



PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

Instituto de  
Investigaciones de la  
Amazonía Peruana



BICENTENARIO  
PERÚ 2021



# MANUAL PRÁCTICO: DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES DEL CAFÉ CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

■ **PROYECTO:**  
**GENERACIÓN DE TECNOLOGÍAS INNOVADORAS DE  
ADAPTACIÓN A LOS EFECTOS NEGATIVOS DEL CAMBIO  
CLIMÁTICO COMO UN MODELO SOSTENIBLE Y EXITOSO  
DE LA CAFICULTURA EN LA REGIÓN SAN MARTÍN**  
*CONTRATO N° 20-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV*

■ **AUTORES:**  
**Dr. LUIS ALBERTO ARÉVALO LÓPEZ**  
**Ing. M.Sc. GEOMAR VALLEJOS TORRES**  
**Ing. RAÚL GONZALES ALEGRÍA**

INSTITUCIÓN  
ASOCIADA:



INSTITUCIÓN FINANCIERA:



**CONCYTEC**  
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA,  
TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

**Pro  
CIENCIA**



**GRUPO BANCO MUNDIAL**

**MANUAL PRÁCTICO:  
DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLE DEL CAFÉ  
CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**

Primera edición

Dr. LUIS ALBERTO ARÉVALO LÓPEZ

Ing. M.Sc. GEOMAR VALLEJOS TORRES

Ing. RAÚL GONZALES ALEGRÍA

Coinvestigadores:

M.Sc. MIKE ANDERSON CORAZON GUIVIN, Universidad Nacional de San Martín (UNSM) – Tarapoto

M.Sc. HÉCTOR GUERRA ARÉVALO, Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana

Iquitos, Noviembre de 2021

Editado por:

© Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)

Av. Abelardo Quiñones Km 2.5 Iquitos - Perú

Apartado postal: 784.

Correo electrónico: [preside@iiap.gob.pe](mailto:preside@iiap.gob.pe)

[www.iiap.gob.pe](http://www.iiap.gob.pe)

ISBN: 978-612-4372-39-1

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021-12465

Edición: Dr. Luis Alberto Arévalo López

Diseño y Diagramación: Qiqe Cisneros y Carlos Murrieta, para Ideal Estudio Gráfico S.A.C.

Fotografía: Dr. Luis Arévalo, MSc. Geomar Vallejos Torres.

Revisión científica: M.Sc. Kadir Márquez Dávila, docente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán de Huánuco (Facultad de Agronomía), candidato a PhD de la Universidad de Visosa, Brasil.

Manual elaborado en el contrato 20-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV:

“Generación de Tecnologías de Adaptación a los efectos negativos del cambio climático como un modelo sostenible y exitoso de la caficultura en la región San Martín”.

Se terminó de imprimir en noviembre 2021 en:

Ideal Estudio Gráfico S.A.C.

Jr. Martín de la Riva 256 - Tarapoto, San Martín, Perú

Tiraje: 500 ejemplares.

**MANUAL PRÁCTICO:  
DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS  
SOSTENIBLES DEL CAFÉ CON HONGOS  
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES**



ENTIDAD  
ASOCIADA:



# ÍNDICE

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| INTRODUCCIÓN                                                                                                      | 6  |
| Propagación de plantas de <i>Coffea arabica</i> con tolerancia a roya por enraizamiento de brotes en microtúneles | 7  |
| Hongos micorrízicos arbusculares y su efecto sobre la roya amarilla en clones de café                             | 12 |
| Concentración de carbono en el suelo de café con dos sistemas de siembra                                          | 20 |
| Estrategias de rejuvenecimiento de fincas cafetaleras                                                             | 24 |

## AGRADECIMIENTO

Al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica-(FONDECYT), ahora Prociencia, por financiar al proyecto “Generación de Tecnologías de Adaptación a los Efectos Negativos del Cambio Climático como un modelo Sostenible y exitoso de la Caficultura en la Región San Martín”, CONTRATO N° 20-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV, a los tesisistas y equipo técnico que apoyaron en la investigación científica.

A la Universidad Nacional de San Martín, por ser aliado estratégicos del proyecto por su gran aporte a la investigación y desarrollo de tecnologías.

A todos los productores cafetaleros del distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba, por su colaboración y apoyo técnico-científico.



## INTRODUCCIÓN

En el Perú, el café es uno de los principales productos de exportación y representa cerca de la mitad de las exportaciones agropecuarias, ejerciendo una gran influencia socioeconómica, en particular en la región San Martín. Algunas provincias del Valle del Alto Mayo, como Moyobamba y Rioja, se caracterizan por estar ubicadas a altitudes superiores a los 800 msnm, presentando ecosistemas favorables para el cultivo de café.

En los últimos años los cafetales fueron devastados por la roya amarilla (*Hemileia vastatrix* L.) sobre todo aquellos con las variedades caturra, pache y típica, que tienen una alta calidad de taza, pero son muy susceptibles a esta especie de hongo. El impacto de la roya amarilla fue mayor en aquellos cafetales con más de 15 años, muy susceptibles al hongo debido al bajo suministro de nutrientes, que son necesarios para reponer lo extraído por las cosechas.

En la actualidad, debido a los efectos del cambio climático, han proliferado las plagas y enfermedades, siendo mucho más agresivas y difíciles de controlar. Esto genera grandes pérdidas económicas a los campesinos caficultores.

Un problema añadido, dada la importancia socioeconómica del café, es la proliferación de cultivos en zonas con altitudes mayores a los 1200 msnm, lo que está impactando a las cabeceras de cuencas de agua dulce, que son la principal fuente de agua potable para el consumo de la población.

Ante este escenario, el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana por medio del Proyecto: "Generación de tecnologías de adaptación a los efectos negativos del cambio climático como un modelo sostenible y exitoso de la caficultura en la Región San Martín", realizó una gama de investigaciones para contribuir con soluciones a los efectos negativos del cambio climático y la roya amarilla, generando información que permita determinar la altitud óptima para el cultivo del cafeto, el rejuvenecimiento de los cafetales y la biofertilización para mejorar la productividad en la provincia de Jepelacio, Moyobamba.



## PROPAGACIÓN DE PLANTAS DE *Coffea arabica* L. CON TOLERANCIA A ROYA POR ENRAIZAMIENTO DE BROTES EN MICROTÚNELES

Se realizaron diferentes experimentos con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes concentraciones de ácido indol butírico en el enraizamiento de tres variedades de café. Los experimentos fueron realizados en el invernadero del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), ubicado en la región San Martín, en la ciudad de Tarapoto (Latitud Sur: 06°35'28" y Latitud Oeste: 76°18'47", altitud: 330 m.s.n.m.).

### ■ PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

#### Identificación y selección de fincas cafeteras

Se identificaron fincas cafeteras con las variedades caturra, pache, y nacional o típica en las provincias de Rioja, Moyobamba, Lamas, El Dorado, y Huallaga, con antecedentes de haber sido afectadas con mayor severidad por la roya amarilla del café.

En cada finca se evaluaron durante tres años plantas matrices de café en el periodo de producción. En las tres variedades se consideraron los grados de severidad de la roya amarilla del café 1 y 2 como indicadores de tolerancia.



### Características consideradas para la selección de plantas de café matrices

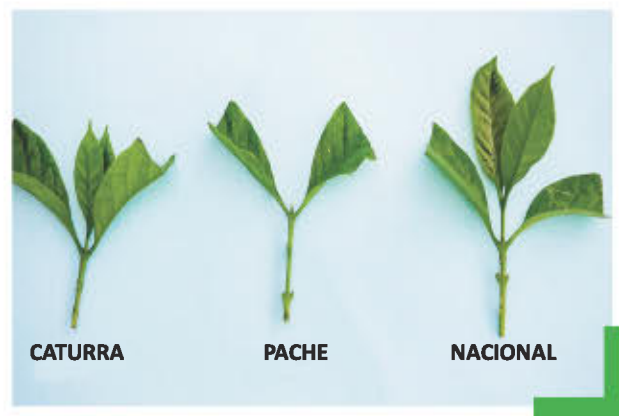
- Grado de ataque de roya según la escala de severidad (1 a 5) (Hiroshi et al. 2009); deseables grados 1 y 2.
- Plantas de café mayores de 3 años de las variedades *caturra*, *pache* y *nacional*, en los rangos de altitud 800 - 1000 m.s.n.m y 1000 - 1200 m.s.n.m.
- Arquetipo de planta; para ello se evaluó el número de ramas productivas por planta, número de nudos productivos por rama y entre nudos florales.
- Plantas con alta productividad, con maduración uniforme y con buena carga fructífera.

### Obtención de brotes

Los brotes para la propagación fueron obtenidos de plantas matrices, sometiéndolas previamente a la inducción de brotes ortotrópicos, mediante la técnica del agobio, estimulando la emisión de yemas laterales por el efecto de inclinación (durante 80 días). Posteriormente se procedió al aislamiento de los brotes durante las primeras horas del día, evitando estrés hídrico de los rebrotes durante el traslado al área de propagación.



➤ Brotes de café 80 días después de la inclinación de las plantas matrices.



➤ Brotes para enraizamiento de las tres variedades de café.

### Procedimiento de enraizamiento

Los brotes terminales se cortaron con un tamaño de 8 cm, haciéndose un corte oblicuo justo arriba de cada nudo, con un área foliar de 50 cm<sup>2</sup>, lo que permitió una mejor manipulación en el establecimiento del ensayo. Cada brote de café fue sumergido en una solución de ácido indol butírico (AIB) de 2000 ppm; inmediatamente después fueron sembrados en bandejas que contenían sustratos especiales, siendo depositados posteriormente en los microtúneles para su enraizamiento.

### Ambiente de enraizamiento

Se emplearon microtúneles especialmente contruidos, para el enraizamiento de diferentes especies vegetales. Los túneles presentan un marco de metal pintado o galvanizado, con dimensiones de 3 m de largo x 1 m de ancho y 0,6 m de altura, forrados con plástico transparente blanco para facilitar el paso de la luz solar difusa. Internamente, los microtúneles contienen tres nebulizadores con un sistema de riego automatizado que permite mantener la humedad relativa por encima del 75 % y una temperatura entre los 28 °C y 35 °C. Después de 50 días, los brotes tenían en promedio 3,48 raíces de 2,46 cm. Finalmente, los brotes enraizados en los microtúneles fueron repicados por un periodo de dos meses en bolsas almacigueras con sustrato de suelo mezclado con arena para el endurecimiento de los plantines.



➤ Producción masiva de plantas clonadas de café en microtúneles.

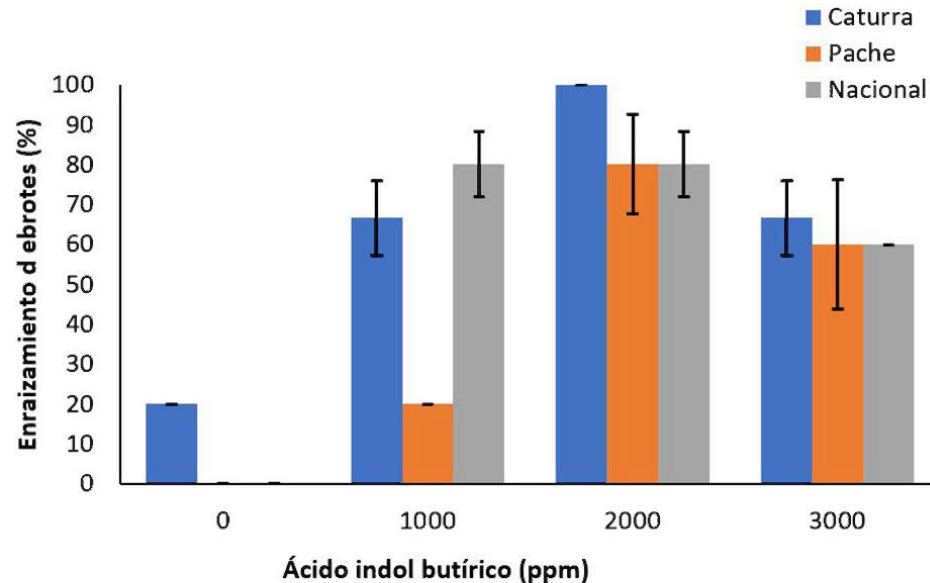


➤ Plántulas clonales aclimatadas.

## RESULTADOS

El presente estudio exploró la propagación vegetativa de *C. arabica* por enraizamiento de brotes como una alternativa para propagar el café a partir de material vegetal selecto con tolerancia a roya amarilla, haciendo uso de tecnologías sencillas y de mediano costo al alcance de los productores cafetaleros. Se espera obtener material genético que pueda ayudar a abordar los desafíos de calidad, diversidad intraespecífica y accesibilidad del material mediante la instalación de jardines clonales de propagación como una fuente continua de material de propagación vegetativa. Esta tecnología busca apoderarse del uso del material vegetal del café asociado al uso de los hongos micorrízicos arbusculares, durante su etapa de aclimatación, considerado como una tecnología agroecológica y amigable con el medio ambiente.

Las buenas prácticas agrícolas en el cultivo de café permiten una mejora continua de la producción y permiten aumentar los indicadores de sostenibilidad. Las prácticas de manejo orgánico necesitan tener continuidad en los procesos de transición, enfatizando en el desarrollo y la aplicación de tecnologías más apropiadas (De Muner, 2011).



► **Figura 3. Porcentajes de enraizamiento como efecto de las dosis de AIB y variedades de *Coffea arabica* L. por brotes.**

## CONCLUSIONES

El desarrollo de la propagación de plantas de *Coffea arabica* L. por enraizamiento de brotes puede ayudar a lograr la disponibilidad y estabilidad de plantas de café con mayor producción de granos uniformes y de buena calidad, así como mejores niveles de tolerancia a la roya amarilla. Permite además propagar y conservar clones de café a partir de material vegetal selecto, rescatando variedades que tienen el riesgo de perderse. En este sentido, permite valorar el material genético de las variedades, caturra, pache, y nacional adaptadas a nuestras condiciones agroecológicas. Asimismo, permite conservar genotipos con características genéticas favorables (resistencia a plagas y enfermedades). Todos estos factores conducen a mejorar la calidad de vida de los caficultores de las zonas rurales del Perú.

La economía agraria permite satisfacer en gran medida las necesidades alimentarias de estos hogares de fincas cafeteras. Todas las medidas destinadas a reducir la pobreza y a disminuir la brecha entre las zonas urbanas y rurales tendrán un efecto positivo en el fortalecimiento de la seguridad alimentaria, siendo el café una fuente directa de conservación de la biodiversidad, de sustentabilidad socioeconómica y ecológica.



## HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES Y SU EFECTO SOBRE LA ROYA AMARILLA EN CLONES DE CAFÉ.

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA), viven en simbiosis con las plantas. El café también es una especie que desarrolla simbiosis con este tipo de hongos. Es por este motivo que se evaluaron los efectos de los HMA sobre la severidad de la roya amarilla del café en parcelas cafetaleras ubicadas en la provincia de Moyobamba, instaladas a partir de plantas clonadas de las variedades caturra y pache. Se inocularon 2000 esporas de un consorcio HMA procedente de las provincias de Moyobamba, El Dorado y Huallaga. Los parámetros evaluados fueron el crecimiento de la planta, la micorrización y la severidad de la roya amarilla.

### PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

#### Sitio de estudio

La parcela experimental fue instalada en la localidad de Barranquita, Jepelacio, Moyobamba, San Martín, a una altitud de 1050 msnm. Se colectaron muestras de suelo rizosférico en plantas de café, que luego fueron llevadas al laboratorio del Instituto de investigaciones de la Amazonia Peruana - IIAP y al Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales – LCTV de la Universidad Nacional de San Martín, para los análisis de colonización micorrízica y caracterización del hongo micorrízico.

Se registraron las variables climáticas más importantes durante seis meses de evaluación, como se detalla en la tabla 1. La temperatura fluctuó entre 21,3 y 25,0 °C, la humedad relativa de 67,2 a 76,1 % y la precipitación acumulada de 4,8 a 88,1 mm (SENAMHI, 2020).

| Mes            | Temperatura (°C) | Humedad relativa (%) | Precipitación acumulada (mm) |
|----------------|------------------|----------------------|------------------------------|
| Octubre 2019   | 21,3             | 73,2                 | 6,01                         |
| Noviembre 2019 | 21,3             | 74,5                 | 6,97                         |
| Diciembre 2019 | 22,2             | 76,1                 | 4,8                          |
| Enero 2020     | 22,5             | 74                   | 5,63                         |
| Febrero 2020   | 22,9             | 69,1                 | 6,96                         |
| Marzo 2020     | 25               | 67,2                 | 17,8                         |

► Tabla 1. Valores de las condiciones climáticas evaluadas.

### Características del área de estudio

La zona tiene pendiente de 2%, conformada por un bosque secundario con árboles agroforestales como pashaco (*Apuleia molaris*), cacao (*Theobroma cacao*) y naranja (*Citrus sinensis*). La parcela tuvo un área total de 1200 m<sup>2</sup> (55 m x 22 m) y un área neta experimental de 216 m<sup>2</sup>.

Las plantas de café fueron sembradas a un distanciamiento de 1,5 m x 1,5 m, representando una densidad de 384 plantas, de las cuales 96 fueron evaluables. Las características físicas y químicas del suelo del área de estudio se muestran en la tabla 2.

| Fuente             | Arena (%) | Limo (%) | Arcilla (%) | CE (dS/m) | pH   | MO (%) | N (%) | P (ppm) | K (ppm) |
|--------------------|-----------|----------|-------------|-----------|------|--------|-------|---------|---------|
| Caturra-Sin HMA    | 40,96     | 18       | 41,04       | 0,38      | 7,02 | 6,65   | 0,30  | 14,85   | 308     |
| Pache-Sin HMA      | 28,24     | 21       | 50,76       | 0,45      | 6,6  | 5,71   | 0,26  | 16,86   | 396     |
| Caturra- C. Moyob. | 22,24     | 18       | 59,76       | 0,27      | 6,42 | 4,86   | 0,22  | 11,64   | 513     |
| Pache- C. Moyob.   | 28,24     | 21       | 50,76       | 0,28      | 6,43 | 5,4    | 0,24  | 13,72   | 272     |
| Caturra- C. Dorad. | 34,24     | 18       | 47,76       | 0,36      | 7,16 | 5,39   | 0,24  | 24,71   | 320     |
| Pache- C. Dorad.   | 28,24     | 24       | 47,76       | 0,17      | 6,63 | 3,32   | 0,15  | 7,82    | 381     |
| Caturra- C. Huall. | 28,24     | 24       | 47,76       | 0,12      | 6,88 | 4,38   | 0,2   | 13,55   | 409     |
| Pache- C. Huall.   | 37,24     | 21       | 47,76       | 0,34      | 7,49 | 4,49   | 0,2   | 13,37   | 364     |

Fuente: ICT, 2020

► Tabla 2. Característica físico-química de suelos en parcelas de investigación



➤ Producción de clones de café.



➤ Plantón clonado micorrizado y aclimatado listo para campo.

Después de 50 días del establecimiento de los brotes dentro de micro-túneles, las bandejas con los brotes enraizadas fueron retiradas. Los brotes tenían en promedio cuatro raíces de 2,46 cm de longitud.

Los brotes fueron replicados en bolsas almacigueras con sustrato (suelo mezclado con arena), inoculados con esporas (1500 a 2000 esporas) de un consorcio de HMAs (Acaulospora mellea, Acaulospora spinosissima, Glomus trimurales y Paraglomus occultum), seleccionadas con base a su eficiencia de biofertilización y protección. Cada brote replicado fue llevado a un vivero de aclimatación para la rusticación de los plantines por un periodo de dos meses.



➤ Propagación masiva de micorrizas arbusculares



➤ Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares a raíces de plántulas clonales de café.

### Establecimiento de plantones de café micorrizadas en campo

Los tratamientos evaluados fueron distribuidos en un diseño completo al azar con arreglo factorial, con 16 unidades experimentales por tratamiento y 3 bloques. El área fue alineada mediante el método de triángulo rectángulo de 3, 4 y 5 metros, donde se diseñaron 3 bloques con distanciamiento de 2 metros entre ellos. Entre plantas se manejó el distanciamiento de 1,5 metros x 1,5 metros entre calle, recomendado por Nigussie et al. (2017).

Los hoyos para la siembra de las plántulas clonales fueron de 20 cm de largo, 20 cm de ancho y 30 cm de profundidad, considerando que la plántula tenga buena aeración y espacio para el crecimiento de las raíces. Durante el periodo de evaluación de las plántulas clonales confrontadas con el consorcio de HMA, se evaluó el crecimiento y área foliar (Figura 6), así como la colonización micorrízica y el número de esporas de HMA en el sistema radicular de plantas de café (Figura 7) y la severidad a roya en plantas clonadas y micorrizadas en campo (Figura 8).



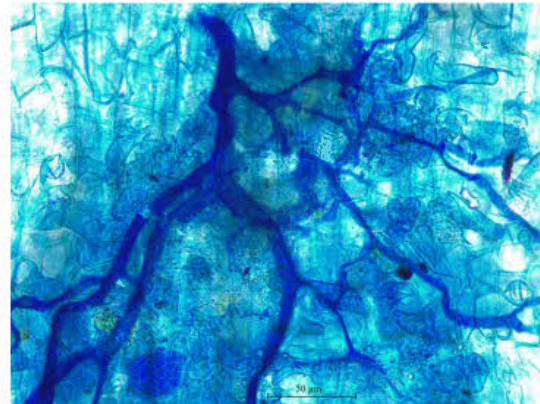
➤ Establecimiento de planta clonada micorrizada



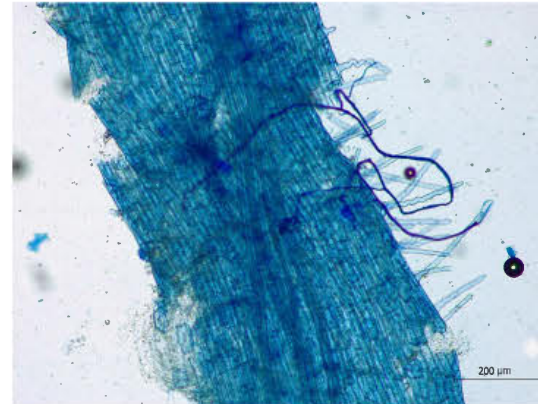
➤ Toma de muestras para evaluación de micorrizas



➤ Planta clonada y micorrizada próximo a la floración



► Micelio intra y extrarradicular



► Micelio extrarradicular en raíces de café



► Esporas de HMA presentes en el suelo de las plantas de café inoculado con micorrizas.  
Nota: Fotografía en microscopio LEICA DM1000 LED a distintas escalas

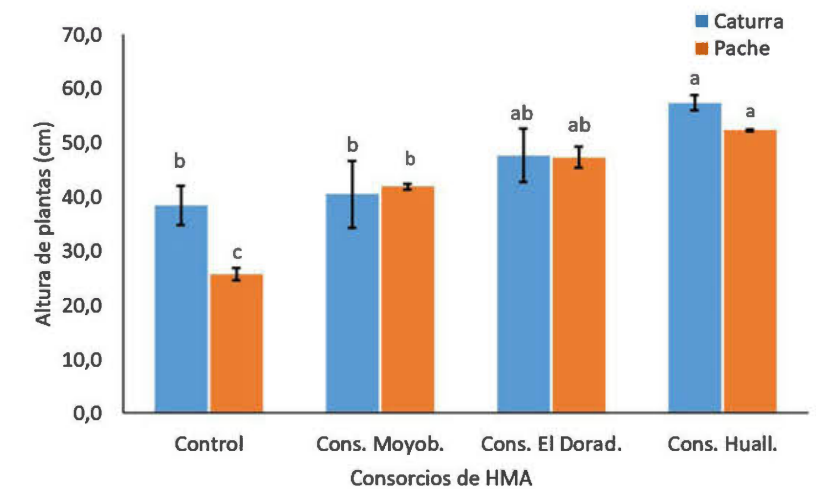
► Inoculación con roya a  
plantones micorizados.



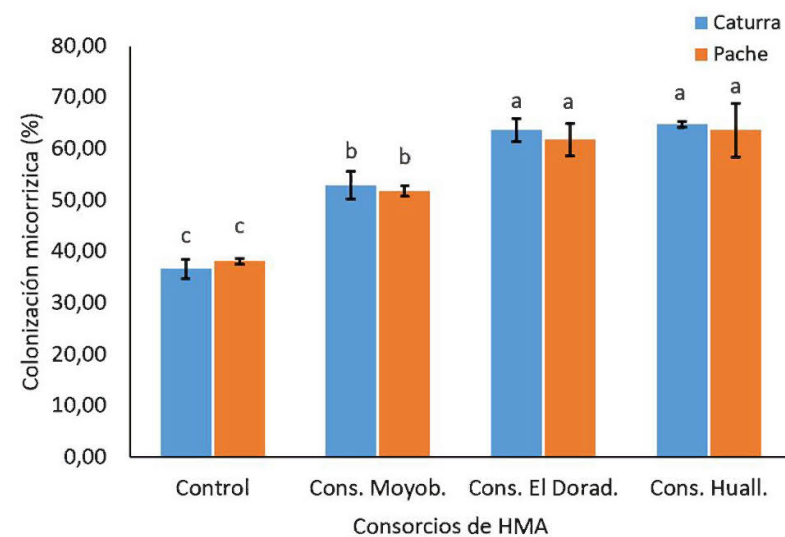
► Evaluación de roya  
en plantas clonadas.

## RESULTADOS

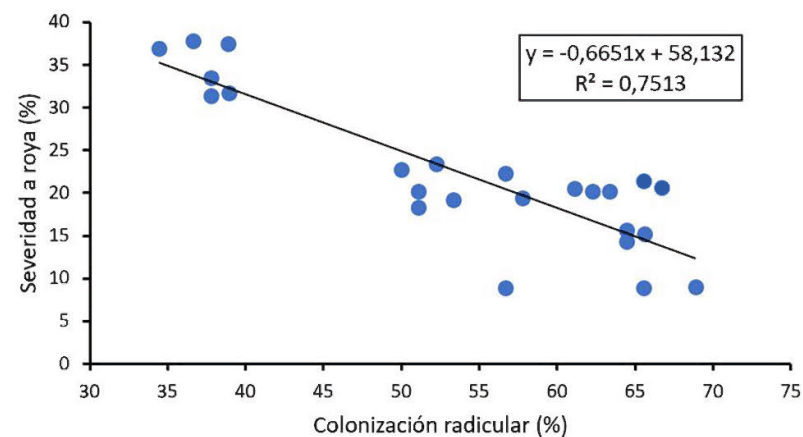
De las evaluaciones realizadas en campo entre octubre de 2019 a agosto de 2020 (10 meses de instalado el ensayo), se obtuvieron los siguientes resultados:



► Figura 10. Altura de planta (cm) evaluada en campo, bajo diferentes consorcios de HMA y variedades clonales de café.



► **Figura 11.** Colonización micorrízica (%) evaluada en campo, bajo diferentes consorcios de HMA y variedades clonales de café.



► **Figura 12.** Correlación entre la colonización micorrízica y la severidad al hongo *H. vastatrix* en clones de café en las variedades de caturra y pache

## CONCLUSIONES

El estudio ha demostrado parcialmente la importancia que tienen los consorcios de HMA, debido a su efecto positivo sobre el crecimiento en plantas de café en campo. El estudio también ha demostrado el efecto bioprotector de los consorcios de Hongos HMA, evidenciándose un efecto positivo sobre la reducción de la severidad de la roya amarilla del café.

*Se puede diferenciar que los consorcios Huallaga y Moyobamba muestran tendencia como agente de bioprotección contra la roya amarilla del café y promotores de crecimiento del café.*



## CONCENTRACIÓN DE CARBONO EN EL SUELO DE CAFÉ CON DOS SISTEMAS DE SIEMBRA

El estudio determinó la concentración de carbono en dos sistemas de siembra de café en la localidad de Jepelacio, Provincia de Moyobamba.

dos reactivos oxidantes: dicromato de potasio ( $K_2Cr_2 - 1N$ ) y ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Después de la digestión, las alícuotas son tituladas con una solución de sulfato de hierro.

La fórmula que sintetiza el método es:

$$\%O.C = \frac{10 - Gm \times \frac{10}{Gb} \times 4mgC \times 100}{\text{peso muestra (mg)}}$$

► Donde:

*Gm: Gasto de muestra*

*Gb: Gasto del blanco control.*

*Con los datos reportados por el laboratorio se procede a determinar el carbono total del suelo expresado en hectáreas.*

### PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

#### Sitio de estudio

Los sistemas evaluados se encuentran ubicados en la zona nororiental del Perú, en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba, región de San Martín.

#### Muestreo de suelos

La toma de muestra se realizó a tres niveles de profundidad; la primera abarcó los primeros 10 cm, la segunda de 10 a 20 cm y la tercera de 20 a 50 cm. Se colectaron en total 96 muestras de suelo para la determinación de carbono orgánico total del suelo, asimismo se colectaron 96 muestras de suelo con el método del cilindro para la determinación de la densidad aparente en las profundidades ya mencionadas.

#### Método para determinar el carbono

El método de rutina para determinar el carbono orgánico del suelo es el propuesto por Walkley and Black (1934), que consiste en una digestión húmeda que oxida todo el carbono, este método es posible por la intervención de

### RESULTADOS

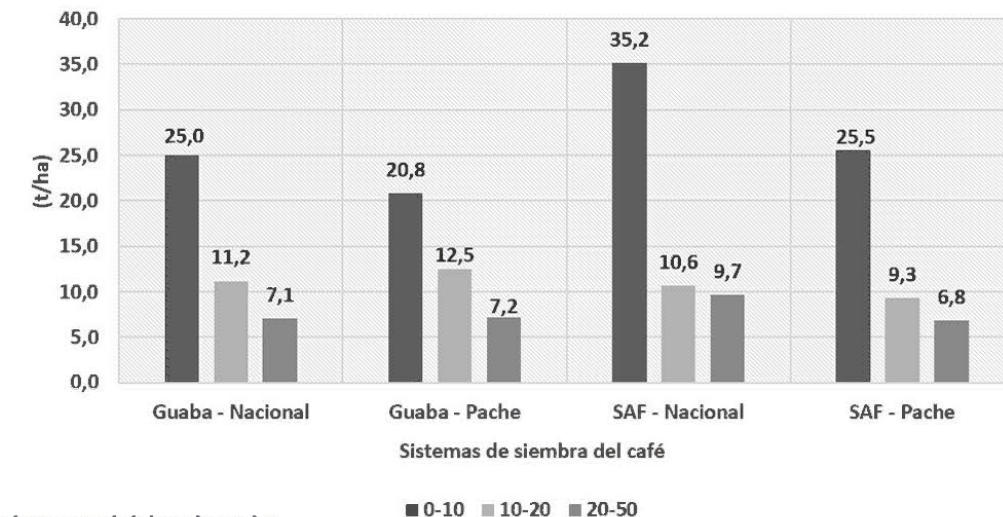
En el gráfico 13 se muestran las cantidades de carbono orgánico del suelo (COS) expresado en toneladas por hectárea. Los contenidos más altos se muestran en los 10 primeros centímetros, lo que indica que la acumulación del COS se realiza en las primeras capas del suelo, gracias al aporte continuo de la biomasa del dosel de la vegetación.

Además, es el SAF – nacional el que registra el contenido más alto (35,2 tC/ha), seguido por el SAF - pache con 25,5 tC/ha, demostrando una vez más la importancia de la asociación del café en sistemas agroforestales. El carbono orgánico de suelo está altamente relacionado con el

porcentaje de sombra, debido a la presencia y abundancia de especies arbóreas que aportan sombra en el área y actividad radicular en el suelo. Los sistemas agroforestales dan sombra y generan mejores condiciones para almacenar el COS.

El almacenamiento de carbono se relaciona también con la madera muerta en pie y las raíces que permanecen en el suelo. Los sistemas agroforestales son de vital importancia en la producción de café, porque generan mejores condiciones y efecto en el suelo.

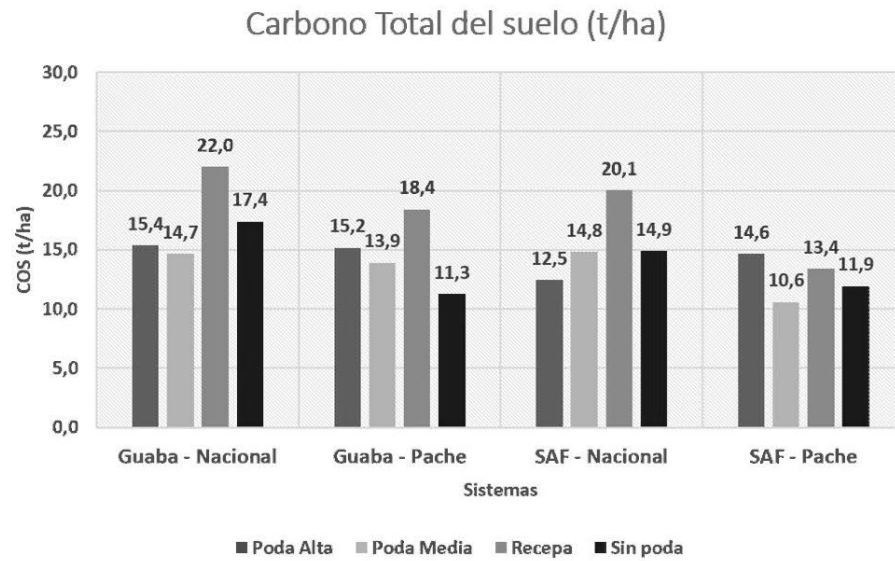
Carbono Total de suelo (t/ha)



► Figura 13. Carbono total del suelo en los diferentes sistemas a tres profundidades

En el gráfico 14, se muestran las cantidades de carbono orgánico del suelo expresadas en toneladas por hectárea en función al tipo de manejo (poda) que se realizó en cada uno de los sistemas de siembra del café. Los valores más altos se registran en todos los sistemas con poda denominada “recepa”, que consiste en cortar el tallo de la planta a una altura de 30 o 40 centímetros del suelo, para renovar completamente los tejidos productivos. Se realiza en plantaciones deterioradas o agotadas que han bajado sensiblemente su producción. La recepa modifica sustancialmente los procesos fisiológicos de las plantas.

Es un método muy drástico de renovación del tejido que afecta incluso el volumen de raíces. Por esta razón, debe recurrirse a ella solamente después de haber efectuado otras prácticas de manejo como la poda de altura media. En algunos casos de severo agotamiento de la planta, no se obtiene una buena respuesta a la recepa y aún más, se puede producir la muerte de las plantas; esto ocurre cuando no se ha proporcionado un adecuado manejo a la plantación, sobre todo en la aplicación de nutrientes, ocasionándose un déficit de carbohidratos en el interior de la planta que le provoca un agotamiento severo y una escasa respuesta a la poda o la muerte del árbol. El valor más alto se registra en sistema guaba – nacional con 22,0tC/ha.



➤ **Figura 14. Carbono orgánico del suelo con relación al tipo de poda.**

## CONCLUSIONES

En relación a la densidad aparente del suelo, el valor más bajo es de 0.8 g/cm<sup>3</sup> en los 10 primeros centímetros, datos registrados en el SAF – pache. El valor más alto se reportó en el sistema guaba – nacional, con 1.1.g/cm<sup>3</sup>, en una profundidad media de 10 a 20cm). Los contenidos más altos de carbono se muestran en los 10 primeros centímetros, lo que indica que la acumulación del COS se da en las primeras capas del suelo, gracias al aporte continuo de la biomasa del dosel de la vegetación. Además, es el SAF – nacional el que registra el contenido más alto (35.2 tC/ha), seguido por el SAF – pache (25.5 tC/ha), demostrando una vez más la importancia de la asociación del café en sistemas agroforestales. En relación con el tipo de poda se muestra que el valor más alto de carbono lo registra el sistema guaba – nacional con 22.0 tC/ha, con poda en recepa.



## ESTRATEGIAS DE REJUVENECIMIENTO DE FINCAS CAFETALERAS

En el presente estudio se evaluó la influencia de las podas de renovación en el aspecto fisiológico de dos variedades de cafetos (*Coffea arabica* L.) bajo dos sistemas productivos en Moyobamba.

### PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

#### Sitio de estudio

El estudio se realizó en parcelas con plantaciones de café de las variedades típica y pache, con más de 10 años en producción; en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba, departamento de San Martín. El distrito tiene

una superficie de 360,03 Km<sup>2</sup>, cuenta con una población de 15,377 habitantes según INEI, (2017). Tiene una superficie de cultivo de café de 6581.66 has.

#### Características de las parcelas en estudio

Se localizaron parcelas con plantaciones de café de las variedades típica y pache, asociadas a sistemas agroforestales de producción y a guaba (*Inga* sp.), con edad entre 10 a 14 años, ubicadas entre 900 a 1 100 msnm, en el distrito de Jepelacio, provincia de Moyobamba. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), en parcelas divididas, donde la parcela principal fue el sistema de producción, la subparcela, la variedad de café y la sub parcela los tipos de podas. El estudio está constituido por 16 tratamientos y cuatro bloques. Las parcelas experimentales estuvieron constituidas por un área de 4500 m<sup>2</sup>, para cada sistema de producción y las unidades experimentales tuvieron un área de 125 m<sup>2</sup>, para cada tratamiento. En cada parcela se realizaron tres tipos de poda: poda alta o descope, poda media y poda de recepa. Se realizó también un tratamiento sin poda.

► Parcela de investigación de rejuvenecimiento de café



### Incidencia y severidad de roya amarilla.

Estos parámetros fueron evaluados en dos etapas, la primera de ellas antes de la implementación de los tratamientos en estudio y la segunda, en forma mensual después de haber aplicado los tratamientos o podas.

#### Evaluación de longitud de brotes y ramas productivas.

La evaluación de los brotes se realizó de forma mensual después de haber realizado las podas en los diferentes tratamientos en estudio. En la evaluación se realizó el conteo minucioso del total de brotes emitidos por cada planta, considerando el número, longitud y diámetro de los brotes.



► Evaluación de altura de brotes y ramas productivas



### RESULTADOS

Los tres factores en estudio (variedades de café, sistema de siembra y poda) fueron significativos ( $p < 0,05$ ) ante la incidencia de la roya amarilla en plantas de café. El café asociado a guaba CG se destacó significativamente en comparación con el café asociado con sistemas agroforestales CSAF, con mayor incidencia. Además, la variedad pache fue más afectada por la roya amarilla. Finalmente, las plantas de café con poda recepa se destacaron significativamente de las demás, con la menor incidencia de roya amarilla. No se encontraron diferencias significativas en las plantas de café con poda alta y poda media; mientras que las plantas de café sin poda mostraron la mayor incidencia de roya amarilla.

La severidad de la roya amarilla mostró la misma tendencia que la incidencia en dos factores en estudio y los valores fueron significativos ( $p < 0,05$ ). Las plantas de café en el sistema agroforestal CG presentaron mayor severidad en la infección por la roya amarilla.

que en el sistema agroforestal CSAF. Además, las plantas de café con poda baja mostraron la menor severidad a la roya amarilla y las plantas de café sin poda mostraron la mayor incidencia de la roya amarilla (Tabla 3).

|                                                                     | Longitud de<br>brote (cm) | Número de<br>ramas | Incidencia<br>(%) | Severidad (%) |
|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|---------------|
| <b>Sistemas Agroforestales</b>                                      |                           |                    |                   |               |
| <b>Café asociado con<br/>sistemas<br/>agroforestales<br/>(CSAF)</b> | 30,1 (2,2) b              | 4,5 (0,3) b        | 21,3 (1,2) b      | 17,4 (1) b    |
| <b>Café asociado con<br/>guaba (CG)</b>                             | 36,4 (2,6) a              | 6,7 (0,4) a        | 28,6 (1,3) a      | 23,8 (10,9) a |
| <b>Variedad de café</b>                                             |                           |                    |                   |               |
| <b>Tipica</b>                                                       | 41,8 (2,9) a              | 5,6 (0,4) a        | 23,3 (1,4) b      | 22,6 (1) a    |
| <b>Pache</b>                                                        | 24,7 (1,2) b              | 5,6 (0,4) a        | 26,6 (1,2) a      | 18,5 (1,1) b  |
| <b>Métodos de poda</b>                                              |                           |                    |                   |               |
| <b>Sin poda</b>                                                     | -                         | -                  | 37,8 (1,6) a      | 25,3 (1,3) a  |
| <b>Recepa alta</b>                                                  | 34,8 (1,8) b              | 6,2 (0,3) b        | 23,4 (1,8) b      | 20,7 (1,6) b  |
| <b>Recepa media</b>                                                 | 40,4 (2,1) b              | 7,2 (0,4) a        | 22,4 (1,6) b      | 22 (1,6) ab   |
| <b>Recepa baja</b>                                                  | 57,7 (3,4) a              | 8,9 (0,4) a        | 16,2 (1) c        | 14,2 (0,8) c  |

► Tabla 3. Medias y grupos (prueba de Tukey-HSD) de las variables evaluadas en este estudio ( $p < 0.05$ ).

Los números entre paréntesis son errores estándar. Las medias en la misma columna seguidas de letras diferentes indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos.

### CONCLUSIONES

La recepa en un sistema agroforestal con café que muestra un gran potencial para recuperar plantaciones que han sido afectadas severamente por la presencia de roya, a su vez esta técnica promueve una menor incidencia y severidad a la roya y a futuro mayor producción de granos que las podas altas y medias.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- De Muner LH (2011) Sostenibilidad de la Caficultura Árabe en el Ámbito de la Agricultura Familiar en el Estado de Espírito Santo – Brasil. Doctoral Thesis, University of Córdoba, Spain.
- Nigussie, A., Adugna, A., Ajema, L., Shimber, T. y Taye, E. (2017). Effects of planting density and number vertical on yield and yield component of south Ethiopia coffee selections at Awada, Sidama zone, Southern Ethiopia. Academic Research Journal of Agricultural Science and Research. Vol. 5(4), pp. 313-319. DOI: 10.14662/ARJASR2017.030
- Vallejos-Torres, G., Arévalo, L.A., Ríos, O. et al. (2020). Propagation of RustTolerant *Coffea arabica* L. Plants by Sprout Rooting in Microtunnels. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00180-7>
- Vallejos-Torres, Geomar, Arévalo, Luis, Iliquin, Ingrid, y Solis, Reynaldo. (2019). Respuesta en Campo de Clones de Café a la Inoculación con Consorcios de Hongos Micorrízicos Arbusculares en la Región Amazonas, Perú. Información tecnológica, 30(6), 73-84. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600073>
- Walkley, A., Black, I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science Society of America Journal 37: 29 – 37

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

### Biofertilización

La Biofertilización es una tecnología que consiste en la inclusión de microorganismos en las semillas o plantines (Inoculación) “Hongos Micorrizas - Bacterias fijadoras de N2 y/o solubilizadores de fósforo, producen efectos aditivos, de particular importancia, para el desarrollo de cultivos más rendidores y aumentar el contenido de materia orgánica del suelo.

### Bioprotección

La bioprotección es una tecnología que consiste en la inclusión de microorganismos como resultado de la preactivación de las respuestas de defensa de la planta como es el uso de hongos formadores de micorrizas arbusculares con la finalidad de mejorar la calidad fitosanitaria de los cultivos.

### Consortios de micorrizas arbusculares

Los consorcios de micorrizas arbusculares son asociaciones naturales de dos o más especies que actúan como una comunidad, beneficiándose cada uno de ellos de la actividad de los demás. Es decir, se trata de sistemas naturales en los que hongos micorrízicos arbusculares de distintas especies a menudo de distintos géneros, coexisten espacialmente y cooperan, posibilitando así la supervivencia de todos ellos.

### Hemileia vastatrix

Comunmente conocida como la roya del café. La roya es la enfermedad más destructiva del cafeto y la de mayor importancia económica a nivel mundial, debido a que provoca la caída prematura de hojas, propiciando la reducción de la capacidad fotosintética, así como el debilitamiento de árboles enfermos y en infecciones severas puede ocasionar muerte regresiva en ramas e incluso la muerte de árboles.

### **Hongos micorrízicos arbusculares (hma)**

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) son organismos del suelo que viven simbióticamente con la mayoría de plantas. Ellos les aportan beneficios, dándoles ventajas con respecto a las plantas no micorrizadas, como por ejemplo facilitándole a la planta la toma de nutrientes de baja disponibilidad o de poca movilidad en el suelo, evitando la acción de microorganismo patógenos en la raíz, aumentando la tolerancia de la planta a condiciones de estrés abiótico en el suelo, entre otros beneficios.

### **Inoculo**

Término colectivo para referirse a los microorganismos o sus partes (esporas, fragmentos miceliales, etc.) capaces de provocar infección o simbiosis cuando se transfieren a un huésped.

### **Micelio**

Aparato vegetativo de los hongos que le sirve para nutrirse y está constituido por hifas.



[www.iiap.gob.pe](http://www.iiap.gob.pe)

## CONTÁCTENOS

Instituto de Investigaciones  
de la Amazonía Peruana



Jr. Belén Torres de Tello 135  
Morales – Tarapoto – Perú



042 524748 - 525979



[iiapsm@iiap.gob.pe](mailto:iiapsm@iiap.gob.pe)

ISBN: 978-612-4372-39-1



9 786124 372391