



mocca

LOTES DE SEMILLAS Y VIVEROS: IDENTIFICACIÓN

Y EVALUACIÓN DE SU SISTEMA PRODUCTIVO

NICARAGUA

HONDURAS

EL SALVADOR

GUATEMALA

PERÚ



Introducción

Uno de los problemas esenciales, y en gran medida invisible, a los que se enfrenta la industria cafetalera es la falta de un sector formal de semillas de café. Cuando llega el momento de plantar un nuevo árbol, culturalmente los productores de café producen nuevas plantas a partir de semillas recogidas de sus propios campos o de vecinos, o quizás las obtienen de pequeños viveros locales que a su vez obtuvieron la semilla localmente en su comunidad. La calidad fitosanitaria y la pureza genética de estas plantas muchas veces no es óptima, y estas plantas de baja calidad suelen luego tener rendimientos reducidos durante toda su vida útil, representando un gran riesgo para el productor.

La elección de una variedad es uno de los factores más determinantes para la sostenibilidad de las fincas de café. Según Pruvot-Woehl et al. (2020), debido a la mala organización, a la falta de un sector profesional de semillas de café y a que hasta hace poco no existían las herramientas de control de calidad necesarias para verificar variedades, la mayoría de las fincas de este cultivo en todo el mundo (e incluso los lotes de semillas y los viveros) no están seguros de qué variedades están utilizando. No es infrecuente que un caficultor compre plantas que resultan no ser de la variedad que creía. Esto puede tener graves consecuencias, si por ejemplo el productor piensa que compró una variedad de café tolerante a la roya, y resulta que algunas, muchas o hasta todas las plantas compradas resultaron ser susceptibles. Esto es particularmente desastroso para un productor, dado que el café es un cultivo que permanece en los campos de los agricultores entre 20 y 50 años, y disponer de variedades inadecuadas o de baja calidad puede suponer una enorme reducción de la productividad, la rentabilidad y su capacidad de adaptación a determinado clima a lo largo de los años de producción.

Esto representa un riesgo para los agricultores en primer lugar y en general para la cadena de suministro de la industria, y sus consecuencias pueden alcanzar a afectar los ingresos nacionales de exportación si el suministro disminuye a largo plazo. Por lo tanto, existe la necesidad en la comunidad cafetalera de abordar los factores que impulsan este reto y encontrar formas para que el sector promueva el uso de material de siembra de calidad y con certeza genética.





Ante este escenario el proyecto Maximizando Oportunidades en Café y Cacao en las Américas (MOCCA), financiado por el Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA), e implementado por un consorcio liderado por TechnoServe y con la participación de World Coffee Research, implementa un programa de apoyo a la caficultura en Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Perú, mediante el cual se fortalece la capacidad de los agricultores para adoptar las buenas prácticas de rehabilitación y renovación (R&R).

En la actualidad, gran parte de los beneficios genéticos obtenidos por los fitomejoradores gracias a las variedades mejoradas se “escapa” de la cadena de valor antes de que estos materiales logren llegar a los agricultores. Garantizar la uniformidad genética y la conformidad de los lotes de semillas es fundamental para preservar la calidad y la consistencia de una variedad de café. Los rasgos y características de una variedad determinada sólo pueden garantizarse a largo plazo si la variedad se propaga de forma constante mediante semillas de alta calidad.

Tradicionalmente, los lotes de semilla en la región son raramente sembrados con el propósito exclusivo de producir semillas. Más bien, son lotes de producción de café que separan una parte de su cosecha para la venta de semilla y el resto se vende como café comercial. Esto también conlleva riesgos ya que la producción de semilla no es equitativo a la producción usual de café. La diferencia de una operación de producción de semilla es que se ponen en práctica una serie de buenas prácticas no sólo para asegurar la viabilidad del embrión dentro de la semilla sino también para asegurar que exista trazabilidad del origen de la misma y que se reduzcan los riesgos de mezclarse o “contaminarse” con otras semillas. Estas buenas prácticas de producción de semilla abarcan no sólo la producción en campo, sino también los procesos de cosecha, el procesamiento de la fruta, el secado y el almacenamiento, hasta la comercialización al productor.

Determinar la pureza genética de una variedad en un lote de semillas y garantizar la implementación de buenas prácticas de producción de semilla en ese lote, es una forma de reducir el riesgo del agricultor.

En ese sentido, MOCCA a través del WCR, realizó una serie de visitas de campo para recolectar información sobre la calidad de la semilla disponible actualmente en el mercado. Se visitaron fuentes de semilla formales e informales y entrevistó a los dueños de los lotes sobre sus prácticas de trazabilidad, así como el manejo de sus plantaciones y por último, se recolectaron muestras foliares para realizar un análisis de ADN mediante el uso de marcadores SNP como una herramienta para el control de calidad para determinar (o no) la conformidad genotípica entre las muestras recolectadas del lote semillero y las posibles oportunidades de mejora en cuanto a la implementación de buenas prácticas de producción de semilla.

Estas acciones, ayudan a que los sistemas de producción de semilla de café sean más funcionales y se reduce el riesgo durante la inversión de los agricultores al momento de establecer nuevos árboles. La mejora de las cadenas de valor de las semillas, que proporcionan plantas sanas, vigorosas, y genéticamente conformes permite que las variedades expresen sus características propias (tolerancia a enfermedades, calidad en taza, etc.), a la vez que permite a los agricultores tener una mayor productividad durante la vida del cafeto, se mejoran los medios de subsistencia de los agricultores y se contribuye a aumentar la competitividad del país y la diversidad de origen.

A close-up photograph of coffee beans and green leaves. The beans are dark brown and have a textured surface. The leaves are bright green and have a serrated edge. The background is blurred, showing more beans and leaves.

METODOLOGÍA



Objetivo general: Contribuir a un sector semillero funcional que apoye el uso de semillas y plántulas de alta calidad en los países MOCCA.

Conforme al objetivo de fortalecer a proveedores de material genético de siembra de café, MOCCA ha emprendido actividades específicas en cada país que contribuyen a la formación de un sector semillero funcional y así apoyar la producción y comercialización de semillas y plántulas de alta calidad, para lo cual se desarrollaron dos actividades en campo:

I. Identificación de lotes de semillas en los cinco países MOCCA y evaluación de su sistema productivo: Del 2020 al 2023, en el marco de la implementación de MOCCA, se muestrearon un total de 169 sitios en los 5 países del área de influencia del programa de café de MOCCA, en los cuales se colectó material que fue sometido a evaluación para verificar su conformidad genética de manera general.

Todos estos lotes se encontraban en buena condición fitosanitaria al momento del muestreo, y las características fenotípicas representaban a los de la variedad por la cual se identificaban, lotes que no cumplieran estas condiciones no fueron muestreados. La preselección de lotes semilleros inició en el año 2019, y se repetía previo a cada ronda de muestreo, igualmente se priorizaron variedades por país, conforme a la opinión y ranking de diferentes actores de la cadena (empresas exportadoras, instituciones de investigación, expertos en café, etc.).

Adicionalmente, durante el año 2023, se colectó información directamente de los dueños de los lotes de semilla para identificar oportunidades de mejora en sus sistemas productivos.

Las tareas que engloban esta actividad fueron las siguientes:

- Identificación de lotes semilleros.
- Visita al sitio, evaluación visual del mismo, encuesta al productor y muestreo de hojas en las plantas del lote.
- Preparación de muestras (ingreso a los plates, secado, documentación, etc.).
- Envío de muestras y análisis de ADN en laboratorio.
- Comunicación de los resultados.



II. Evaluación genética de los lotes de semillas para su limpieza: Utilizando el protocolo del WCR para garantizar la conformidad genética, se evaluaron lotes de semillas en los 5 países MOCCA con potencial para someterse a un proceso posterior de “limpieza”, que consiste en, además del análisis de ADN de todos los individuos del lote, la posterior eliminación de las plantas no conformes.

Las tareas que engloban esta actividad fueron las siguientes:

- Identificación de los socios para trabajar la limpieza de lotes semilleros.
- Selección de los lotes semilleros candidatos para la limpieza.
- Firma de un acuerdo de colaboración entre WCR y los socios.
- Visita al sitio para el muestreo foliar de las plantas del lote.
- Preparación de muestras (ingreso a los plates, secado, documentación, etc.).
- Envío de muestras y análisis de ADN en laboratorio.
- Comunicación de los resultados.
- Limpieza del lote semillero.

Esta actividad se llevó a cabo durante el 2023 juntamente con institutos de café, cooperativas, u otros representantes de la industria local con actividades en el sector semillero de café. El WCR lideró la ejecución de todas las subactividades, a excepción de la última tarea (Limpieza / eliminación de las plantas atípicas), tarea que debe ser ejecutada directamente por los dueños de los lotes de semilla.



En ambas actividades, para el muestreo de hojas se siguió el “Protocolo de recolección de muestras de campo para genotipado en lotes de producción de semillas” del WCR. En este caso se tomaron en cada sitio muestras al azar de entre 20 a 25 plantas, para la primera actividad o para el caso particular de la actividad de “limpieza”, se realizó el muestreo de todas las plantas del lote o en su defecto de un área específica de este. En este último caso, esta área en el futuro cercano, y en caso de tener resultados positivos respecto a la pureza genética, el productor debe hacer efectiva la limpieza para destinarla para la producción de semilla de manera específica.



Ambas evaluaciones se llevaron a cabo utilizando el protocolo de identificación de variedades del WCR mediante un panel SNP de baja densidad (LDP) y la experiencia de personal de campo capacitado. Esta herramienta, el LDP, está diseñada para su uso a escala con el fin de verificar la conformidad genética de los lotes de semillas de variedades específicas. Dado que el objetivo fue impulsar impactos a escala, para identificar lotes de semillas genéticamente conformes de variedades específicas, WCR no proporcionó informes genéticos detallados sobre las variedades que se están analizando, sino que proporcionó resultados binarios (Sí/No) sobre si un lote de semillas se ajusta o no a la variedad declarada.

Esta transición a herramientas de alto rendimiento es el tipo de desarrollo fundamental para reducir costos y aprovechar los beneficios de la tecnología a escala para permitiría una mayor garantía de calidad en los sistemas de semillas.

Para las entrevistas a los dueños de los lotes de semilla y la evaluación visual de la plantación, se implementó un cuestionario de 23 preguntas enfocadas a determinar la implementación (o falta de) de buenas prácticas agrícolas enfocadas a la producción de semilla. Los temas evaluados fueron: manejo de la sombra, manejo de la nutrición, manejo de plagas y enfermedades, prácticas de aislamiento o para reducción de la polinización cruzada y prácticas de trazabilidad durante el manejo de la semilla.



PRIMERA PARTE

ANÁLISIS DE ADN





Los análisis de ADN son una herramienta de control de calidad que pueden contribuir a profesionalizar el sector de semillas de café, ya que muchos actores podrían tener la seguridad de qué variedades están sembrando.

Los análisis de ADN en lotes semilleros de café se realizaron con 2 propósitos distintos:

- Identificación de la calidad genética en lotes semilleros: en el cuál a través de un muestreo al azar en el lote (usualmente de 25 plantas por sitio) se determinó la conformidad genética del lote semillero como un insumo para evaluar la calidad de la semilla que comercializa el sector normalmente.
- Limpieza de lotes semilleros: es un muestreo más exhaustivo en el cual se colectó material de todo o una parte específica del lote semillero para identificar las plantas que no corresponden a la variedad y luego eliminarlas, de esa manera disminuir los riesgos de polinización cruzada entre materiales de diferentes características.

Este tipo de información permite identificar los lotes semilleros de materiales genéticamente conformes (o los mayores niveles posibles), los cuales deberían adicionalmente implementar otras prácticas mencionadas como el aislamiento adecuado del lote, la eliminación de plantas atípicas, así como trazabilidad durante todo el proceso de producción para asegurar la comercialización de semilla genéticamente conforme. Así mismo, la buena condición del lote a nivel agronómico es fundamental para que las plantas alcancen su potencial productivo y garanticen la producción de semillas sanas y altamente viables.

Resultados

1. Identificación de lotes de semillas en los cinco países MOCCA: Se dispone de resultados de análisis de ADN de 3,628 muestras tomadas entre 2020 y 2023 de 169 lotes de semillas de café en los cinco países MOCCA:

Tabla 1. Sitios, variedades y muestras por país para la actividad de identificación de lotes semilleros.

País	Nº sitios	Nº variedades	Nº muestras
Guatemala	41	13	890
Honduras	41	13	896
El Salvador	36	13	720
Nicaragua	21	8	495
Perú	30	10	627
Total	169	25	3,628

Tabla 2. Lotes semilleros según su nivel de conformidad genética en países MOCCA en la actividad de identificación de lotes de semilla (2020-2023)

	% Conformidad genética				Total
	≤50%	51-79%	80-89%	90-100%	
# Lotes semilleros	47	22	29	71	169
%	28%	13%	17%	42%	

Acorde a la Tabla 2, el 42% de los lotes semilleros muestreados entre 2020 y 2023 con MOCCA, tienen una conformidad genética igual o mayor de 90%.

Alrededor del 57% de las fuentes de semilla muestreadas obtuvieron niveles menores de conformidad, lo que aumenta el riesgo de que se esté ofreciendo a los agricultores semilla de plantas que no corresponden a la variedad.

Tabla 3. Lotes semilleros por país y su nivel de conformidad genética en países MOCCA en la actividad de identificación de lotes de semilla (2020-2023).

País	% Conformidad genética				Total
	≤50%	51-79%	80-89%	90-100%	
Guatemala	6	5	16	14	41
Honduras	17	2	5	17	41
El Salvador	7	9	3	17	36
Nicaragua	4	5	4	8	21
Perú	13	1	1	15	30
Total	47	22	29	71	169

En la Tabla 3, se puede apreciar la situación por país en cuanto a los niveles de correspondencia genética alcanzados en los lotes semilleros. Para el caso de Honduras y Perú se obtuvieron resultados de correspondencia genética menores o iguales a 50% en una alta frecuencia (aprox. 41-43% de sus lotes), lo que quiere decir que es muy probable encontrar en estos países lotes con muy baja correspondencia genética o que en efecto no corresponden a la variedad por la que se identifica al lote semillero.

Asimismo, cada variedad de café ha sido sometida a través de los años a distintos niveles de mezcla o “contaminación genética”, por lo que es de esperar que algunas variedades (sobre todo las que tienen mayor tiempo en el mercado), tengan porcentajes más altos de incongruencias.

Tabla 4. Lotes semilleros por variedad y su nivel de conformidad genética (2020-2023).

Variedad	% Conformidad genética				Total
	≤50%	51-79%	80-89%	90-100%	
Anacafe 14	3	3	3	7	16
Borbón	7	0	3	1	11
Catigua	1	0	0	0	1
Catimor	0	0	0	1	1
Catisic	1	0	0	1	2
Catuaí	1	1	3	1	6
Caturra	3	0	0	6	9
Costa Rica 95	0	2	0	2	4
Cuscatleco	0	0	0	3	3
Geisha	9	0	1	3	13
H1 Centroamericano	0	0	0	5	5
Icatú	1	0	0	0	1
IHCAFE-90	1	0	0	0	1
Lempira	1	0	0	0	1
Maragogype	1	0	1	0	2
Marsellesa	4	4	4	7	19
Obata	6	0	5	2	13
Oro Azteca	0	0	0	1	1
Pacamara	1	4	1	9	15
Pacas	1	2	0	1	4
Parainema	3	5	5	17	30
San Pacho	0	0	0	4	4
Sarchimor	0	0	3	0	3
SL-28	1	0	0	0	1
Tekisic	2	1	0	0	3
TOTAL	47	22	29	71	169

Respecto a la Tabla 4, se puede observar que un total de 25 variedades fueron muestreadas en los países MOCCA. La variedad que fue muestreada con más frecuencia fue Parainema con 30 sitios en total, le sigue Marsellesa (19), Anacafé 14 (16), y Pacamara (15). Por otra parte, el H1 Centroamericano y San Pacho, fueron los únicos que alcanzaron niveles de 90-100% de correspondencia en todos sus sitios, aunque fueron pocos los lotes que se muestrearon de estas variedades, 5 y 4 respectivamente. Del mismo modo, variedades como Pacamara, Parainema y Anacafé 14 alcanzaron frecuencias importantes para el rango de 90-100% de correspondencia genética. Por lo contrario, variedades como Geisha, Borbón y Obatá, tuvieron una alta frecuencia de sitios con correspondencia genética $\leq 50\%$.



2. Evaluación de los lotes de semillas para su limpieza: Se dispone de resultados de análisis de ADN de 27,063 muestras tomadas en lotes de producción de semilla de café de propiedad de actores claves del sector semillas en los cinco países MOCCA:

Tabla 5. Sitios, variedades y muestras por país para la actividad de limpieza de lotes semilleros.

País	Nº sitios	Nº variedades	Nº muestras
Guatemala	1	1	6,016
Honduras	6	3	6,016
El Salvador	7	4	6,007
Nicaragua	2	2	3,008
Perú	6	4	6,016
Total	22	9	27,063



Tabla 6. Lotes semilleros según su nivel de conformidad genética en países MOCCA en la actividad de evaluación para limpieza de lotes (2023)

	% Conformidad genética				Total
	≤50%	51-79%	80-89%	90-100%	
# Lotes semilleros	3	4	4	11	22
%	14%	18%	18%	50%	

Acorde a la Tabla 6, el 50% de los lotes semilleros que se muestrearon para realizar actividades de limpieza en ellos, tienen una conformidad genética igual o mayor de 90% (es necesario tomar en cuenta que los lotes seleccionados para esta actividad fueron previamente identificados para que cumplieran altos niveles de pureza genética y sea factible el realizar la limpieza del lote, que consiste básicamente en eliminar plantas no correspondientes a la variedad).

Por otra parte, los lotes con conformidad genética menor o igual al 50% fueron 3 lo cual representa alrededor del 13% del total de fuentes de semilla muestreadas en esta actividad.



SEGUNDA PARTE

IMPLEMENTACIÓN DE BUENAS PRÁCTICAS

DE PRODUCCIÓN DE SEMILLAS EN LOS LOTES SEMILLEROS





Adicional a las muestras de hojas recolectadas en campo para los análisis de ADN, en el año 2023 fue tomada in-situ información respecto al manejo de los lotes semilleros y se entrevistó a 28 propietarios a fin de determinar oportunidades de mejora en la producción de semilla de café en general en los países MOCCA de Guatemala, Honduras, Nicaragua y Perú, los resultados se presentan a continuación.

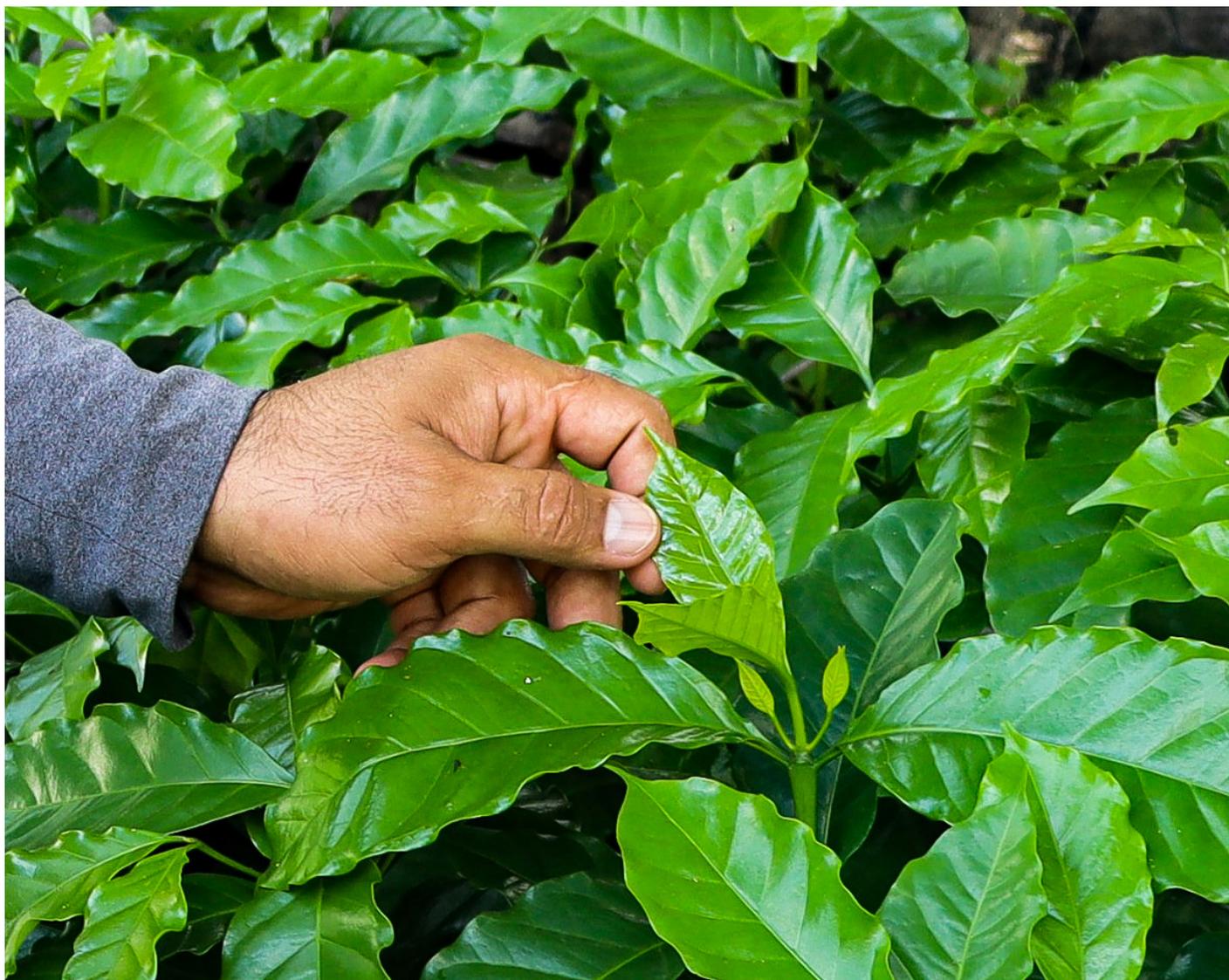
Resultados

- **Origen del material:** Todos los entrevistados indicaron que tienen conocimiento sobre la procedencia de la semilla utilizada para el establecimiento de sus lotes semilleros. Mayoritariamente el origen de la semilla es de otras fincas cercanas al sitio o localizadas en el mismo país (49%), otro grupo importó la semilla desde otro país en América (19%) sobre todo cuando se trataba de variedades no disponibles en el propio país, un 16% de los lotes se establecieron con semilla de la propia finca del productor, y el restante de sitios se establecieron con semilla de instituciones gubernamentales (11%) o empresas privadas (8%). Vale indicar que la procedencia corresponda a una institución público o privada, no necesariamente garantiza la correspondencia genética del material, sin embargo puede correlacionar con mejores prácticas de trazabilidad.

Por otra parte, sólo un 30% de los sitios cuentan con rotulación y una demarcación clara que identifica el lote semillero, lo que representa un riesgo a la trazabilidad al momento de desarrollar actividades específicas en el lote como por ejemplo la cosecha, ya que una persona o trabajador que no esté familiarizado con la distribución del sitio podría llegar a confundirse.

- **Manejo agronómico:** Se pudo constatar que los lotes semilleros mayormente están en buena condición, no se observaron deficiencias nutricionales generalizadas de consideración ni incidencia de plagas o enfermedades en niveles que afecten la producción o pongan en riesgo la calidad de la semilla de café, por lo que se estima que los lotes cuentan con un buen programa de nutrición y Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE), sin embargo, no existe documentación de que estas prácticas agronómicas se realicen con el propósito de tener la mayor cantidad de embriones viables en las semillas, sino que se implementan siguiendo el programa usual de una finca de café. La medición de granos vanos u otros problemas que puedan afectar al embrión es muy importante para la producción de semilla ya que garantiza los mayores índices de germinación. En cuanto a acceso a asistencia técnica, es importante indicar que todos los propietarios de lotes semilleros tienen el soporte de una organización o lo tuvieron en algún momento, sin embargo en la mayoría de los casos no recibieron asesoría especializada para la producción de semilla.
- **Homogeneidad del lote:** Si bien la mayor parte de las plantas (90-95% del total) de los lotes de semilla eran homogéneas o mostraban características fenotípicas muy similares, si fue posible observar plantas atípicas que permanecen en el lote, lo que pone en riesgo la pureza genética de la semilla debido a la probabilidad de la polinización cruzada. Las plantas “atípicas” son plantas con características físicas distintas a las demás, lo que indica que tienen un genotipo distinto también, por lo cual se recomienda eliminarlas para evitar degradación genética en la variedad que se busca producir.

- **Aislamiento.** En vista que la mayoría de lotes inicialmente no se instalaron con fines de producción de semilla, todos los sitios carecen de una demarcación clara respecto a otra parcela y no tienen un aislamiento suficiente que evite la polinización cruzada con parcelas aledañas de otras variedades, es decir los lotes semilleros son manejados como lotes de producción de café tradicional, y no se han implementado otras medidas que ayuden a reducir la polinización cruzada, como por ejemplo el establecimiento de barreras vivas. Los porcentajes de polinización cruzada en *C. arábica* son relativamente bajos comparados con otros cultivos, pero pueden alcanzar aproximadamente 15% o más (Carvalho et al, 2019) , lo cual en una operación de semilla es contraproducente
- A los factores antes mencionados, se debe sumar la falta del uso de registros documentales que ayuden a tener un inventario exacto de la cantidad de semilla que se dispone, su viabilidad, detalles del procesamiento, etc, así como la falta de infraestructura adecuada para el almacenamiento de las semillas.





CONCLUSIONES

1. El sector semillerista del cultivo de café se caracteriza por su informalidad, y por la falta de herramientas de control de calidad que existen para asegurar que los productores tengan acceso a material de siembra de calidad, fitosanitaria y genética.
2. La calidad fitosanitaria de la semilla y de las plantas en algunos casos es controlada por las autoridades locales, pero en la mayoría de los casos no se controla, registra o certifica de ninguna manera. La calidad genética de un material tampoco se verifica. Esta falta de controles establecidos o de herramientas para que el sector se autogestione pone en riesgo al productor, ya que puede ocasionar grandes pérdidas al momento de renovar áreas de la finca y afecta también a toda la cadena de suministro por que la calidad del material repercute directamente en la productividad de las fincas.
3. Como una forma de evaluar la calidad genética de la semilla ofrecida actualmente, con el programa MOCCA se tomaron entre el 2020 y 2023 un total de 30,691 muestras foliares de 169 sitios de producción de semillas en Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Perú. Estas muestras también colaboraron en la generación de una base de datos genética de uso libre, publicada en agosto del 2023. [Enlace](#)
4. Los resultados de los análisis de ADN indican que en alrededor del 57% de los lotes semilleros muestreados se tiene menos del 50% de conformidad genética, es decir menos de la mitad de las plantas del sitio corresponden a la variedad que el productor pensaba que tenía.
5. Además de la calidad genética de las plantas en el lote, otros factores son importantes para garantizar la producción de semilla con buena pureza genética y que tenga la mejor calidad física y fitosanitaria, entre ellas un buen manejo agronómico del lote, aislamiento del lote respecto a otras parcelas de café y la implementación de otras prácticas de trazabilidad que aseguren que se mantengan las características deseadas de la variedad.
6. Los marcadores genéticos basados en SNP constituyen una herramienta crucial y un salto adelante para que la industria del café autentifique las variedades de café, reduciendo el riesgo y dando mayores garantías en las inversiones de los agricultores.
7. El uso de herramientas como los análisis de ADN y la implementación de buenas prácticas de producción de semilla en los lotes semilleros ayudan a que los sistemas de producción de semilla de café sean más funcionales y dan soporte para el éxito en los programas de renovación y rehabilitación (R & R).

moCCA

Maximizando Oportunidades
en Café y Cacao en las Américas

*Agradece especialmente a los
semilleristas y viveristas que
participaron en este estudio, quienes
con su apertura contribuyen al
acceso a material de siembra de
calidad en la región.*

www.mocca.org

