caracterización genética, la creación de un Banco Nacional de Germoplasma que reúna la máxima diversidad y desarrolle nuevas variedades de alta calidad. También incluye la validación genética de variedades y la regulación de la producción de semillas.

Establecer cultivos de café implica costos elevados y decisiones con consecuencias a largo plazo, lo que representa un alto costo de oportunidad. Por ello, el productor debe asegurarse de elegir la variedad adecuada y verificar que las semillas o plántulas coincidan con la selección realizada. Además, estos materiales deben poseer óptima calidad física y fitosanitaria para maximizar su potencial productivo (WCR, 2019).

La producción de *Coffea arabica* enfrenta múltiples desafíos, entre los que destacan el cambio climático y enfermedades graves como la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix*) y el *Coffee Berry Disease* (*Colletotrichum kahawae*). Aunque aún no existen soluciones definitivas para estos problemas, el estudio de la genética y el desarrollo de variedades mejoradas representan un área

crítica de investigación para posibles alternativas (Montagnon et al., 2021). Además, señala que un aspecto clave para la adaptación del café al cambio climático radica en la selección de variedades que mantengan las características de los cultivares comerciales actuales.

Además de la amenaza climática, estudios recientes indican que la diversidad genética en *C. arabica* es incluso menor de lo estimado, situándose entre las más bajas reportadas en cultivos (Solano Sánchez, 2021; Montagnon et al., 2022). Este hallazgo impulsa a los fitomejoradores a explorar especies relacionadas dentro del género *Coffea*, con el fin de obtener diversidad genética suficiente para enfrentar desafíos futuros, especialmente el cambio climático. Asimismo, se recomienda emplear métodos de mejoramiento modernos para introducir nueva variabilidad, que incluye el aprovechamiento del "vigor híbrido" mediante cruces entre individuos de grupos genéticos divergentes.

El uso de híbridos F1 se ha consolidado como una metodología clave en años recientes para abordar estos problemas. Estas variedades, producto del cruce entre dos progenitores genéticamente distintos y heterocigotos de *C. arabica*, no deben reproducirse por semilla sexual (Virginio Filho & Astorga Domian, 2021; Astorga, 2021). Su principal ventaja radica en el mayor vigor vegetativo, lo que se traduce en una mejor producción y adaptabilidad del cultivo en condiciones ambientales adversas.

Bianchi (2017) advierte que el escenario agrícola en Cuba será desfavorable debido al incremento de las temperaturas y la reducción de las precipitaciones. Estos cambios afectarán directamente la productividad de los cultivos, lo que acorta sus fases fenológicas y ciclos de vida. Además, los fenómenos climáticos influyen en la aparición y severidad de enfermedades y plagas.

En los sistemas agrícolas, existe una relación directa entre la diversidad genética y la resistencia a enfermedades. Los patógenos se propagan con mayor facilidad entre individuos genéticamente similares, mientras que la variabilidad genética en las poblaciones hospederas reduce la incidencia de enfermedades (Zewdie et al., 2023).

Los recursos fitogenéticos constituyen la base de la seguridad alimentaria y la materia prima para el mejoramiento genético, por lo que su conservación y caracterización son fundamentales para satisfacer demandas presentes y futuras. En el caso del café, el uso sostenible de estos recursos depende del establecimiento y mantenimiento de bancos de germoplasma, que garantizan su disponibilidad para fitomejoradores e investigadores (Bramel et al., 2017).

Por esta razón, es esencial actualizar periódicamente la información sobre las características de los materiales conservados. Estos deben abarcar la máxima variabilidad genética posible de cada especie considerada relevante

o con potencial. Si el mejoramiento genético se basa en una base genética reducida, se corre el riesgo de una "genética de desastre", cuyas consecuencias a largo plazo podrían ser graves (Paredes, s.a.). Krishnan (2018) enfatiza la urgencia de evaluar la diversidad en las colecciones existentes e iniciar nuevas recolecciones para cubrir vacíos genéticos.

Dada la importancia global de los recursos fitogenéticos, la FAO realiza evaluaciones periódicas sobre el estado de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (RFAA) (FAO, 2025). Como parte de este esfuerzo, los países deben elaborar informes nacionales basados en datos proporcionados por instituciones especializadas, incluida Cuba. Este proyecto beneficiará a todos los productores cafetaleros del país, en especial aquellos vinculados al Grupo Agroforestal del MINAG.

## PROBLEMAS A RESOLVER

En los últimos años, la producción de café en Cuba ha experimentado una disminución significativa, con un rango de 7000 a 10 000 toneladas anuales. Esta reducción ha impedido satisfacer la demanda nacional, lo que genera un gasto superior a los 25 millones de USD en importaciones y una disminución en las exportaciones. Recientemente, se presentaron al Presidente de la República diversas alternativas científico-tecnológicas como parte del plan para fortalecer la soberanía alimentaria y nutricional del país, con el objetivo de aumentar los volúmenes de producción y los rendimientos del café.

Entre las propuestas destaca la tecnificación de 25 mil hectáreas de las 64 mil existentes, mediante la implementación de nueve innovaciones tecnológicas (INAF, 2023). Estas medidas buscan modernizar el sector cafetalero y mejorar su eficiencia productiva.

El mejoramiento genético en Cuba ha logrado avances significativos en años anteriores, los cuales se reflejan en la cadena productiva a través de una estrategia varietal basada en estudios de adaptabilidad. Además, se han establecido bancos de semillas que respaldan el Programa de Desarrollo Cafetalero (PDC), aunque se busca optimizar su implementación. Sin embargo, esta actividad debe mantenerse constante, tal como sugieren diversos autores, para enfrentar los desórdenes climáticos y alcanzar altos niveles de producción, rendimiento y calidad.

Recientemente, se actualizó la estrategia de mejoramiento genético del género *Coffea* en el país, lo que permitirá enfrentar los desafíos del cambio climático en el futuro. Esta actualización también contribuirá a incrementar el rendimiento y la productividad del cultivo, además de conservar y explotar comercialmente una mayor diversidad genética.

Numerosos investigadores han señalado desde hace tiempo que la diversidad genética de *C. arabica* es reducida, debido a múltiples factores, lo que incrementa su susceptibilidad

a plagas y enfermedades (Kumar Mishra et al., 2011; Kumar Mishra, 2019; Ortega-Ortega et al., 2019). Kumar Mishra (2019) también indica que tanto *C. arabica* como *C. canephora* (Robusta) están expuestas a condiciones de estrés biótico y abiótico que limitan su producción y productividad.

Los principales problemas identificados en el diagnóstico relacionados con la conservación de recursos fitogenéticos, el mejoramiento genético, la producción de semillas y la capacitación son los siguientes:

La diversidad se conserva casi exclusivamente en colecciones de campo *ex situ*, las cuales no cuentan con las mejores condiciones. Estas colecciones están expuestas a los efectos negativos del cambio climático, pero son el acervo principal de diversidad disponible para el mejoramiento genético. Su preservación es crítica para garantizar la disponibilidad de material fitogenético en el futuro.

Actualmente, el INAF carece de financiamiento suficiente para asegurar las condiciones mínimas requeridas en la conservación de la diversidad. Tampoco dispone de recursos para las actividades de mejoramiento genético, la producción de semillas de café o la actualización de la información institucional. Esta falta de fondos limita la capacidad de respuesta frente a las demandas del PAM implementado por la FAO.

Los alelos conservados en las colecciones resultan insuficientes para desarrollar un programa de mejoramiento que cumpla con las expectativas actuales y futuras. Además, los alelos utilizados en el ámbito productivo son escasos, lo que dificulta la adaptación al escenario climático presente y futuro. Esta limitación afecta directamente la resiliencia de los cultivos.

La caracterización y evaluación de la diversidad en las colecciones no se ha completado. Esta falta de información impide un manejo eficiente de los recursos fitogenéticos disponibles. Sin datos exhaustivos, no es posible aprovechar al máximo el potencial genético de las accesiones conservadas.

En los últimos años, la actividad de introducción, caracterización y evaluación de germoplasma foráneo ha disminuido significativamente. Además, las accesiones adquiridas carecen de datos pasaporte completos. Esta situación limita el conocimiento sobre el origen y las características del material genético incorporado.

Las actividades de divulgación sobre la importancia de la conservación, el manejo de semillas y el uso de la diversidad son insuficientes. La falta de información afecta la toma de decisiones tanto a nivel institucional como productivo. Es necesario fortalecer las estrategias de comunicación para sensibilizar a los actores clave.

No se ha implementado un programa coherente de mantenimiento varietal para las variedades comerciales. Esta omisión contribuye a la pérdida de características genéticas valiosas en las plantaciones. Un plan estructurado permitiría preservar la calidad y adaptabilidad de los cultivos.

La política varietal vigente no se ha actualizado en los últimos años. Como consecuencia, las plantaciones de la cadena productiva carecen de genes que las hagan más resilientes a los estreses ambientales. Una revisión oportuna de esta política es esencial para enfrentar los desafíos climáticos.

Existen genotipos generalizados con aceptación en la cadena productiva que aún no se han inscrito en la lista oficial de variedades. Su inclusión formal facilitaría su adopción a mayor escala. Este paso es fundamental para modernizar el sistema de producción de semillas.

Se han identificado combinaciones clonales de *C. canephora* (cv Robusta) establecidas *in vitro* que requieren multiplicación masiva. Estas accesiones podrían modernizar los bancos de semillas actuales y mejorar la estructura varietal. Su implementación contribuiría a diversificar las opciones genéticas disponibles.

La tecnología de injertación carece de clones porta-injertos con resistencia probada a nematodos. Además, no se cuenta con una metodología eficiente para la conservación de semillas que permita iniciar las campañas de injertación de manera más temprana. Estos factores limitan la eficacia de la técnica en condiciones productivas.

La temática de manejo de recursos fitogenéticos y mejoramiento genético no se aborda de manera adecuada en los planes de capacitación. La información divulgada sobre estos temas es escasa y poco accesible. Es prioritario fortalecer estos aspectos para mejorar las capacidades técnicas del sector.

## OBJETIVOS DEL PROYECTO

### General

Contribuir a conservar, enriquecer y emplear los recursos fitogenéticos y desarrollar nuevas variedades o híbridos que reúnan características de interés económico, en el marco del programa de desarrollo cafetalero nacional; y favorezcan la adaptación al cambio climático y la sostenibilidad agrícola.

### Específicos

- 1) Conservar y valorizar los recursos fitogenéticos en las colecciones *ex situ* y garantizar la documentación del “Segundo Plan de Acción Mundial para los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura”.
- 2) Perfeccionar la implementación de la estructura varietal vigente, la selección de genotipos mejorados con características de interés comercial y el mejoramiento de la calidad de las semillas que sustentan el Programa de Desarrollo Cafetalero cubano.
- 3) Incrementar la sensibilización, la divulgación y el conocimiento acerca de la importancia del mejoramiento genético, la conservación de recursos fitogenéticos y la producción de semillas de alta calidad, lo que favorece a mujeres y jóvenes.

## IMPACTOS

### Impacto científico

El proyecto incrementará la conservación, introducción y caracterización de accesiones del género *Coffea*, lo que aumentará la diversidad genética disponible para el programa de mejoramiento genético del cultivo y la producción de café en Cuba. Además, se incrementará la cantidad de accesiones replicadas en condiciones *in vitro*, lo que las protegerá de manera más efectiva contra los impactos negativos del cambio climático. Asimismo, se establecerán duplicados de salvaguarda con depositarios de confianza, junto con los respectivos compromisos de custodia, para taxones y accesiones de importancia por su acervo genético.

El proyecto incluirá la reintroducción de taxones y accesiones que han sufrido erosión en las colecciones. Se seleccionarán nuevos genotipos de *C. arabica* L. y *C. canephora* P. para perfeccionar la estructura varietal actual y sentar las bases para su futura actualización. Además, se obtendrán resultados preliminares sobre la adaptabilidad de un grupo de materiales, que incluyen zonas llanas de baja altitud.

Un grupo importante de variedades comerciales se beneficiará de un programa de mantenimiento varietal, el cual garantizará la conservación de sus características originales. También se seleccionarán nuevas combinaciones clonales de *C. canephora*, junto con estudios de habilidad combinatoria interclonal, lo que asegurará rendimientos agrícolas elevados. Estos avances contribuirán a mejorar la calidad y productividad del café cubano.

Entre los aportes relevantes del proyecto se encuentran diversos documentos técnicos, tales como bases de datos, informes técnicos, artículos científicos, tesis de grado y maestría, así como resultados protegidos. Además, se incluirán la inscripción de genotipos en la lista oficial de variedades comerciales, una propuesta a premio de innovación, metodologías, una cartilla de variedades y un catálogo de clones.

### Impacto económico

El proyecto mejorará la implementación de la estructura varietal del café en el marco del PDC, ya que, al disponer de mejores bancos de semillas, se establecerán plantaciones con características agronómicas superiores. Estas plantaciones presentarán mayor rendimiento agrícola, granos de mayor tamaño y resistencia a plagas y enfermedades. Se proponen nuevos genotipos de *C. arabica* y combinaciones clonales de *C. canephora* con un potencial productivo al menos un 25 % superior al de los materiales actuales.

En el caso de *C. arabica*, el rejuvenecimiento celular aportado por los métodos biotecnológicos garantizará plantas libres de patógenos. El proyecto sentará las bases para que, a partir del 2028-2029, el programa cafetalero cubano cuente con semillas que permitan establecer plantaciones de alto potencial productivo. Estas plantaciones también destacarán por su grano grande y su calidad física y en taza.

Se iniciarán nuevos estudios de adaptabilidad con genotipos de *C. arabica* y *C. canephora* para perfeccionar la estructura varietal en el tiempo. El objetivo será seleccionar genotipos con alto potencial productivo, calidad superior y resiliencia al cambio climático. Estos avances permitirán una producción más sostenible y competitiva.

La multiplicación vegetativa de los mejores genotipos, al concluir el proyecto, garantizará contar con materiales de mayor rendimiento y calidad en comparación con la población inicial. Los aspectos mejorados incluirán el rendimiento agrícola, el tamaño del grano y la homogeneidad fenotípica. La conversión de estos resultados en innovaciones tecnológicas y su aplicación eficiente en la cadena productiva serán clave para incrementar la producción y los rendimientos.

### Impacto en la tecnología

El proyecto propone un conjunto de pilares tecnológicos que servirán como fuentes de innovación en la cadena productiva. Estos incluyen el desarrollo de nuevas variedades y clones, la aplicación de biotecnología para la multiplicación masiva de materiales élites, y el perfeccionamiento de las técnicas de injertación. Además, se optimizará el mantenimiento de variedades comerciales y la producción de semillas, aspectos que se detallan a continuación.

Desde el punto de vista tecnológico, se actualizará la lista oficial de variedades de café con genotipos de *C. arabica* y combinaciones clonales de *C. canephora*. Estos materiales fueron obtenidos en el periodo anterior y actualmente se encuentran en fase de estudio y validación. La selección se basa en ejemplares identificados y evaluados en el país.

Por primera vez en Cuba, se seleccionarán clones porta-injertos de *C. canephora* y *C. liberica*, lo que introducirá un avance significativo en la tecnología de injertación. Hasta ahora, solo se empleaba la primera especie, pero sin utilizar variedades clonales. Los clones porta-injertos de *C. liberica*, al diferir de *C. canephora*, representarán un cambio tecnológico clave para combatir nematodos y adaptarse a los efectos adversos del cambio climático, especialmente en zonas llanas de baja altitud.

Se establecerán bancos de semillas de *C. canephora*, cultivar Robusta "de nuevo tipo", con combinaciones clonales seleccionadas en el periodo precedente. Estos bancos se basarán en la multiplicación de materiales mediante técnicas biotecnológicas, como la embriogénesis somática. A partir del 2028-2029, el programa de desarrollo cafetalero del país podrá abastecerse con semillas certificadas de categoría original y básica, para eliminar la dependencia de semillas certificadas derivadas de clones, que poseen menor calidad genética.

El proyecto incluirá una metodología para la conservación de semillas de Robusta y *C. liberica*, con el fin de garantizar un alto porcentaje de germinación en etapas tempranas de siembra (agosto-septiembre). Esto permitirá iniciar la campaña de injertación con al menos dos meses de anticipación. Adicionalmente, se sentarán las bases para crear bancos de semillas mejoradas de diversas variedades durante la etapa post-proyecto.

### **Impacto social**

Los productores y miembros de las comunidades incrementarán su conocimiento sobre varios aspectos clave. Entre estos se incluyen la importancia de conservar los recursos fitogenéticos, el manejo adecuado de variedades, clones y bancos de semillas, así como el uso de semillas de calidad. También aprenderán sobre métodos de multiplicación eficientes y técnicas generales de caficultura.

La instrucción de círculos de interés en escuelas de nivel primario y medio será fundamental para fomentar vocaciones profesionales. Estas actividades promoverán el interés por el cultivo del café, la conservación de recursos fitogenéticos, el mejoramiento genético y la producción de semillas. De esta manera, se contribuirá a formar una nueva generación de profesionales comprometidos con el sector.

Se elaborará una cartilla y un catálogo sobre variedades y clones comerciales de café, lo que facilitará el acceso a información esencial para los productores. Este material será especialmente útil para los nuevos productores que se incorporen al cultivo, sobre todo en zonas llanas de baja altitud. Estas áreas representan uno de los escenarios clave del PDC hasta el 2030 y presentan un menor conocimiento sobre el cultivo del café.

La adopción de innovaciones tecnológicas incrementará la producción, los rendimientos y los estándares de calidad. Como resultado, los ingresos de los productores y sus familias aumentarán, lo que mejorará su capacidad para satisfacer necesidades básicas. Este avance económico tendrá un impacto directo en su calidad de vida.

Se llevarán a cabo actividades de promoción y divulgación de los resultados mediante diversas estrategias. Estas incluirán ponencias en eventos científicos nacionales e internacionales, exposiciones, y difusión en prensa, radio, televisión, internet y redes sociales. Además, se redactarán documentos técnicos para enriquecer el conocimiento de productores, extensionistas, directivos y comunidades cafetaleras.

El proyecto también contempla actividades de capacitación, que incluye un diplomado y formación especializada para los beneficiarios. Estos programas abordarán temas como el manejo de recursos fitogenéticos, el mejoramiento genético y la producción de semillas. De esta forma, se fortalecerán las capacidades técnicas de todos los involucrados.

### **Impacto medioambiental**

Se complementará la diversidad de los bancos de semillas según las necesidades específicas de cada territorio. Además, se avanzará en la selección de materiales introgresados de *C. arabica*, con prioridad los tolerantes a la roya del café. El uso de estos genotipos, junto con variedades tradicionales, reducirá la presión de selección sobre el patógeno y minimizará el riesgo de aparición de superrazas.

Estos materiales no solo contribuirán a un manejo más sostenible del cultivo, sino que también aumentarán la productividad. Al mismo tiempo, se reducirán los costos asociados al control de plagas. De esta manera, se promoverá un equilibrio entre producción y conservación ambiental.

### **Impacto organizacional**

Los curadores ampliarán sus conocimientos sobre la implementación del PAM para la conservación de los RFAA. Paralelamente, el INAF fortalecerá sus capacidades en recopilación, procesamiento y análisis de datos relacionados con las 18 Áreas Prioritarias del Segundo PAM. Esta información servirá como base para elaborar informes institucionales más precisos y completos.

Los informes generados permitirán cumplir con los requerimientos de la FAO y otros organismos internacionales. Por primera vez en años, la institución contará con un marco financiero que respaldará sus compromisos en materia de recursos fitogenéticos de café. Este apoyo facilitará la capacitación, la recopilación de datos y la entrega oportuna de informes al punto focal nacional.

Al finalizar el proyecto, se mejorará la gestión legal de los bancos de semillas en la cadena productiva del café. Para ello, se actualizará el diagnóstico inicial y se incorporarán las normas y metodologías más recientes. Además, se implementará un sistema de monitoreo anual para evaluar el estado de estos bancos.

### **RIESGOS Y ACCIONES DE MITIGACIÓN**

Uno de los principales riesgos es que el programa no cuente con el financiamiento necesario o que los recursos se asignen de manera desfasada, lo que afectaría la ejecución del trabajo. Para mitigar este riesgo, se negociará con la dirección del programa el ajuste de resultados y salidas según el presupuesto disponible. Además, se alertará a la Dirección de la UCTB ejecutora y del INAF sobre los posibles efectos, y se gestionarán alianzas con posibles aportadores de financiamiento en el país.

Otro riesgo identificado es el robo de café y posturas en los viveros debido a la indisciplina social. Para contrarrestarlo, se alertará al mecanismo de seguridad y protección, se capacitará a los agentes responsables y se vinculará el pago de remuneraciones a la protección efectiva de las áreas de trabajo.

El déficit de corriente eléctrica, causado por apagones prolongados o desastres naturales, representa un riesgo crítico para los laboratorios de biotecnología, ya que no cuentan con grupos electrógenos de respaldo. Para mitigarlo, se gestionará con la Dirección de la UCTB, el INAF y el GAF la inclusión de estos equipos en los planes de inversión. Asimismo, se explorará con autoridades locales la instalación de sistemas que aprovechen fuentes renovables de energía.

El bloqueo económico y financiero por parte de los Estados Unidos podría limitar el acceso a insumos esenciales como combustible, herramientas y reactivos. Ante este escenario, se alertará a las direcciones correspondientes sobre sus efectos y se establecerán alianzas con proyectos de colaboración para buscar apoyo. También se gestionarán donaciones voluntarias con ONG y asociaciones, se incluirán resultados en proyectos de corta duración para convocatorias bilaterales o trilaterales, y se redactará un proyecto de colaboración que genere divisas de contravalor.

Los eventos climáticos adversos, como sequías, inundaciones o ciclones, pueden afectar gravemente las actividades planificadas. Para reducir su impacto, se incorporarán las posibles afectaciones en los planes de riesgo de las entidades ejecutoras y se aplicarán medidas preventivas ante la inminencia de estos fenómenos.

Finalmente, el flujo migratorio de especialistas clave podría debilitar la capacidad de trabajo. Como medida de mitigación, se fortalecerán acciones que mejoren la cohesión y el enfoque grupal, con el fin de retener al personal calificado y mantener la continuidad operativa.

## METODOLOGÍAS. TECNOLOGÍAS, NORMAS Y MÉTODOS

El proyecto generará resultados clave en la conservación de recursos fitogenéticos, la documentación de Áreas Prioritarias del Segundo PAM y el mantenimiento varietal de *C. arabica* L. Además, mejorará la calidad de semillas, capacitará a los beneficiarios y optimizará la técnica de injertación hipocotiledonar. Para evitar redundancias, los descriptores comunes en la caracterización y evaluación del germoplasma se especificarán al final del documento. Las técnicas biotecnológicas compartidas también se detallarán en esa sección.

### Conservación y caracterización de colecciones de café

El objetivo principal es mejorar la conservación y caracterizar 50 accesiones en tres colecciones *ex situ* de *Coffea* spp. (UCTBs Jibacoa, Velasco y Tercer Frente). Para ello, se emplearán innovaciones como el uso de embriones somáticos, que permiten preservar las características originales del material genético. La introducción de germoplasma seguirá el ANTM, en concordancia con el TIRFAA y el CDB, dentro del marco establecido por el PAM.

La UCTB Velasco (Holguín) se encargará de gestionar la cuarentena según lo establecido en la NC 878 (NC, 2021a), con el fin de verificar la ausencia de plagas y regular los procesos de manejo. La reintroducción de accesiones se realizará a partir de colecciones científicas, jardines botánicos o productores autorizados. Este proceso garantizará la diversidad y calidad del material incorporado.

El manejo en las colecciones seguirá la metodología del IPGRI (1996), la cual abarca descriptores de pasaporte, manejo, caracterización y evaluación. Para la conservación *in vitro*, se aplicará la técnica de Castilla et al. (2020), que reduce las sales de Murashige-Skoog. Anualmente, se evaluará el riesgo de erosión genética mediante conteos y clasificación cualitativa (Ferrer et al., 2019).

Las prácticas agrotécnicas se ajustarán a las instrucciones técnicas cubanas (2013), adaptándose a las características específicas de los taxones. Instituciones como el INCA (asesoría *in vitro*), la UNAH (duplicado de seguridad), el NESCOR (calidad sensorial), el LPSV (resistencia a nematodos) y el INIFAT (manejo de colecciones) colaborarán en la ejecución de este resultado.

### Documentación de Áreas Prioritarias del Segundo PAM

Se aplicará un modelo innovador basado en conocimiento, mediante estándares de la FAO para recopilar información sobre recursos fitogenéticos. Este enfoque permitirá cumplir con los compromisos internacionales adquiridos por el país. El informe final seguirá el formato de la FAO (FAO, 2015), el cual incluye 51 preguntas y 63 indicadores para las 18 Áreas Prioritarias identificadas.

Las instituciones participantes (UCTBs, INAF, INCA, INIFAT) recopilarán datos de manera anual, actualizando así el informe nacional. Esta información alimentará el sistema WIEWS de la FAO, lo que contribuye al seguimiento del ODS 2.5.1. El INIFAT, en su rol de Punto Focal Nacional, garantizará la calidad de los datos y brindará capacitación para la redacción de los informes.

### Selección de genotipos y mejora de injertación hipocotiledonar

Esta innovación busca combatir plagas y adaptar el cultivo a las condiciones del cambio climático. Para ello, se perfeccionará el método actual, el cual carece de variedades clonales seleccionadas y patrones diversificados. Se establecerán bancos de semillas y diseños experimentales que permitan evaluar la adaptabilidad de los genotipos en la cadena productiva.

### Mejoramiento de *Coffea arabica*

- **Cruzamientos intraespecíficos:** Se crearán híbridos F1 entre variedades comerciales y accesiones de origen, mediante polinización manual (Cortina et al., 2013; Bertrand et al., 2021). La selección considerará morfología, rendimiento y calidad.
- **Selección de líneas puras:** Mediante el método genealógico, se evaluarán atributos agronómicos y resistencia a roya por cinco generaciones. Se aplicarán análisis de varianza y pruebas de Duncan.

### Mejoramiento de *Coffea canephora*

- **Selección clonal:** Se optimizarán combinaciones clonales mediante selección recurrente intrapoblacional e interpoblacional (Teixeira *et al.*, 2011). Se aislarán ramas para polinizaciones controladas y se evaluará aptitud combinatoria con cruzamientos dialélicos.

La selección recurrente interpoblacional (recíproca) contempla el mejoramiento de los híbridos F1 de dos poblaciones, específicamente un híbrido interpoblacional. Se empleará la selección recurrente recíproca, propuesta por Gnapi *et al.* (2022), donde los genotipos seleccionados de dos poblaciones se evalúan en cruzamientos recíprocos. En este proceso, cada población funciona como prueba de la otra, lo que permite identificar combinaciones superiores.

Las progenies de cada población, resultantes de los cruzamientos con la otra población, se seleccionan cuando presentan una capacidad de combinación superior. Los genotipos relacionados con estas progenies se recombinan para generar poblaciones mejoradas. De este modo, la evaluación y la selección se realizan a nivel interpoblacional, mientras que la recombinación ocurre dentro de cada población, preservando su identidad.

Para determinar la aptitud combinatoria, se seguirá la misma metodología utilizada en la selección recurrente intrapoblacional. Este proceso incluye la emasculación y polinización controladas, lo que asegura la precisión en la evaluación. Los resultados permitirán identificar los genotipos con mayor potencial para el mejoramiento genético.

Se realizará la selección de clones élites a partir de poblaciones de cafetos introducidos al país, los cuales ya se encuentran en colecciones, así como de aquellos seleccionados en Cuba en años anteriores. Los árboles promisorios, denominados "cabezas de clon", se elegirán con base en criterios morfológicos, productivos, de rendimiento, características físicas del grano, cualidades industriales y organolépticas, así como su estado sanitario en el campo, según la metodología de Duicela *et al.* (2016). Esta selección garantizará la identificación de materiales genéticos de alto valor.

Las evaluaciones se desarrollarán individualmente por café. Una vez preseleccionados los candidatos a clones, se determinará su habilidad combinatoria mediante la metodología propuesta por Bustamante (2014). Posteriormente, se establecerán las mejores combinaciones clonales. Los genotipos superiores y más divergentes contribuirán a definir poblaciones básicas para futuras selecciones y la formación de híbridos. Los clones de café Robusta seleccionados podrán utilizarse como progenitores en programas de hibridación intra e interpoblacional.

### Medición de la intensidad de la floración en la selección de variedades clonales

La intensidad de la floración se evaluará durante tres campañas consecutivas. Para ello, se empleará una escala de 5 grados, según la metodología propuesta por Gnapi *et al.* (2022). Este parámetro permitirá cuantificar la capacidad reproductiva de los clones y su estabilidad a lo largo del tiempo.

#### Análisis estadísticos

Para determinar la aptitud combinatoria de los cafetos "cabeza de clon", se aplicará la prueba no paramétrica de Ji Cuadrado con corrección de Yates ( $X^2$ ), con un nivel de significancia del 5%. Además, se realizarán análisis para estimar la habilidad combinatoria general (HCG), la habilidad combinatoria específica (HCE), los efectos maternos (EM) y los efectos recíprocos, entre otros, según las recomendaciones de Martínez-Suárez *et al.* (2012). Estos métodos estadísticos garantizarán una evaluación rigurosa de los genotipos.

Con los mejores clones seleccionados se conformarán variedades clonales, según la metodología propuesta por Incaper (2012). Los criterios agronómicos para el agrupamiento incluirán compatibilidad genética, productividad, arquitectura y vigor de las plantas, incidencia de plagas y enfermedades, uniformidad de maduración de frutos, concentración de la maduración en épocas distintas, estabilidad de producción, tamaño de los granos y relación cereza-oro. Estos factores asegurarán la calidad y adaptabilidad de las nuevas variedades.

Los clones se agruparán según las características que compartan, lo que dotará de homogeneidad a cada variedad. Esta estrategia facilitará la identificación de materiales genéticos con perfiles similares y complementarios. El objetivo final es optimizar el rendimiento y la calidad del cultivo mediante la selección estratégica de genotipos superiores.

### DESARROLLO DE ESTUDIOS DE ADAPTABILIDAD

Los estudios de adaptabilidad permitirán determinar la capacidad de diferenciación fenotípica de los genotipos en los principales macizos cafetaleros y en polos productivos de zonas llanas de baja altitud. Además, definirán las condiciones climáticas que influyen en las respuestas diferenciales de cada material evaluado. Estos análisis contribuirán a identificar variedades con mejor desempeño en ambientes específicos.

#### Estudios de adaptabilidad de clones de *Coffea canephora*

Los ensayos de adaptabilidad se establecerán con clones seleccionados de *C. canephora* (Robusta) en polos productivos de café ubicados en zonas llanas de baja altitud (Tabla 1). También se podrán incluir sitios adicionales que, aunque no formen parte de los polos productivos,

**Tabla 1.** Sitios seleccionados para establecer estudios de adaptabilidad de *C. canephora* en zonas llanas de baja altitud.

No	Empresa	Municipio / Zona	Área del polo productivo (ha)	Entidad que Administra
1	EPC Rolando Ayub	Los Bungos	200	EJT
2	EAF Las Tunas	Colombia	200	EJT
3	EAF Jibacoa	Remedios / Camajuani	500	EAF Jibacoa
4	EAF Mayabeque	Granja MININT	130	Agromin

representen condiciones ambientales relevantes para el estudio. La selección de estos sitios garantizará una evaluación más amplia y representativa de la adaptabilidad de los materiales.

### Selección Recurrente Interpoblacional y Desarrollo de Híbridos F1

La selección recurrente interpoblacional (Gnapi et al., 2022) tiene como objetivo mejorar híbridos F1 mediante cruzamientos recíprocos entre dos poblaciones, con la evaluación de su capacidad combinatoria. Los genotipos superiores se recombinan dentro de cada población, lo que permite mantener su identidad genética. Para ello, se aplicarán metodologías de selección intrapoblacional, que incluyen técnicas de emasculación y polinización controlada.

Se seleccionarán clones élite de *Coffea canephora* (Robusta) y materiales introducidos de *C. arabica*, con base en criterios morfoagronómicos, rendimiento, calidad del grano y resistencia a plagas (Duicela et al., 2016). La habilidad combinatoria se analizará mediante la metodología de Bustamante (2014), lo que permitirá identificar genotipos divergentes para la formación de poblaciones básicas e híbridos intra e interpoblacionales.

### Evaluación de la floración

La intensidad de floración se medirá durante tres campañas mediante una escala de 5 grados (Gnapi et al., 2022). Los análisis estadísticos incluirán pruebas de Ji Cuadrado ( $X^2$ ), así como la evaluación de la habilidad combinatoria general (HCG), específica (HCE), efectos maternos (EM) y recíprocos (Martínez-Suárez et al., 2012). Estos datos permitirán determinar la estabilidad fenotípica y el potencial productivo de los genotipos evaluados.

### Estudios de Adaptabilidad

#### a) Adaptabilidad de clones de *Coffea canephora*

Los ensayos se establecerán en zonas llanas de baja altitud, bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y diez plantas por réplica. La multiplicación vegetativa (mediante esquejes o biotecnología) asegurará la identidad genética

de los materiales evaluados. Se analizarán parámetros morfoagronómicos, rendimiento y calidad industrial para determinar su adaptación a las condiciones locales.

#### b) Adaptabilidad de *Coffea arabica*

Se evaluarán genotipos introducidos y en proceso de selección, con la aplicación de metodologías similares a las utilizadas en *C. canephora*. Se medirán el desarrollo morfológico, la producción y la resistencia a estrés biótico y abiótico. Estos resultados permitirán comparar el comportamiento de diferentes variedades en ambientes contrastantes.

#### c) Adaptabilidad de híbridos F1

Las combinaciones híbridas se compararán con variedades tradicionales en macizos montañosos y zonas llanas. Los ensayos seguirán los diseños propuestos por Georget et al. (2019), según la disponibilidad de material vegetal. Esta evaluación permitirá identificar híbridos con mayor estabilidad y rendimiento en diferentes ambientes.

#### d) Evaluaciones comunes

Los estudios incluirán mediciones de altura de plantas, diámetro del tallo, número de ramas plagiotrópicas, rendimiento agrícola e industrial, y calidad organoléptica (Duicela et al., 2016). Estos parámetros proporcionarán una visión integral del desempeño agronómico de los genotipos evaluados.

### Perfeccionamiento del Injerto Hipocotiledonar

#### Selección de porta-injertos resistentes a *Meloidogyne* spp.

Para *Coffea canephora* (Robusta), se identificarán plantas resistentes en colecciones existentes y se realizarán cruzamientos controlados. Las descendencias se evaluarán tanto en condiciones controladas como en campo, según los protocolos establecidos (Peña González, 1994; Anzueto et al., 1995). En el caso de *Coffea liberica* (Liberica), se aplicará un procedimiento similar al utilizado para Robusta.

### Conservación de semillas

Se estudiará la viabilidad de semillas de *C. arabica*, *C. canephora* y *C. liberica* en cámaras frías con condiciones controladas (14-18 °C, 85-100% HR) durante un período de 5-6 meses. La germinación se monitoreará mensualmente con arena desinfectada como sustrato principal. Estos datos permitirán establecer protocolos óptimos para el almacenamiento de semillas.

### Mantenimiento Varietal y Bancos de Semillas

#### Mantenimiento de variedades comerciales (*Coffea arabica*)

Se seleccionarán plantas élites, aquellas que superen entre un 15-25% el rendimiento promedio, para su multiplicación mediante embriogénesis somática o esquejes,

según lo descrito por [Loor Solórzano et al. \(2016\)](#). Para evitar la deriva genética, se implementará polinización controlada, tal como recomienda ([Cortina et al., 2013](#)). Este enfoque garantizará la preservación de las características genéticas deseadas.

### **Mejora de bancos de semillas**

El diagnóstico y certificación de los bancos se realizará conforme a la normativa NRAG 194 ([NRAG, 2011](#)), para verificar la pureza varietal y las condiciones agrotécnicas, según los lineamientos de [Ferrer et al. \(2019\)](#). Además, se establecerán nuevos bancos de semillas de Robusta a partir de clones multiplicados mediante biotecnología (embriogénesis somática) en las unidades de UCTB Jibacoa, Tercer Frente y Guisa. Estos bancos servirán como reservorios genéticos para futuros programas de mejoramiento.

### **Capacitación y Difusión**

Se capacitará al 70% de los beneficiarios, que incluye productores y técnicos, en innovaciones tecnológicas a través de talleres, diplomados y visitas a bancos de referencia. Se elaborarán materiales didácticos, como cartillas y catálogos, que incluyan variedades comerciales y clones de Robusta. Estas acciones asegurarán la transferencia efectiva de conocimientos hacia los actores clave del sector.

### **Metodologías Comunes**

La multiplicación masiva se llevará a cabo mediante embriogénesis somática, según los protocolos descritos ([Zamarripa et al., 1991](#); [Ortiz-Gómez et al., 2017](#)). Esta técnica permitirá obtener un alto número de plantas genéticamente uniformes en un corto período.

### **Evaluación de estrés biótico/abiótico**

Se evaluará la resistencia a patógenos como la roya (*Hemileia vastatrix*) y la broca (*Hypothenemus hampei*), así como la tolerancia a sequía, según lo informado por [Quintana-Escobar et al. \(2017\)](#). Estos estudios contribuirán a la selección de materiales con mayor adaptabilidad a condiciones adversas.

### **Calidad del grano**

La calidad se determinará conforme a normas ISO, considerando parámetros como granulometría y defectos físicos. Además, se realizarán análisis sensoriales basados en la norma NC 18974 ([NC, 2021b](#)) para garantizar estándares óptimos en la producción.

### **Propiedad Intelectual**

Las variedades y metodologías desarrolladas se protegerán bajo la legislación cubana vigente ([GOC, 2018a](#); [GOC, 2018b](#); [GOC, 2018c](#); [GOC, 2019](#); [GOC, 2020](#); [GOC, 2022a](#); [GOC, 2022b](#); [GOC, 2022c](#); [GOC, 2022d](#)). Esto garantizará los derechos de autores e inventores, con el fomento de la innovación y el desarrollo tecnológico en el sector.

## **EXPERIENCIA DEL JEFE DEL PROYECTO RELACIONADA CON EL OBJETIVO PRINCIPAL DEL PROYECTO**

El Jefe del proyecto posee una experiencia de más de 35 años vinculado a la conservación de los recursos fitogenéticos y el mejoramiento genético de café. Graduado de ingeniero agrónomo; máster en biología vegetal con mención en genética vegetal; posee diplomados en el cultivo del café y administración pública. Fundador en Cuba del establecimiento de los MNII para el intercambio de información de los RFAA. Curador de la colección *ex situ* de la UCTB Jibacoa. Punto focal institucional para la conservación de recursos fitogenéticos de café. Coordinó y presentó en 2022 la actualización la estrategia de mejoramiento de café del INAF. Acredita varias actividades científicas afines a la temática del proyecto, entre las que se destacan las siguientes: coordinador de varios proyectos y participante con responsabilidad en resultados de otros. A participado en numerosos eventos, en calidad de ponente, coautor y delegado, entre los que se destacan varios de carácter internacional; autor y coautor de varias publicaciones e informes técnicos. Ha recibido una importante cantidad de cursos de postgrados, entre ellos acerca de recursos fitogenéticos, mejoramiento genético, biotecnología y catación.

## **ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICO-FINANCIERO Y DE MERCADO**

El estudio de prefactibilidad se basa en que el café es un cultivo permanente que inicia su producción a partir del tercer o cuarto año después de su establecimiento en el campo. Además, se considera el período de desarrollo de las posturas en el vivero. Este análisis toma en cuenta las características particulares del cultivo y su ciclo productivo.

La proyección del desarrollo de la caficultura en el país, coordinada por el Grupo Agroforestal del MINAG, fue un elemento clave para el estudio. También se evaluó la demanda del mercado, tanto de café oro para consumo interno y exportación como de semillas para el Programa de Desarrollo Cafetalero (PDC). En la actualidad, la producción nacional de café no cubre la demanda interna, y las exportaciones han disminuido.

La producción de semillas categorizadas de *C. arabica* y *C. canephora* tiene una alta demanda para la generación de posturas dentro del programa mencionado. Por esta razón, todas las producciones derivadas del proyecto cuentan con un mercado asegurado. Este aspecto garantiza la viabilidad comercial de la iniciativa.

Para los cálculos, se consideraron los incrementos anuales de las áreas en producción y los rendimientos agrícolas. Estos valores se basan en el uso de semillas categorizadas de *C. arabica* y *C. canephora*, las cuales aseguran la producción de posturas para el programa. Además, se incluyó el valor económico de las semillas producidas.

Los ingresos provienen del valor de las semillas certificadas y de las utilidades generadas por el uso de variedades de *C. arabica* resistentes a *H. vastatrix*. Estos factores contribuyen significativamente a la rentabilidad del proyecto. Se estima que el 20% de la rentabilidad en las plantaciones de *C. arabica* se debe al uso de variedades resistentes o tolerantes a esta enfermedad.

El aumento en los rendimientos y la reducción en el uso de agroquímicos para el control de la enfermedad también influyen en los resultados económicos. Para los cálculos de rendimiento agrícola, se utilizaron valores máximos de 0.50 t de café oro/ha y 0.60 t de café oro/ha. Estas cifras se ajustan al área proyectada para el cultivo en el país.

El empleo de semillas certificadas en el establecimiento de plantaciones incrementa el rendimiento agrícola, lo que genera utilidades estimadas en 1,449,416,255.26 CUP al finalizar el proyecto. Durante los primeros cinco años, estas utilidades aumentan y alcanzan un total de 4,567,436,724.01 CUP después de una década.

Por concepto del valor de las semillas, se obtienen ingresos de 11,638,000.00 CUP durante el período de ejecución del proyecto. En los años siguientes, estos ingresos incrementan hasta alcanzar un total de 27,279,472.00 CUP a los 10 años. Este rubro representa una fuente adicional de beneficios económicos.

El uso de variedades resistentes de *C. arabica* a *H. vastatrix* genera ingresos ascendentes a 142,682,158.08 CUP durante la ejecución del proyecto. Después de 10 años, estos ingresos prácticamente se cuadruplican, lo que refuerza la rentabilidad de la iniciativa.

Las utilidades totales del proyecto, considerando todas las fuentes de ingresos, ascienden a 1,603,736,413.33 CUP al concluir su ejecución. Después de 10 años, este monto aumenta a 5,024,132,618.08 CUP. Estos resultados demuestran la viabilidad financiera del proyecto.

Al contrastar los gastos anuales y totales con las utilidades generadas, se observa que durante los años de ejecución se obtienen ganancias de 1,573,654,126.83 CUP. Después de una década, las utilidades alcanzan 4,994,050,331.58 CUP. Desde el primer año, los ingresos superan los gastos, lo que confirma la sostenibilidad económica del proyecto.

### **Valor Intangible**

El proyecto aporta un valor intangible que contribuye al incremento del conocimiento y facilita la toma de decisiones a nivel institucional y ramal. Además, cumple con los compromisos del país en la materia, lo que se refleja en la creación de bases de datos, artículos científicos y ponencias presentadas en eventos nacionales e internacionales. También se generan tesis de grado, informes técnicos y metodologías para la conservación de semillas.

Otras contribuciones incluyen la inscripción de genotipos como variedades comerciales, propuestas de premios de innovación y trabajos de curso. El proyecto también fomenta la instrucción de círculos de interés y sociedades científicas. Finalmente, se elaboran materiales divulgativos, como cartillas y catálogos sobre clones y variedades comerciales de café.

## **SOSTENIBILIDAD DEL PROYECTO**

El proyecto demuestra que, una vez concluido, existirán las condiciones necesarias para aplicar, mantener o incrementar sus beneficios en las esferas económicas, tecnológicas, medioambientales y sociales. Su sostenibilidad se fundamenta en su alineación con políticas gubernamentales y ministeriales clave. Estas políticas garantizan que el proyecto reciba el impulso necesario para su implementación en el programa de desarrollo cafetalero de Cuba hasta 2030.

### **Relación del proyecto con políticas gubernamentales y ministeriales**

El proyecto tiene alta prioridad para la dirección del país y del Ministerio de la Agricultura, así como para el Grupo Empresarial de Agricultura de Montaña. Sus resultados se vinculan con las “Alternativas científico-tecnológicas para incrementar la producción y rendimientos del cultivo del café para el fortalecimiento de la soberanía alimentaria y nutricional”, presentadas al Presidente de la República en enero de 2023. Estas alternativas se enfocan en los siguientes aspectos:

#### **I. Estructura varietal y bancos de semillas por macizo montañoso**

El proyecto prevé el empleo de clones de alto potencial productivo e híbridos F1 de café arábico. Además, estipula la selección y mejora genética de componentes como el rendimiento, la adaptabilidad, la resistencia a plagas y la calidad. Estas acciones asegurarán una base genética robusta para las futuras plantaciones.

#### **II. Tecnologías de propagación vegetativa**

Se incluyen técnicas como la embriogénesis somática, la multiplicación por esquejes y miniestacas, así como la práctica de injertos y el cambio copa. El objetivo es conservar las características originales del material F1 para su propagación y multiplicación masiva. Estas tecnologías garantizarán la disponibilidad de plantas de alta calidad.

#### **III. Tecnologías sostenibles para la producción de posturas**

El proyecto contempla la propagación vegetativa mediante esquejes y el injerto hipocotiledonal de café arábico sobre patrón de Robusta. Estas técnicas optimizarán la producción de posturas y asegurarán su adaptabilidad a las condiciones locales.

El proyecto también responde a la “Estrategia para la producción de semillas en clones mejorados de *Coffea canephora*”, aprobada por el Comité de Innovación del Ministerio de la Agricultura en marzo de 2023. Esta estrategia incluye la multiplicación de clones de Robusta mediante técnicas biotecnológicas y miniestacas, así como la producción de semilla gámica a partir de combinaciones clonales.

#### **Sostenibilidad Económica**

La sostenibilidad económica del proyecto se basa en el mejoramiento y establecimiento de nuevos bancos de semillas certificadas de alta calidad. Estos bancos garantizarán más de 25 toneladas de semillas anuales, suficientes para establecer nuevas plantaciones y reponer fallas en las existentes. Las plantaciones tendrán un potencial productivo un 20 % superior al de los genotipos actuales, con granos de mayor tamaño que reducirán pérdidas en la industria.

En el cultivar Robusta, se sustituirán las semillas gámicas por semillas obtenidas de bancos establecidos con plantas multiplicadas mediante biotecnología. Esto garantizará aproximadamente 12 toneladas de semillas anuales a partir de 2028-2029, que cubre el establecimiento de más de 9 000 hectáreas por año.

#### **Sostenibilidad Tecnológica**

El proyecto introduce innovaciones tecnológicas como el uso de nuevas variedades y clones, la biotecnología para la multiplicación masiva de materiales élite y el perfeccionamiento de técnicas de injertación. Estas prácticas se integrarán en la cadena productiva del café, lo que asegura su aplicación continua hasta 2030 y más allá.

#### **Sostenibilidad Medioambiental**

El aumento del área cultivada con diversidad varietal y el uso de genotipos introgresados reducirán la incidencia de patógenos agresivos y la necesidad de productos químicos para su control. Además, la selección de genotipos resilientes a estreses ambientales contribuirá a la sostenibilidad ecológica.

#### **Sostenibilidad Social**

El proyecto garantiza la sostenibilidad social mediante la transferencia de conocimientos sobre mejoramiento genético, manejo de diversidad y producción de semillas de calidad. Los beneficiarios podrán replicar estos conocimientos entre productores y generaciones futuras.

La instrucción en círculos de interés y sociedades científicas en escuelas primarias y medias fomentará el conocimiento sobre caficultura en las comunidades. Además, las capacitaciones de pregrado y el incremento de los ingresos de los productores asegurarán la satisfacción de sus necesidades básicas.

#### **Sostenibilidad Científica**

El proyecto incluye financiamiento para la conservación y uso de recursos fitogenéticos, obtenido de la venta de semillas certificadas y producciones derivadas de biotecnología. Se espera que el Ministerio de la Agricultura y el Grupo Agroforestal contribuyan con fondos para conservar estos recursos estratégicos.

Los resultados científicos, como el uso de materiales mejorados y metodologías perfeccionadas, pasarán a formar parte de la práctica productiva. Esto asegurará su empleo continuo en el futuro.

#### **Sostenibilidad Organizacional**

Se capacitará a los curadores de colecciones en metodologías establecidas por la FAO para evaluar recursos fitogenéticos. Estas capacitaciones los prepararán para adaptarse a posibles cambios metodológicos futuros.

Además, se mejorará la organización de los bancos de semillas certificados y las campañas de injerto hipocotiledonal. Estas acciones optimizarán la viabilidad de las semillas conservadas y su disponibilidad para la producción.

#### **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Anzueto, F., Bertrand, B., & Dufour, M. (1995). « *Nemaya*». *Desarrollo de una variedad porta-injerto resistente a los principales nematodos de America Central*. 6 pp.
- Astorga, C. (2021). *II Curso Internacional de café del CATIE. Estrategias de organización, producción y comercialización ante la crisis global de precios. Mejoramiento genético del café. Manejo y uso sostenible de recursos fitogenéticos (s.a)*. 32.
- Bertrand, B., Villegas Hincapié, A. M., Marie, L., & Breitler, J.-C. (2021). Breeding for the main agricultural farming of arabica coffee. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 709901. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.709901>
- Bianchi, E. (2017). *Challenges and Opportunities for Food and Nutrition Security in the Americas* [PhD Thesis, Pontificia Universidad Javeriana, Colombia]. [https://www.academia.edu/download/58128138/Challenges\\_and\\_Opportunities\\_for\\_Food\\_and\\_Nutrition\\_Security\\_in\\_the\\_Americas.pdf](https://www.academia.edu/download/58128138/Challenges_and_Opportunities_for_Food_and_Nutrition_Security_in_the_Americas.pdf)
- Bramel, P., Krishnan, S., Horna, D., Lainoff, B., & Montagnon, C. (2017). Global conservation strategy for coffee genetic resources. *Crop Trust and World Coffee Research*, 72. [https://www.researchgate.net/profile/Sarada-Krishnan-3/publication/318580441\\_Global\\_Conservation\\_Strategy\\_for\\_Coffee\\_Genetic\\_Resources/links/59715c720f7e9b25e86063a9/Global-Conservation-Strategy-for-Coffee-Genetic-Resources.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Sarada-Krishnan-3/publication/318580441_Global_Conservation_Strategy_for_Coffee_Genetic_Resources/links/59715c720f7e9b25e86063a9/Global-Conservation-Strategy-for-Coffee-Genetic-Resources.pdf)

- Bustamante, C. J. (2014). *Determinación de la compatibilidad genética en nueve materiales superiores de café robusta (Coffea canephora L.)*. [Tesis en opción al Título de Ingeniera Agropecuaria, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. <https://agris.fao.org/search/en/providers/125482/records/67bd85b1e27dfa125189a378>
- Casadranguet. (2017). *El café podría desaparecer a causa del cambio climático - Casa Dranguet*. Casa Dranguet Centro de Interpretación de la Cultura del Café. <https://casadranguet.wordpress.com/2017/04/05/el-cafe-podria-desaparecer-a-causa-del-cambio-climatico/>
- Castilla, Y., González-Vega, M. E., & Espinosa-Torres, L. (2020). Conservación in vitro de café (Coffea arabica L.) mediante la disminución de sales minerales en el medio de cultivo. *Cultivos Tropicales*, 41(1), e04.
- Cortina, H., Acuña, J., Moncada, M., Herrera, J., & Molina, D. (2013). Variedades de café. En *Desarrollo de Variedades. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 1, pp. 169-202). Cenicafé.
- Duicela, L. A., Castillo, G. R. C., & Villafuerte, W. P. C. (2016). Selección de “cabezas de clon” en café robusta (Coffea canephora) en el trópico seco, Ecuador. *Revista ESPAMCiencia*, 7(1), 23-35.
- FAO. (2015). *Modelo de presentación de informes para el seguimiento de la implementación del Segundo Plan de Acción Mundial para los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura* (p. 42). Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura.
- FAO. (2025). *The Third Report on The State of the World's Plant Genetic Resources for Food and Agriculture*. FAO. Comisión de recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. <https://doi.org/10.4060/cd4711en>
- Ferreira, J. L., Caixeta, E. T., Caniato, F. F., Setotaw, T., Sant'Ana, G. C., & Ferreira, L. M. (2020). Genetic diversity of Coffea arabica. En *Genetic Diversity*. IntechOpen. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Z74zEAAAQ-BAJ&oi=fnd&pg=PA59&dq=Genetic+Diversity+of+Coffea+arabica&ots=Uv5q8ZAYh1&sig=hT9x2qYnmwQNzJ3-P2V6S50Gvzq>
- Ferrer, M., Delgado, Y., & Vicet, Y. (2019). *Diagnosticado el estado de conservación de los recursos genéticos de café* (Informe de resultado No. 103; Conservación de los recursos genéticos forestales, café y cacao, p. 5).
- Flórez, C. P., Maldonado, C. E., Cortina, H. A., Moncada, M., Montoya, E. C., Ibarra, L. N., Unigarro, C. A., Rendón, J. R., & Duque, H. (2016). Cenicafé 1: Nueva variedad de porte bajo, altamente productiva, resistente a la roya y al CBD, con mayor calidad física del grano. *Avances Técnicos Cenicafé*, 469, 8.
- Gatica-Arias, A., Bolívar-González, A., Tapia, A., Vargas-Segura, C., Sánchez-Aguilar, K., Valdez Melara, M., & Araya, E. (2018). *Application of Chemically Induced Mutations Using Embryogenic Cell Suspensions and Seeds for Crop Protection of Coffee (Coffea Arabica L.) Varieties in Costa Rica*. [https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig\\_q=RN:50011017](https://inis.iaea.org/search/search.aspx?orig_q=RN:50011017)
- Georget, F., Marie, L., Alpizar, E., Courtel, P., Bordeaux, M., Hidalgo, J. M., Marraccini, P., Breitler, J., Déchamp, E., & Poncon, C. (2019). Starmaya: The first Arabica F1 coffee hybrid produced using genetic male sterility. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1344.
- Gnapi, D. E., Pokou, N., Legnate, H., Dapeng, Z., Akaffou, D. S., Koffi, K. C., Bertrand, B., Montagnon, C., & N'Guetta, A. S.-P. (2022). Genetic structuring of parental populations of coffee (Coffea canephora Pierre ex A. Froehner) breeding in Côte d'Ivoire using SNP markers. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 26(3), 178-190.
- GOC, 2018-512-EX40(d). (2018). *Resolución No. 375/2018. Disponer que el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt” cumpla la función de Centro de Examen para realizar el examen técnico de las variedades vegetales reguladas por el Decreto-Ley No. 291, “De protección de las variedades vegetales”*. Extraordinaria de 10 de agosto de 2018. AÑO CXVI. Número 40.
- GOC, 2018-513-EX 40. (2018). *Resolución Conjunta No. 01/2018. MINAGRI-CITMA. Procedimiento para realizar el examen técnico de las variedades vegetales que establece el Decreto-Ley No. 291. De protección de las variedades vegetales*. Edición Extraordinaria, La Habana, viernes 10 de agosto de 2018. AÑO CXVI.
- GOC, 2018-516-EX40(a). (2018). *Resolución No. 60/2018. Establece las tarifas que debe aplicar el Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical Alejandro de Humboldt a las personas naturales nacionales en pesos cubanos (CUP), y a las personas jurídicas nacionales y a las personas naturales y jurídicas extranjeras en pesos convertibles (CUC), por la prestación de los servicios de examen técnico de las variedades vegetales reguladas en el Decreto-Ley No. 291*. Gaceta Oficial de la República de Cuba.
- GOC, 2019-406-EX5. (2019). *Constitución de la República*. Edición Extraordinaria, La Habana, miércoles 10 de abril de 2019. AÑO CXVII.
- GOC, 2022-861-O93(a). (2022). *Ley No. 151. Código Penal*. Edición Ordinaria, La Habana, jueves 1ro. de septiembre de 2022 AÑO CXX. Número 93.
- GOC, 2022-1071-O138 (d). (2022). *Ley No. 141. Código de procesos*. Edición Ordinaria La Habana, martes 7 de diciembre de 2021. AÑO CXIX. Número 138.

- GOC, 2022-1103-O122(c). (2022). *Ley No. 154. De los derechos del autor y del artista intérprete*. Edición Ordinaria La Habana, Lunes 5 de diciembre de 2022. Año CXX. Número 122.
- GOC, 2022-1104-O122 (b). (2022). *Decreto 74. Sobre el Centro Nacional de Derecho del Autor y del Artista Intérprete*. Edición Ordinaria, La Habana, Lunes 5 de diciembre de 2022 AÑO CXX. Número Número 122.
- GOC, G. O. (2020). *Decreto-Ley No. 388/2020 de Recursos Fitogenéticos para la Alimentación, la Agricultura y las Semillas*. Ministerio de Justicia; 2020. 32 p. Edición Ordinaria La Habana, miércoles 12 de agosto de 2020 AÑO CXVIII. Número 57.
- INAF. (2023). *Alternativas científicas-Tecnológicas para incrementar la producción y rendimientos del cultivo del café para el fortalecimiento de la soberanía alimentaria y nutricional*. Información para reunión del Presidente de la República con los científicos y expertos para la soberanía alimentaria y nutricional, 2023.
- Incap. (2012). *Café conilon: Técnicas de producción con variedades mejoradas*. (4.<sup>a</sup> ed.). Instituto Capixaba de Investigación, Asistencia Técnica y Extensión Rural. <http://biblioteca.incap.es.gov.br/digital/bitstream/item/1080/1/Circular-Tecnica-Conilon-03I-4Edicao-espanhol-VF.pdf>
- INIA. (2019). *INIA impulsará programa de mejoramiento genético del café - Instituto Nacional de Innovación Agraria*. Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI). <https://www.inia.gob.pe/2019-nota-163/>
- IPGRI. (1996). *Descriptor del café (Coffea spp. Y Psilanthus spp.)*. International Plant Genetic Resources Institute.
- Krishnan, S. (2018). *Ensuring the genetic diversity of coffee*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20183058608>
- Kumar Mishra, M. (2019). Genetic Resources and Breeding of Coffee (Coffea spp.). En J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops* (pp. 475-515). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5_12)
- Kumar Mishra, M., Suresh, N., Bhat, A. M., Suryaprakash, N., Satheesh Kumar, S., & Kumar, A. (2011). Genetic molecular analysis of Coffea arabica (Rubiaceae) hybrids using SRAP markers. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 607-617.
- Loor Solórzano, R. G., Casanova Mendoza, T. de J., & Plaza Avellán, L. F. (2016). *Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5093>
- Martínez-Suárez, F., Moya-López, C. C., Menéndez-Grenot, M., & Ramos-Navas, R. A. (2012). Análisis dialélico para algunos caracteres componentes del rendimiento en genotipos de cacao (Theobroma cacao L.). *Café Cacao*, 11(2), 5-10.
- Merga, W., & Alemayehu, D. (2019). Effects of climate change on global arabica coffee (Coffea arabica L) production. *Greener Journal of Plant Breeding and Crop Science*, 7(1), 23-30.
- MINAG. (2019). *Política de los recursos fitogenéticos y semillas*.
- MINAGRI. (2017). *Programa de desarrollo para la producción de café en el llano*. Grupo Empresarial Agroforestal. 17 p.
- Mishra, M. K. (2019). Genetic Resources and Breeding of Coffee (Coffea spp.). En J. M. Al-Khayri, S. M. Jain, & D. V. Johnson (Eds.), *Advances in Plant Breeding Strategies: Nut and Beverage Crops* (pp. 475-515). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23112-5_12)
- Montagnon, C., Mahyoub, A., Solano, W., & Sheibani, F. (2021). Unveiling a unique genetic diversity of cultivated Coffea arabica L. in its main domestication center: Yemen. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 68(6), 2411-2422. <https://doi.org/10.1007/s10722-021-01139-y>
- Montagnon, C., Sheibani, F., Benti, T., Daniel, D., & Bote, A. D. (2022). Deciphering early movements and domestication of Coffea arabica through a comprehensive genetic diversity study covering Ethiopia and Yemen. *Agronomy*, 12(12), 3203.
- Mukhtar Ali Ghanim, A., & Ingelbrecht, I. (2018). *Irradiation-Dose Optimization for Mutation Induction in Coffee*. 27-31. <https://www.iaea.org/sites/default/files/18/08/cn-263-programme.pdf>
- NC. (2021a). *NC 878. Agricultura-Cuarentena Vegetal-Estación Cuarentenaria*, 15 pp. Vig. Desde 2012. Sust. la NC 70-30: 1988.
- NC. (2021b). *NC ISO 18974:2021*. (Publicado por la ISO en 2018. *Café- Análisis sensorial-Vocabulario (ISO 18974:2018, IDT)*.- - 15 p.
- NRAG. (2011). *NRAG 194. Semillas de café (Coffea arabica, L y Coffea canephora P ex. F) - Certificación*, 10 p.
- Ortega-Ortega, J., Ramírez-Ortega, F. A., Ruiz-Medrano, R., & Xoconostle-Cázares, B. (2019). Analysis of genome size of sixteen Coffea arabica cultivars using flow cytometry. *HortScience*, 54(6), 998-1004. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13916-19>
- Ortiz-Gómez, N., Turiño-Peña, M., & Jiménez-Ferrer, L. (2017). Efecto de diferentes variantes para la desinfección en hojas de Coffea arabica L. en el establecimiento in vitro. *Café Cacao*, 16(1), 9-14.
- PCC. (2021). *Conceptualización del modelo económico y social cubano de desarrollo socialista lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución para el periodo 2021-2026*. Comité Central del Partido Comunista de Cuba. Junio / 2021. Empresa de artes Gráficas Federico Engels. 85 p.

- Peña González, M. X. (1994). *Evaluación fenotípica y genética para la resistencia al nemátodo Meloidogyne incognita en híbridos de Coffea canephora*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5076>
- Pruvot-Woehl, S., Krishnan, S., Solano, W., Schilling, T., Toniutti, L., Bertrand, B., & Montagnon, C. (2020). Authentication of Coffea arabica Varieties through DNA Fingerprinting and its Significance for the Coffee Sector. *Journal of AOAC International*, 103(2), 325-334.
- Quintana-Escobar, A. O., Iracheta-Donjuan, L., Méndez-López, I., & Alonso-Báez, M. (2017). Caracterización de genotipos élite de Coffea canephora por su tolerancia a sequía. *Agronomía mesoamericana*, 28(1), 183-198. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.23874>
- Solano Sánchez, W. (2021). *Guía sobre mejoramiento genético del café: Importancia y características de los híbridos como estrategia de mejoramiento para enfrentar los efectos adversos de clima, mediante el uso de mayor diversidad genética* (1.ª ed.). Fundación para la Conservación de la Naturaleza. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/12233>
- Vega, M. E. G., Rodríguez, A. H., Díaz, Y. H., Espino, J. Á. L., Viva, M. F., Ardisana, E. F. H., & Pérez-Álvarez, S. (2020). Characterization and plant growth promoting potential of microbial groups associated with a Coffea sp. Collection. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 32(5), 358-367.
- Villalta, J. V., & Gatica, A. M. (2019). Una mirada en el tiempo: Mejoramiento genético de café mediante la aplicación de la biotecnología. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 577-599.
- Virginio Filho, E. de M., & Astorga Domian, C. (2021). Estado del arte y manejo de los híbridos F1 (Coffea Arabica L.) del Programa de Mejoramiento Genético de PROMECAFE. *Serie Técnica. Boletín Técnico*. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/11022>
- WCR. (2017). *World Coffee Research | Annual Report 2017*. World Coffee Research. <https://worldcoffeeresearch.org/resources/annual-report-2017>
- WCR. (2018). *World Coffee Research | Speeding up genetic progress*. World Coffee Research. <https://worldcoffeeresearch.org/news/2018/speeding-up-genetic-progress>
- WCR. (2019). *Guía de buenas prácticas producción de semilla de café*. WCR. <https://worldcoffeeresearch.org/news/2018/speeding-up-genetic-progress>
- Zamarripa, A., Ducos, J. P., Bollon, H., Dufour, M., & Pétiard, V. (1991). Production d'embryons somatiques de caféier en milieu liquide: Effets densité d'inoculation et renouvellement du milieu. *Café Cacao Thé*, 35, 233-244.
- Zewdie, B., Bawin, Y., Tack, A. J. M., Nemomissa, S., Tesfaye, K., Janssens, S. B., Van Glabeke, S., Roldán-Ruiz, I., Ruttink, T., Honnay, O., & Hylander, K. (2023). Genetic composition and diversity of Arabica coffee in the crop's centre of origin and its impact on four major fungal diseases. *Molecular Ecology*, 32(10), 2484-2503. <https://doi.org/10.1111/mec.16458>