



Cofenac
Consejo Cafetalero Nacional



Solubles Instantáneos C.A.

GUÍA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN Y POSCOSECHA DEL CAFÉ ROBUSTA

Editores:

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón

Luis Alberto Duicela Guambi

2014

Construyendo alternativas de desarrollo sostenible



GUÍA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN Y POSCOSECHA DEL CAFÉ ROBUSTA

Editores:

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón

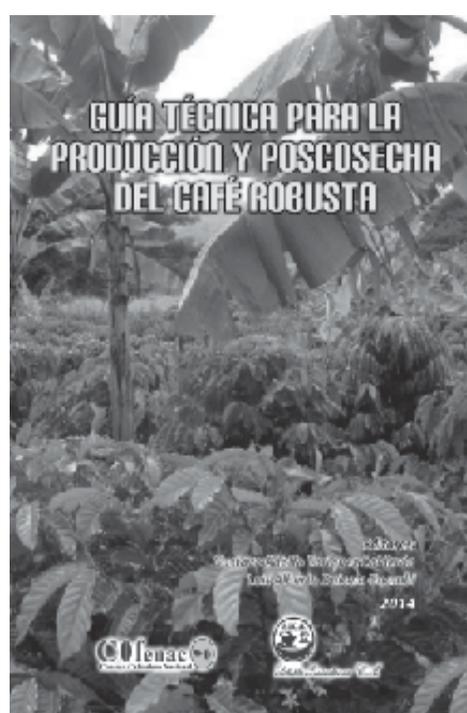
Luis Alberto Duicela Guambi

2014

Cofenac 
Consejo Cafetalero Nacional



Solubles Instantáneos C.A.



© Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC)
y Solubles Instantáneos C.A. (SICA)

Editores:

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi

Autores y coautores:

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi
William Paul Chilán Villafuerte
Robinson Neptalí Muñoz Pérez
Patricio Neptalí Vera Vera
Gianni Rubén Corral Castillo
Carlos Javier Reyes Pilay
Ciro Eduardo Verduga Avellán
Jorge Enrique Guamán Aguilar
Diana Sofía Farfán Talledo
Fernando Aquiles Morocho Villamar

Revisores técnicos:

Nelson Motato Alarcón
Oswaldo Valarezo Cely
Miguel Angel Medina

Primera Edición:

1.000 ejemplares
Febrero 3 del 2014
Portoviejo - Ecuador

Fotografías:

Consejo Cafetalero Nacional

Diseño y Diagramación:

Cristian Olmedo

Impresión:

CGRAF, Manta - Ecuador

PREFACIO

La presente publicación titulada *Guía Técnica para la Producción y Poscosecha del Café Robusta* es una sistematización de las recomendaciones técnicas, que tiene un sólido respaldo bibliográfico, basado principalmente en los trabajos realizados por el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), el Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC) y otras entidades públicas y privadas vinculadas al sector. Se recogen las experiencias y vivencias de los investigadores vinculados a la generación y transferencia de tecnología; así como, de muchos productores y de las organizaciones de cafetaleros que con su trabajo cotidiano sostienen este noble sector productivo.

La Guía Técnica se organiza en 15 capítulos: Agroecosistema, Germoplasma de café robusta, Multiplicación de plantas por las vías sexual y asexual, Establecimiento de cafetales, Asociación temporal y permanente, Riego, Fertilización, Podas, Manejo integrado de plagas insectiles, Control integrado de enfermedades, Manejo de malezas; Conservación del agua, suelo y biodiversidad; Poscosecha, Calidad e inocuidad y Costos de producción.

El propósito de esta publicación es contribuir a la reactivación de la caficultura ecuatoriana a través de la formación de los talentos y de la aplicación eficiente de las distintas alternativas tecnológicas en los procesos de producción y poscosecha del café robusta. Las recomendaciones técnicas son aplicables en los distintos momentos de los procesos de producción y poscosecha que deben ser adaptadas, con creatividad, a las circunstancias sociales y agroecológicas de cada localidad cafetalera.

Portoviejo, Febrero 3 del 2014.

Editores:

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón, Ph. D.

Luis Alberto Duicela Guambi, Mg. Sc.

AGRADECIMIENTO

Los editores agradecemos al Señor Jorge Salcedo Benítez, Presidente de la Empresa Solubles Instantáneos C.A. (SICA), y al Ingeniero Juan Vera Zambrano, Director Ejecutivo del Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), por auspiciar la publicación de la presente "Guía Técnica para la Producción y Poscosecha del Café Robusta".

En la elaboración de los contenidos participó un equipo de investigadores, con experiencia en las distintas áreas de la caficultura, tanto del COFENAC como de la empresa SICA. Gracias a todo el equipo técnico integrado por los Ings. Jorge Guamán Aguilar, Fernando Morocho Villamar, Diana Farfán Talledo, Rubén Corral Castillo, Willian Chilán Villafuerte, Ciro Verduga Avellán, Javier Reyes Pilay, Patricio Vera Vera y Robinson Muñoz Pérez.

Agradecemos, la valiosa contribución de los revisores técnicos: Ing. Nelson Motato Alarcón, especialista en nutrición y fertilización; Ing. Oswaldo Valarezo Cely, especialista en entomología y control de plagas; e Ing. Miguel Angel Medina en los aspectos de agronomía y manejo.

Se agradece también la contribución de la empresa Dublinsa S.A., en la persona del Señor Freddy Bustamante Morán, donde se implementó el Centro Experimental y se desarrolló la selección de clones de café robusta y ajustes a las recomendaciones de manejo del cultivo.

Editores:

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi

Solubles Instantáneos C.A. (SICA)

Una creciente empresa dentro del mercado mundial fue fundada en 1960, dirigida por el señor Jorge Salcedo. La empresa Solubles Instantáneos C.A. se ha caracterizado por utilizar la tecnología de producción más avanzada, para proporcionar productos de excelencia a todos sus clientes del mercado mundial.

Desde su creación, en el pujante puerto de la ciudad de Guayaquil, Solubles Instantáneos C.A. ha mantenido un liderazgo de tecnología en el mercado de café soluble. En los años 60, fue una de las primeras compañías de América en instalar y operar una planta de café instantáneo del tipo Spray Dried y en los años 70 nuevamente, fue una de las primeras en instalar y operar una planta de café instantáneo del tipo Freeze Dried. En la actualidad sólo un pequeño grupo de compañías cafetaleras, tienen la capacidad para fabricar café del tipo freeze dried, que hasta ahora se mantiene como la mejor forma de producir un café instantáneo de muy alta calidad.

Dirección: Av. C.J. Arosemena Km 2
Casilla 09-01-5565
Guayaquil – Ecuador
Teléfonos: (593 4) 2202231 – 2204500 – 2202220 – 2202744
Contacto: **Jorge Salcedo Benítez**
exports1@solublesinstantaneos.com
exports2@solublesinstantaneos.com
ventas1@solublesinstantaneos.com
compras@solublesinstantaneos.com

Consejo Cafetalero Nacional

La Misión institucional del COFENAC es *"Impulsar el desarrollo del sector cafetalero ecuatoriano, organizando y armonizando su actividad y dotándolo eficientemente de servicios de crédito, capacitación, investigación, transferencia de tecnología y promoción de las exportaciones"*.

Unidad de Innovación Tecnológica Cafetalera
Edificio MAGAP - Piso 3
Calle Ramos Iduarte y Primera Transversal
Portoviejo - Manabí - Ecuador
Apartado Postal: 13-01-239
Teléfonos: 593 5 2634526 / 593 5 2634530
Contacto: **Luis Alberto Duicela**
lduicela@cofenac.org

Dirección Ejecutiva
Edificio DelBank. Piso 4, Oficinas 411 - 412
Avenida 2, entre calles 12 y 13
Manta - Manabí - Ecuador
Apartado Postal: 3881
Teléfonos: 593 5 2620475 / 593 5 2623983
Fax: 593 5 2623982
Contacto: **Juan Alberto Vera**
www.cofenac.org
jvera@cofenac.org

Presidencia del COFENAC
Edificio del MAGAP. Piso 11
Avenida Amazonas y Eloy Alfaro
Teléfono: 593 2 3960100 Ext. 11-13
Quito - Pichincha - Ecuador
Contacto: **Javier Eduardo Villacís**
Celular: 0980901312
Javier.villacis.eduardo@gmail.com

Impreso en:



Dirección: Calle 304 y Av. 220 - Telf. 05 5000192 - Cel. 089-454976
e-mail: c_graf2009@hotmail.com
MANTA - ECUADOR

PRESENTACIÓN

La presente publicación titulada “*Guía Técnica para la Producción y Poscosecha del Café Robusta*” recoge los resultados de las investigaciones realizadas en el Ecuador por parte del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), del Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC) y de otras instituciones públicas y privadas; así como, las vivencias y experiencias de los investigadores y extensionistas vinculados al cultivo de café. En el documento también se integran las experiencias de las organizaciones de productores en relación a los procesos productivos y de poscosecha del café robusta.

En este documento se sistematizan las recomendaciones técnicas aplicables en los distintos momentos de los procesos de producción y poscosecha del café robusta, que ciertamente deben ser adaptadas a las circunstancias sociales y agroecológicas de cada localidad cafetalera.

El Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC) y la Empresa Solubles Instantáneos C.A. (SICA), instituciones que mantienen una sólida alianza estratégica en investigación y desarrollo, auspician y financian la difusión de esta Guía Técnica con la finalidad de contribuir a la reactivación de la caficultura ecuatoriana.

Portoviejo, Febrero 3 del 2014.

SOLUBLES INSTANTÁNEOS C.A.
Sr. Jorge Salcedo Benítez
PRESIDENTE

CONSEJO CAFETALERO NACIONAL
Ing. Juan Alberto Vera Zambrano
DIRECTOR EJECUTIVO

ECOSISTEMA CAFETALERO

1. ECOSISTEMA CAFETALERO

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi

Un ecosistema agrícola o agroecosistema se define como la unidad de estudio de la actividad agrícola y constituye el espacio físico donde interactúan los factores tecnológicos, socioeconómicos y ecológicos para la obtención de productos vegetales (alimentos, fibras y otros) que requieren, directa o indirectamente, los seres humanos para satisfacer sus necesidades, a través del tiempo.

El ecosistema cafetalero, por lo tanto, es un ambiente dedicado al cultivo de café, donde hay intervención del hombre quien gestiona, a través del manejo tecnológico, todos los componentes bióticos (poblaciones, individuos y genes) y abióticos (suelo, clima y fisiografía), que se encuentran en permanente y dinámica interrelación e interacción favoreciendo o limitando la productividad del cafetal (Figura 1).

En términos de producción agrícola, un ecosistema cafetalero es un cafetal y en este espacio ocurre un proceso de transformación de la energía luminosa del sol en energía química, llamada fotosíntesis; e interactúan los factores genético, ecológico y manejo tecnológico, que deben estar en perfecta armonía para poder obtener la máxima respuesta productiva, expresada en términos de cantidad y calidad del producto.

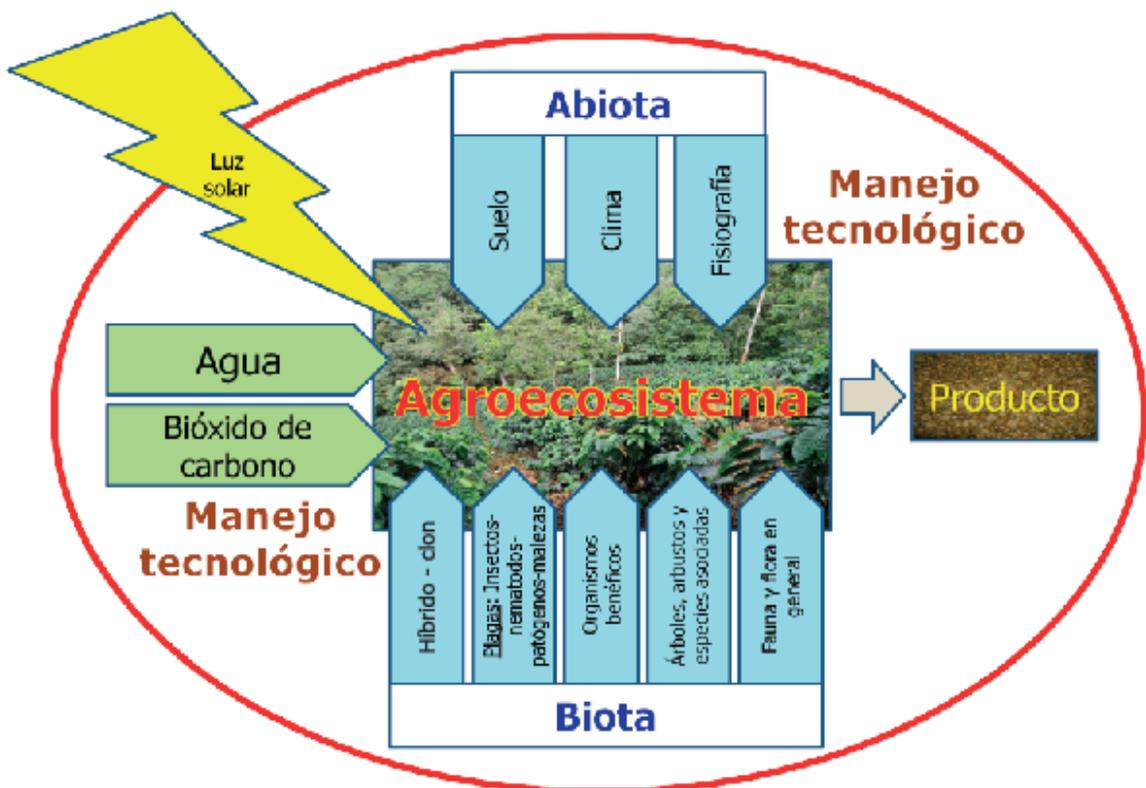


Figura 1. Ecosistema cafetalero.

1.1. FOTOSÍNTESIS

La fotosíntesis es un proceso fisiológico mediante el cual las plantas verdes; es decir, aquellas que tienen clorofila, capturan la energía lumínica del sol, en presencia de agua (H₂O) y bióxido de carbono (CO₂), y la transforman en energía química (C₆H₁₂O₆), conformada por hidratos de carbono y otras sustancias, que son almacenados en los tejidos y órganos de las plantas, con una simultánea liberación de oxígeno (O₂) a la atmósfera (Figura 2).

Por la enzima que causa la carboxilación inicial, la anatomía de la planta, la tasa de fotosíntesis, la inhibición de la fotosíntesis por el oxígeno, la eficiencia en el uso del agua y el tipo de hábitat, las especies cultivadas se clasifican en plantas C3 (tres carbonos) y C4 (cuatro carbonos).

Los cafetos son plantas C3, que para la carboxilación requieren de la enzima *ribulosa-bisfosfato carboxilasa oxigenasa* (RuBisCO), la anatomía es normal, la tasa de fotosíntesis es media, hay inhibición de la fotosíntesis por el oxígeno, la eficiencia en el uso del agua es baja y el hábitat es amplio.

En una caficultura eficiente se trata de aprovechar al máximo la energía luminosa del sol y el bióxido de carbono que abunda en la atmósfera. La exposición solar tiene que estar en equilibrio con la disponibilidad de agua y de los nutrimentos que los cafetos deben tomar, a través del sistema radical, para tener óptimas respuestas en crecimiento y producción de grano.

En consecuencia, el primer aspecto que debe ser analizado para el establecimiento y buen manejo de los cafetales es la optimización de la capacidad fotosintética de los cafetales, en función de las circunstancias ambientales locales, de los requerimientos del cultivo y de las destrezas del hombre para armonizarlas.

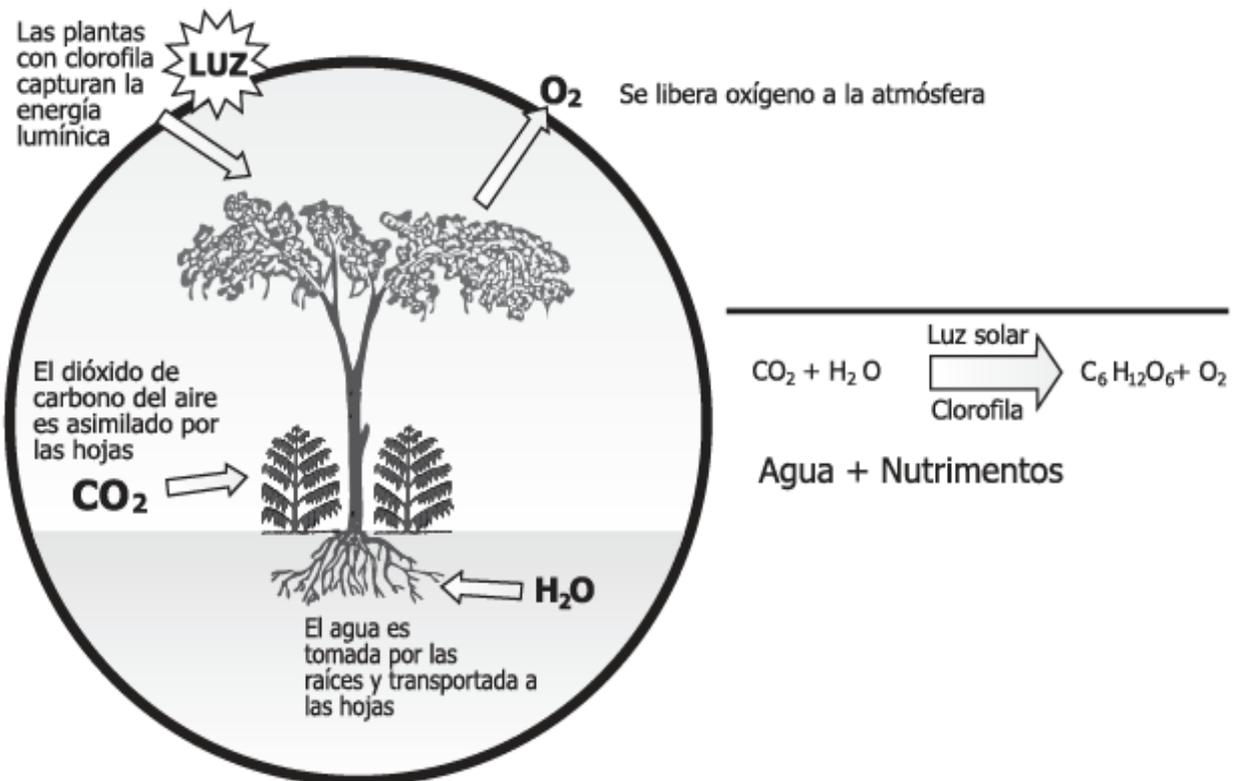


Figura 2. El proceso fotosintético en los cafetales.

1.2. FACTOR GENÉTICO

La genética es la ciencia que estudia los fenómenos de la herencia y de las variaciones entre los organismos vivos. La herencia se refiere a la transmisión de los caracteres morfofisiológicos de los progenitores a sus descendencias, de generación en generación; mientras que la variación biológica es la tendencia que tienen todos los seres vivos para diferenciarse unos de otros.

Un gen es la unidad de herencia (partícula de material genético) que se transmite de una generación a la siguiente. El material genético es el ácido desoxirribonucleico (ADN), una molécula que es la *columna vertebral* del cromosoma (Figura 3). Cada molécula de ADN está constituida por dos cadenas formadas por un elevado número de compuestos químicos llamados nucleótidos. Estas cadenas o bandas forman una especie de escalera retorcida que se llama doble hélice. Cada nucleótido está formado por tres unidades: una molécula de azúcar llamada desoxirribosa, un grupo fosfato y uno de cuatro posibles compuestos nitrogenados llamados bases: Adenina (A), Guanina (G), Timina (T) y Citosina (C) (20).

En un ecosistema cafetalero, todos los organismos vivos, vegetales y animales, macroscópicos y microscópicos, tienen una estructura genética y caracteres específicos que están en íntima interacción. Por ejemplo, hay clones que genéticamente tienen distintos grados de resistencia a la roya, una enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*; pero también el hongo fitopatógeno tiene variaciones en su estructura genética que se expresan en los distintos grados de virulencia para atacar a los cafetos.

La especie *Coffea canephora* tiene un número cromosómico $2n=22$, al igual que la mayoría de las especies del género *Coffea*, con excepción de la especie *Coffea arabica* que es tetraploide ($2n=44$).

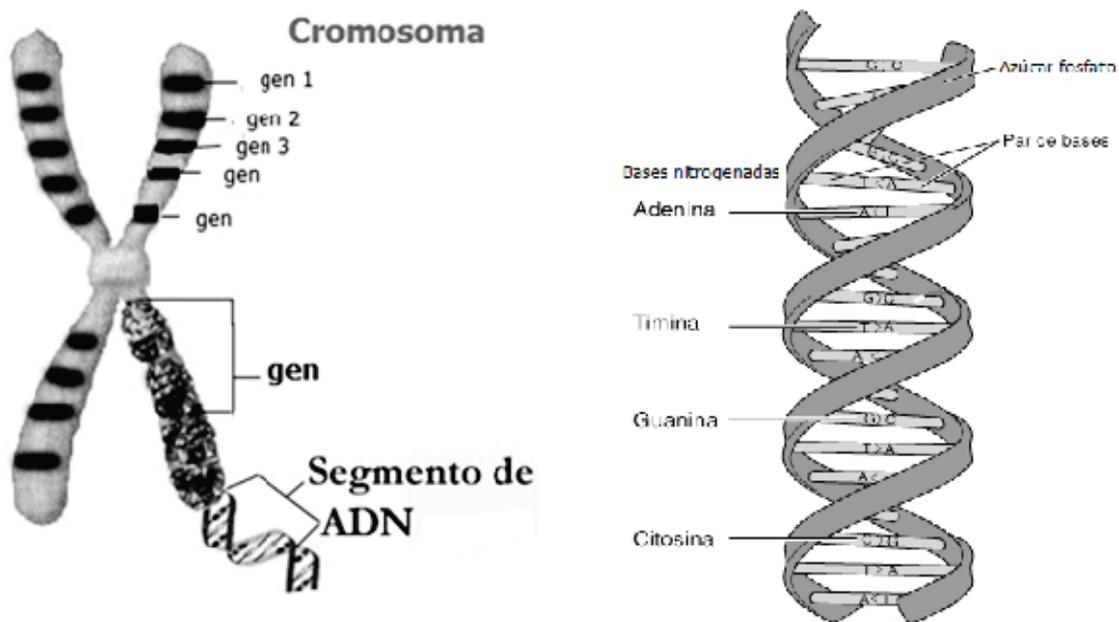


Figura 3. Estructura de un cromosoma y del ADN (20).

El estudio de las variaciones ha permitido demostrar que no hay dos individuos idénticos dentro de las poblaciones vegetales (20). La variación observable, medible y cuantificable es la variación fenotípica, que se expresa en los caracteres cuantitativos y cualitativos, de una variedad, híbrido o clon.

La variabilidad fenotípica está en función de la variabilidad genética, de la variabilidad ecológica y de la interacción genotipo x ambiente. La variación genética se refiere a la variabilidad atribuida a los genes que están presentes en una población e incluye el concepto de genoma. El genoma es la totalidad de la información genética que posee un organismo o una especie en particular. La variación ecológica constituye la diferencia en los caracteres morfofisiológicos que son atribuibles a los efectos del ambiente, por ejemplo a causa de los diferentes niveles de humedad o fertilidad del suelo. La interacción genotipo x ambiente se refiere a las manifestaciones fenotípicas diferenciadas de las poblaciones con estructuras genéticas específicas, en distintos entornos.

El conocimiento de los mecanismos de la herencia y de la cuantificación de la variabilidad en las poblaciones vegetales, desagregada en los componentes genético, ecológico e interacción genotipo x ambiente, constituye la base del mejoramiento genético. Para que la selección natural pueda actuar sobre un carácter, debe haber algo que seleccionar; es decir, varios alelos para el gen que codifica ese carácter (20). Esto implica que cuanta más variabilidad genética exista en una población, mayor será el ritmo de la evolución.

Los orígenes y el modo de dispersión de los cafés arábigos y robustas han limitado el desarrollo de las poblaciones que constituyen el "pool genético", reduciendo la variabilidad que requieren los fitomejoradores para implementar los programas de mejoramiento genético. Sin embargo, las diferencias biológicas entre especies, la hibridación natural, los cruzamientos, los retrocruzamientos y las mutaciones proporcionan la diversidad genética aprovechable para el mejoramiento genético del café.

El mejoramiento genético del café parece que se inició en Yemen, donde pudo haberse seleccionado por calidad, productividad y resistencia a la sequía. Sin embargo, debido a la ausencia de la roya, no estuvieron sujetos a la selección por resistencia a la referida enfermedad foliar.

El descubrimiento de la roya del café, enfermedad foliar causada por el hongo *Hemileia vastatrix* Berk. & Br., en 1861, cerca del Lago Victoria Nyanza, en África ecuatorial, y la posterior acción devastadora en los cafetales de Sri Lanka (antes Ceilán), en 1869, determinaron cambios profundos en la actividad cafetalera mundial (18, 19) y en la priorización de los programas de mejoramiento genético.

1.3. FACTOR ECOLÓGICO O AMBIENTE

El ambiente del cafetal está integrado, en general, por los componentes abiótico y biótico.

1.3.1. Componente abiótico

El componente abiótico del agroecosistema cafetalero está integrado por el suelo, el clima y la fisiografía.

1.3.1.1. Suelo

El origen de la palabra suelo, proviene de la palabra latina *solum*, que significa base o fondo. La definición más generalizada es la de una capa meteorizada que cubre la superficie terrestre hasta donde llegan las raíces de las plantas y se evidencia actividad microbiológica. El *suelo* es un cuerpo poroso conformado por partículas minerales (arena, limo y arcilla), orgánicas (materia orgánica), agua y aire, en proporciones variables. La interacción de estos elementos le proporciona las características de textura, estructura, consistencia, porosidad, drenaje y profundidad (Figura 4).

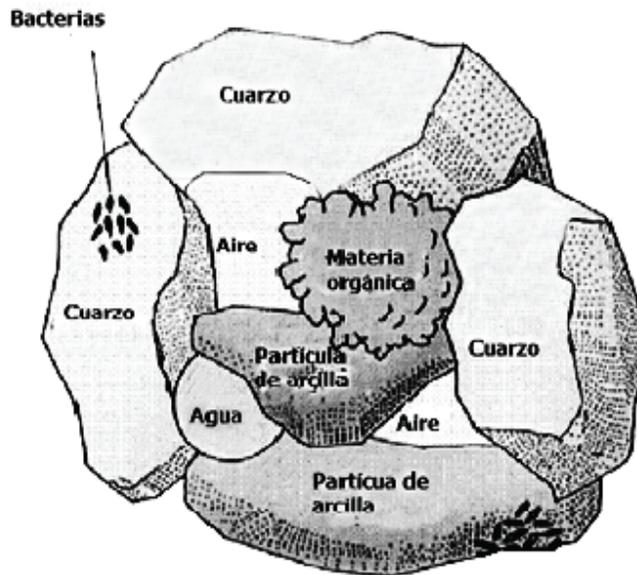


Figura 4. Estructura del suelo agrícola.

En el interior de las plantas, a nivel de las células, ocurren reacciones químicas que transforman la energía luminosa del sol y los nutrimentos en compuestos químicos complejos que se almacenan en las raíces, tallos, ramas, hojas, flores y frutos. Este conjunto de reacciones se llama metabolismo. Por lo tanto, la buena nutrición de los cafetales no solo depende de las condiciones del suelo, sino de la integración e interacción de los factores: genético, ambiente y manejo.

Un suelo para dedicarse al cultivo de café debe reunir adecuadas características físicas, químicas y biológicas. Esta última, por estar relacionada con los organismos vivos se trata en el componente biótico.

Características físicas del suelo

Las características físicas de los suelos son: textura, estructura, consistencia, color, profundidad y drenaje. El análisis físico de los suelos se realiza en forma directa, observando si el suelo es pesado (de tendencia arcillosa) o liviano (de tendencia arenosa). La profundidad se determina haciendo una calicata (1 x 1 x 1 metros) u observando los perfiles de suelo a la orilla de las carreteras. De igual manera, el color del suelo, el drenaje y el grado de erosión se pueden determinar mediante observación directa.

Textura del suelo.- Se relaciona con el tamaño y la proporción de partículas individuales que lo conforman. La textura influye sobre las condiciones del suelo como la estructura, consistencia, retención de humedad, infiltración, erosión, penetración de raíces y fertilidad.

En el suelo existen tres tipos de partículas, según el tamaño: arena (0,05 a 2,0 mm), limo (0,002 a 0,05 mm) y arcilla (<0,002 mm). Los suelos con proporciones equilibradas de los tres tipos de partículas se conocen como francos que son ideales para la mayoría de cultivos, entre ellos el café. El suelo de textura franco arcillosa se considera como el más adecuado para café robusta.

El análisis del suelo proporciona información sobre los porcentajes de arena, limo y arcilla; a partir de la cual se determina la clase textural a la que corresponde¹.

Estructura.- La estructura hace referencia al arreglo espacial de los agregados del suelo separados por poros y/o grietas. La estructura depende de la textura y la agregación de las partículas individuales que forman unidades mayores del suelo.

Las estructuras de suelo más adecuadas para el cultivo de café son las de tipo granular y migajosa.

Profundidad.- La profundidad efectiva es la capa donde las raíces de las plantas comunes pueden penetrar sin obstáculos para conseguir el agua y los nutrientes indispensables para su crecimiento y desarrollo.

Los suelos apropiados para café deben tener una profundidad moderada que debe fluctuar de 50 a 100 centímetros.

Consistencia.- La consistencia se refiere a la reacción de un suelo a la presión mecánica. No son convenientes los suelos compactados para hacer caficultura.

Color.- El color del suelo es una característica fácilmente determinable en la capa superficial, a través de una calicata o de un perfil de suelo observable en los cortes de las carreteras.

Los suelos que tienen un color oscuro indican la presencia de materia orgánica y son más adecuados para el cultivo de café. También hay suelos de coloración rojiza, amarillenta y parda, en función del grado de meteorización, que deben ser manejados con acondicionadores o enmiendas, según las circunstancias locales.

Drenaje.- El drenaje se refiere a la capacidad de un suelo de poder eliminar el agua libre y excesiva de la capa superficial, a una velocidad adecuada, ya sea por infiltración o por escurrimiento. Los suelos que tienen deficiente drenaje son inundables y son inconvenientes para el cultivo de café.

Un buen drenaje evita el encharcamiento del agua lluvia o del riego, previniendo las pudriciones radicales por acción de los patógenos del suelo o por daños fisiológicos.

Erosión del suelo.- La erosión se define como el desgaste, lavado, arrastre o pérdida del material superficial del suelo, ocasionado por las fuerzas individuales y/o combinadas del agua (lluvia o de escorrentía) y el viento. Es indudable que en el

¹. La textura del suelo, con la información de los porcentajes de arena, limo y arcilla, se determina usando como herramienta el "Triángulo de texturas".

caso del café, la erosión más importante es por el agua. En agricultura se reconocen dos tipos de erosión: la erosión eólica y la erosión hídrica.

La erosión eólica es causada por el viento. Normalmente esto sucede cuando el suelo está descubierto (cafetales en crecimiento sin cultivos asociados y sin cobertura vegetal) y en presencia de vientos fuertes.

La erosión hídrica es ocasionada por el agua de las lluvias. Las gotas de lluvia al caer directamente sobre el suelo, contribuyen a la erosión de varias maneras: aflojan y rompen las partículas del suelo libre de protección en el lugar del impacto y transportan las partículas aflojadas hacia lugares más bajos. Estas partículas pueden ser arrastradas o llevadas por el agua más fácilmente, si la pendiente lo permite.

Los procesos de erosión hídrica, están relacionados con las siguientes características:

- La cantidad de lluvia caída en un tiempo determinado (p.e.: 50 mm/día).
- El tiempo que dura una lluvia (p.e.: 3 horas de lluvia).
- La frecuencia entre aguaceros (p.e.: Lluève todos los días del mes de febrero).
- La cobertura del suelo (un suelo desprotegido es vulnerable a la erosión).
- La pendiente del terreno (un terreno plano no es vulnerable a la erosión).

Características químicas del suelo

Las características químicas se determinan en laboratorios acreditados² para realizar los análisis químicos. Entre otros aspectos se determinan: el grado de acidez, los contenidos de macro y micronutrientes, la relación entre cationes intercambiables y el contenido de materia orgánica.

Grado de acidez.- El grado de acidez de un suelo se mide a través del pH y se relaciona con la concentración de iones hidrógeno (H^+) en la solución del suelo y se expresa con un parámetro denominando potencial hidrógeno "pH". El término pH define la relativa condición básica o ácida del suelo. La escala general del pH cubre un rango que va de 0 a 14.

El pH más adecuado para café está en el rango de 5,6 a 6,5 que corresponde de "medianamente ácido" a "ligeramente ácido". Los niveles de acidez del suelo están asociados a la disponibilidad de macro y micronutrientes que pueden ser asimilados por los cafetos. Hay una estrecha relación del pH del suelo con las deficiencias minerales y toxicidad de los iones H^+ y OH^- (Figura 5). Cuando los suelos tienen niveles de pH mayores a 6,5 hay que usar estiércoles descompuestos, ácidos húmicos o abonos de reacción ácida. Cuando se tienen niveles de pH debajo de 5,6 se debe aplicar enmiendas como: carbonato de calcio, hidróxido de calcio, dolomita, cenizas, roca fosfórica u otras sustancias.

Contenidos de nutrimentos.- Los cafetos para crecer y producir requieren de una nutrición equilibrada tanto de macronutrientes como de micronutrientes (Figura 6).

Para elaborar un programa de fertilización se requiere información sobre el contenido de macro y micronutrientes como: N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn y B.

². Los análisis químicos de los suelos, tejidos y aguas, deben realizarse en los laboratorios acreditados por el Organismo de Acreditación del Ecuador (OAE).

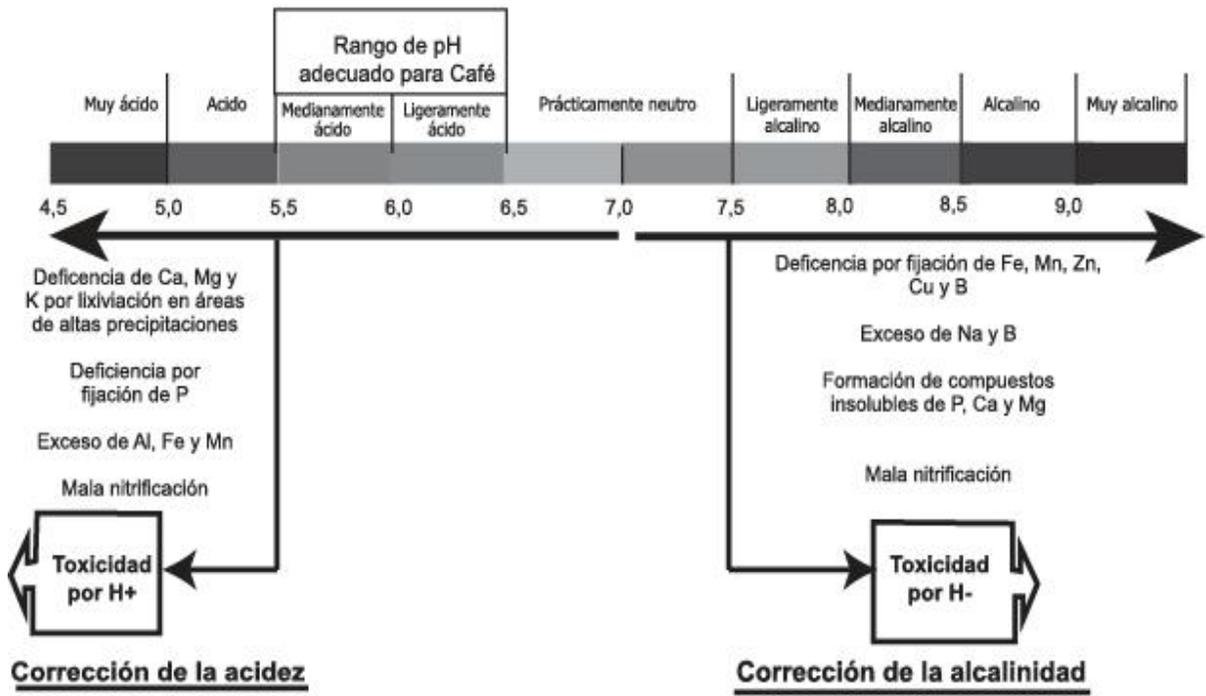


Figura 5. Relación del pH del suelo con deficiencias minerales y toxicidad de los iones H⁺ y OH⁻.

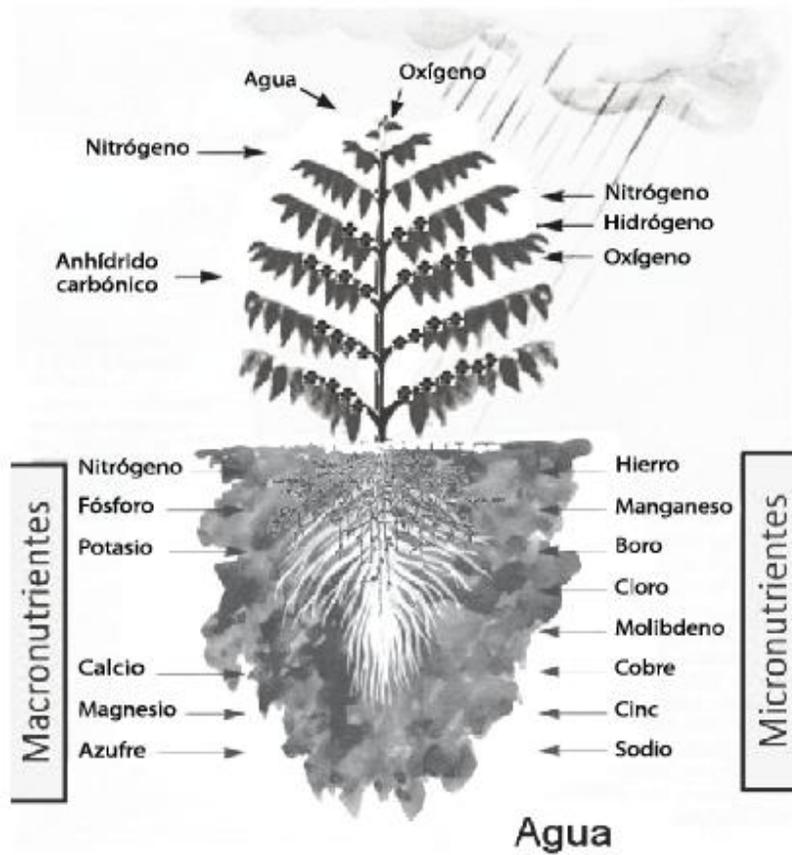


Figura 6. Los nutrimentos para el café.

Los resultados del análisis químico del suelo, de un cafetal, se expresan en forma cuantitativa y cualitativa.

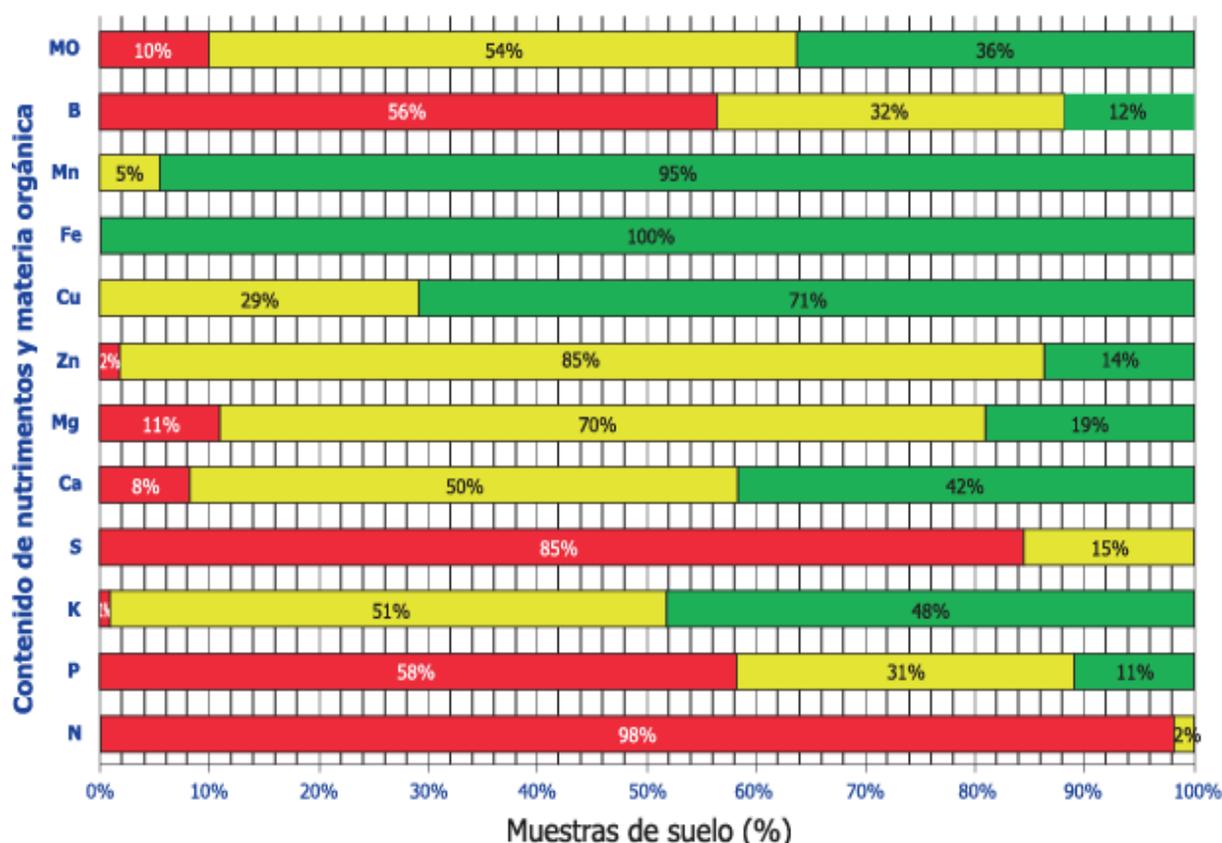
Los datos cuantitativos se pueden expresar en miliequivalentes/100 mililitros (meq/100 ml) o en partes por millón (1 ppm = 1 ug/ml = 1 mg/kg = 0,0001%).

Los resultados cualitativos se expresan usando un código de colores, para los niveles bajo (B), medio (M) y alto (A):

- Contenido "bajo" del elemento (B) = Rojo
- Contenido "medio" del elemento (M) = Amarillo
- Contenido "alto" del elemento (A) = Verde

A partir de la información de cada lote, se puede sistematizar para tener una información de los niveles prevalentes de macro y micronutrientes, así como del contenido de materia orgánica en los suelos.

En la Figura 7, se indican los resultados de los análisis químicos del suelo, de 110 fincas cafetaleras del cantón Loreto, provincia de Orellana (2).



Fuente: COFENAC-CRS. 2013.

Figura 7. Contenidos de nutrientes en 110 fincas cafetaleras del cantón Loreto, provincia de Orellana. 2013.

A partir de esta Figura, se determina que en los suelos cafetaleros del cantón Loreto, prevalecen los bajos contenidos de Nitrógeno y Azufre; niveles que van de bajo a medio de Boro, Zinc, Magnesio, Calcio, Fósforo y Potasio. Solo los niveles de Cobre, Hierro y Manganeseo son prevalentemente altos. En el contenido de materia orgánica, los análisis también indican que prevalecen suelos con niveles entre bajo y medio (3).

Relaciones entre cationes intercambiables.- Las relaciones entre cationes intercambiables se calculan usando los resultados cuantitativos de Ca, Mg y K y constituyen una medida de la fertilidad de los suelos. Tiene relación con la cantidad de cationes que pueden ser retenidos por la fracción coloidal (arcilla y materia orgánica) de un suelo y reemplazados por otros, lo que significa que son "intercambiables".

Los cationes que revisten mayor importancia en lo que se refiere a las plantas son: Calcio (Ca^{++}), Magnesio (Mg^{++}), Potasio (K^+), Amonio (NH_4^+), Sodio (Na^+) e Hidrógeno (H^+). Los primeros cuatro son nutrimentos importantes para el crecimiento vegetal. Los dos últimos tienen un efecto marcado sobre las características físicas y químicas del suelo.

Las relaciones más importantes para decidir ajustes en un programa de fertilización son: Mg/K, (Ca + Mg)/K, Ca/Mg y la suma de las bases (Ca+Mg+K).

Contenido de materia orgánica.- La materia orgánica procede de los restos de cultivos o de plantas espontáneas, de la aportación del estiércol o abonos orgánicos y seres vivos como hongos, algas o bacterias que habitan en el suelo. La materia orgánica incrementa la habilidad del suelo, para retener nutrientes, reducir la compactación, incrementar la capacidad de retención de agua, mejorar la capacidad tampón del suelo (no permite cambios rápidos de pH) y es una fuente de energía para los microorganismos (22).

A medida que la materia orgánica se descompone, se producen cantidades considerables de bióxido de carbono y ciertos ácidos orgánicos; el bióxido de carbono se disuelve en el agua del suelo, se forma el ácido carbónico y junto con otros ácidos ayuda a transformar en solubles a los minerales del suelo que proporcionan los nutrimentos para las plantas (13).

Para las condiciones de la Costa y Amazonía, se considera que un suelo tiene un contenido bajo de materia orgánica cuando el porcentaje es menor del 3%, medio del 3 al 5% y alto arriba del 5 por ciento.

1.3.1.2. Clima

La palabra clima viene del griego Klima, que hace referencia a la inclinación del sol. El clima se define como el estado medio de la atmósfera de un lugar determinado (4). El clima está influenciado por la compleja estructura y composición de la atmósfera; así como, por los mecanismos de transportación del calor. Por lo tanto, para cualquier área dada de la tierra debe considerarse la latitud que determina la inclinación del sol, la altitud, el tipo de suelo, la distancia del océano, su relación con los sistemas montañosos y lacustres y otras influencias similares. El clima es determinante de muchos procesos fisiológicos, en todas las poblaciones vegetales y animales.

En el análisis del clima, deben considerarse tres escalas: macroclima, mesoclima y microclima.

- El **macroclima** hace referencia a las condiciones de una región extensa (p.e.: Clima de la provincia de Orellana).

- El **mesoclima** se refiere a las condiciones de un área más pequeña (p.e.: Clima del cantón Loreto).
- El **microclima** trata de un área específica (p.e.: ambiente de un cafetal).

Los principales factores determinantes del clima de una localidad son: Temperatura, precipitación, evapotranspiración, vientos, radiación solar, entre otros.

Temperatura.- La temperatura es la magnitud física que caracteriza el movimiento aleatorio medio de las moléculas en un cuerpo físico, en el caso de la atmósfera, el aire (11). La temperatura del aire está en estrecha relación con la latitud, altitud y diferencia en el comportamiento térmico de las superficies (14).

La temperatura es uno de los componentes climáticos más importantes en los diferentes procesos biológicos. Su influencia va desde simples reacciones bioquímicas hasta la distribución ecológica de las especies animales y vegetales en el globo terráqueo (8).

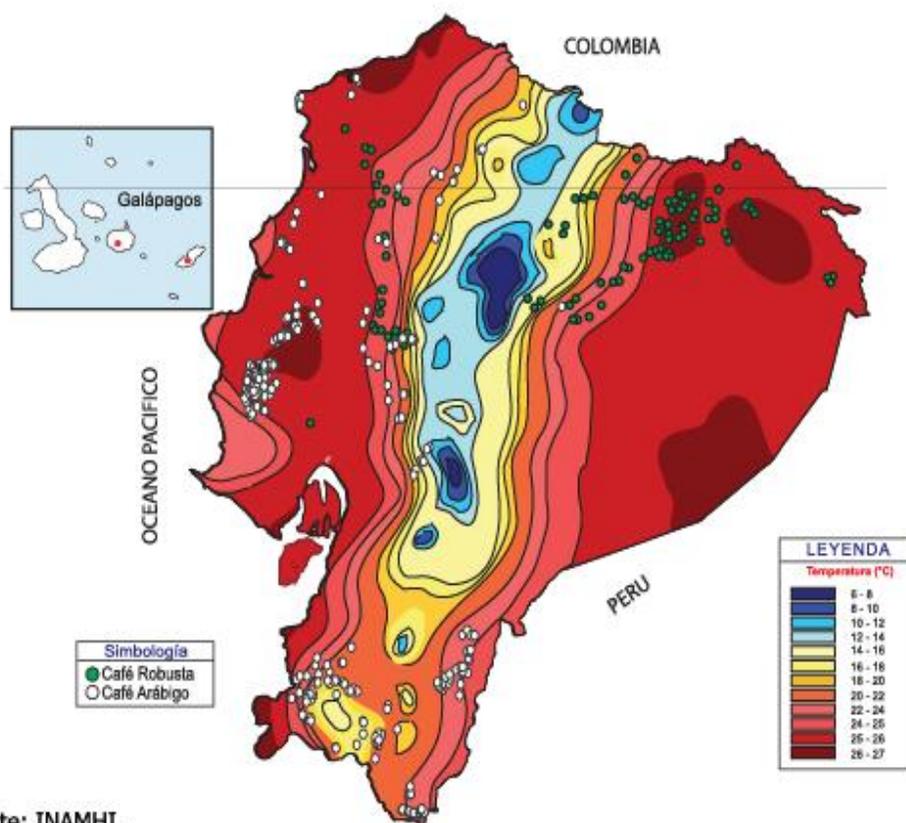
Las temperaturas medias, óptimas para el cultivo del café robusta, varían de 18,3° a 26,7°C (12). Las localidades con temperaturas medias que se alejan del rango de 18° a 27°C son poco adecuadas para el cultivo de café robusta.

La mayoría de los componentes del clima varían considerablemente con las diferentes alturas sobre el nivel del mar. La temperatura, de manera específica, varía inversamente con la altitud. Esto significa que a mayores altitudes las temperaturas medias; así como, las máximas y mínimas, tienden a disminuir. En la Figura 8, se indica el mapa de isotermas multianuales, que sirve de referencia para tener una aproximación de la temperatura promedio de una zona determinada.

Precipitación.- La precipitación es el agua procedente de la atmósfera, que cae en forma sólida (granizo, nieve) o líquida (lluvia, llovizna) desde las nubes y se deposita sobre la superficie de la tierra (11).

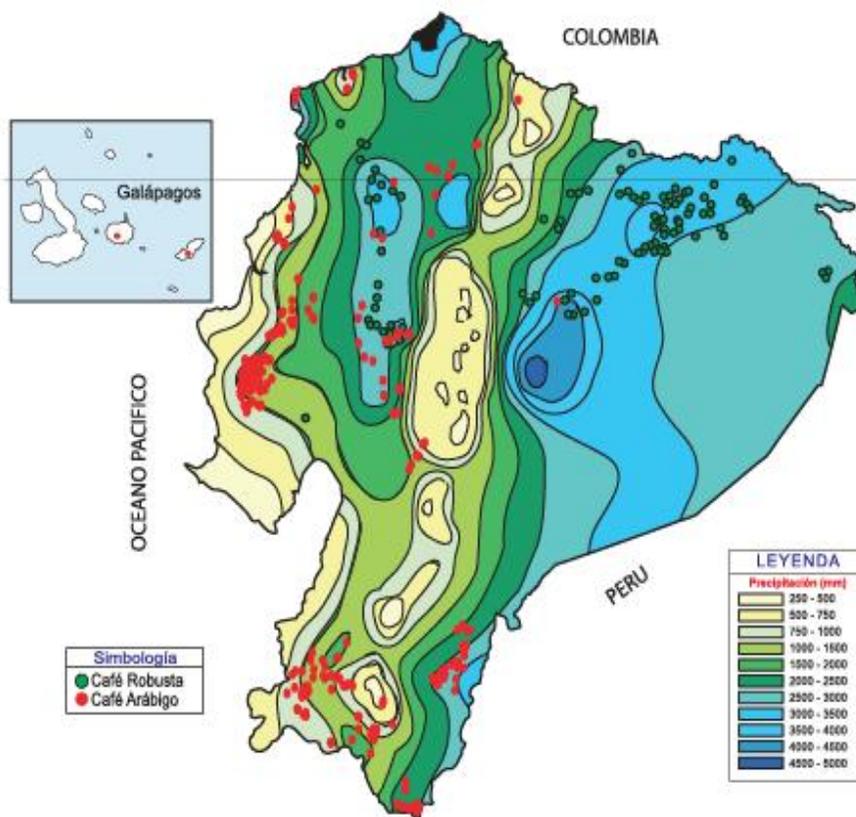
La precipitación, también llamada pluviosidad o lluvia, que cae en un tiempo determinado, se mide en milímetros (mm). Un milímetro de precipitación equivale a un litro de lluvia/metro cuadrado. Por ejemplo: 1.200 mm/año significa que llovió 1.200 litros por cada metro cuadrado, en esa localidad, durante un año determinado o también puede corresponder al promedio de lluvia de varios años. Con la información de los promedios multianuales se construyen los mapas de lluvias o de precipitaciones.

En la Figura 9, se indica el mapa de lluvias, que sirve de referencia para tener una aproximación de la precipitación promedio en una zona determinada.



Fuente: INAMHI.

Figura 8. Mapa de temperaturas medias.



Fuente: INAMHI.

Figura 9. Mapa de precipitaciones anuales.

En la región litoral del Ecuador, los patrones de precipitación están influenciados por la corriente fría de Humboldt y la corriente cálida El Niño. La corriente de Humboldt provoca la sequía y condiciones áridas hacia el sur de la costa. La corriente cálida de El Niño, baña la costa noroeste trayendo aire húmedo y lluvias. A intervalos aproximados de siete años, ocurre el fenómeno de "El Niño", donde la corriente cálida ecuatorial se mueve más hacia el sur, hasta la costa peruana, desplazando a la corriente fría de Humboldt y produciendo lluvias torrenciales en la costa. Los últimos desastres ocasionados por fenómeno de "El Niño" ocurrieron en 1982-1983 y 1997-1998 (17). El 2012, también fue un año atípico en la precipitación.

El requerimiento de la cantidad de agua, en el cultivo de café robusta, es algo controversial. Se considera que para café robusta se requiere de 1.900 a 2.500 mm/año (12). Además de la cantidad de lluvia, hay que considerar la distribución estacional; pues, un período seco de alrededor de tres meses favorece el crecimiento de las raíces, la maduración de las ramas del último crecimiento, la iniciación floral y la maduración de los frutos (9).

La Amazonía norte tiene regímenes de precipitación adecuados para café robusta, mientras que muchas localidades de la costa ecuatoriana, aunque pueden tener condiciones adecuadas de suelo y temperatura, tienen un déficit hídrico muy marcado que solo puede ser compensado mediante la irrigación.

Evapotranspiración.- La evapotranspiración es el conjunto de procesos de evaporación (del agua y del suelo) y de transpiración (de la cubierta vegetal). La lámina de agua evapotranspirada sobre una cuenca, vertiente o localidad, durante un período determinado, constituye la evaporación total en el curso de ese período (21).

La evapotranspiración potencial es la máxima cantidad de agua que puede evaporarse de una capa continua de vegetación que cubra todo el terreno cuando no hay limitación de la cantidad de agua suministrada al suelo. En estas condiciones, la evapotranspiración depende de la energía solar disponible y de la transferencia de masa húmeda que ocurriría por el viento (15).

La cantidad de agua que las plantas transpiran corresponde al consumo de agua que retienen y usan para la fotosíntesis y el crecimiento vegetativo. En un agroecosistema cafetalero, por lo tanto, hay pérdidas de agua por la evaporación desde la superficie del suelo y por la transpiración de todas las plantas presentes en el cafetal.

La cantidad de agua de los procesos de transpiración y evaporación se conoce como evapotranspiración potencial (ETP). Se considera que para el óptimo desarrollo y producción del café robusta se requiere de 1.000 mm/año de evapotranspiración.

Humedad Relativa.- La humedad relativa (HR) es un parámetro climático que determina el grado de saturación de la atmósfera y está definida por la relación existente entre la tensión de vapor actual y la tensión de vapor saturante, a una temperatura específica, expresada en por ciento. Mientras más alto sea este valor mayor es el grado de saturación de la atmósfera (11).

Cuando la lluvia y humedad relativa son permanentemente altas, los problemas sanitarios pueden constituirse en los factores limitantes de la producción y afectar negativamente la calidad física del grano y de la bebida. En condiciones de alta humedad relativa, también se vuelven un problema las plantas parásitas que crecen en el tronco y ramas como los musgos.

Aparentemente la humedad relativa óptima varía en función de la adaptación de los materiales genéticos a ser cultivados. Normalmente, promedios de 80 a 90% de humedad relativa son apropiados para café robusta (7). Cabe indicar que a nivel de microclima, la alta densidad de árboles de sombra mantiene un ambiente con alta humedad relativa; por lo que en el caso de cultivarse café en sistemas agroforestales, hay que procurar un adecuado equilibrio.

Viento.- El viento es el flujo de gases, en diferente escala, que ocurre por los cambios en las presiones atmosféricas entre dos o más puntos. Si el viento es de cierta intensidad, las hojas se secan y caen prematuramente, haciendo que los nuevos brotes traten de reemplazar las hojas caídas, invirtiendo una buena cantidad de energía, la cual pudo haber sido aprovechada en la formación de frutos. Si esto sucede durante la floración los daños son aún mayores.

La siembra de árboles y arbustos en los linderos como cortina rompe vientos pueden proteger los cafetales de la acciones de los vientos fuertes. Si la velocidad del viento no es fuerte, la sombra provisional de guandul o la sombra temporal de musáceas protegen adecuadamente a los cafetales en crecimiento.

Una velocidad del viento mayor de 4 m/seg, (14,4 km/hora) es perjudicial para el café, puesto que se incrementa rápidamente la evaporación del agua.

Heliofanía.- La heliofanía constituye el tiempo de duración del brillo solar, expresado en horas y décimos de hora, en relación con las horas teóricas de permanencia del sol sobre el horizonte (12 horas en el Ecuador).

La proporción de asimilación neta del cafeto es mayor bajo condiciones de luminosidad moderada que a pleno sol y la asimilación diaria total es mayor bajo la sombra que en pleno sol; sobre todo durante el crecimiento (primeros 18 meses de edad); pues, cuando los cafetales están en producción se auto sombrea.

El grado de luminosidad tiene también influencia sobre el área foliar y ésta a su vez en la fotosíntesis y en los rendimientos, siendo un factor muy relacionado con los materiales genéticos (1).

Para las plantas, la principal fuente de energía es la radiación solar que está en estrecha relación con la heliofanía. La radiación solar llega a las plantas dependiendo de la presencia o ausencia de nubes y sufre variaciones de acuerdo con las condiciones locales y la posición del sol en las diferentes épocas del año (5).

La heliofanía en las distintas localidades donde se cultiva café robusta es muy variable, por ejemplo, en Quinindé la heliofanía promedio es de 771 horas luz/año; en Pichilingue, 860 horas luz/año; en Babahoyo 966 horas luz/año; en Isidro Ayora es de 1.247 horas luz/año (3) y en la Amazonía supera las 1.400 horas luz/año (5).

Clasificación de los climas del Ecuador

Según la clasificación de Köppen (10), el Ecuador está compuesto por los siguientes tipos de clima: Seco, Tropical Húmedo, Tropical Monzón, Tropical Sabana, Mesotérmico Húmedo, Páramo y Mesotérmico Semihúmedo/Seco.

Clima Seco.- Se caracteriza por tener una precipitación anual inferior a 500 mm, entre Enero y Abril. El verano es muy seco y las temperaturas elevadas. Cualquier cultivo en estas zonas solo pueden hacerse con riego complementario.

Clima Tropical Húmedo.- Se caracteriza por una temperatura media anual de 25°C; recibe anualmente más de 1.000 mm de lluvia, distribuidos uniformemente durante todo el año.

Clima Tropical Monzón.- Posee las mismas características de temperatura del clima tropical húmedo, con una estación seca de Junio a Noviembre y la lluvia total anual es entre 1.000 y 2.000 mm.

Clima Tropical Sabana.- Se acentúa la escasez de humedad entre Junio y Noviembre, la lluvia anual es de 500 a 1.000 mm. Este tipo de clima tiene limitaciones hídricas, razón por la que prácticamente no se puede hacer caficultura.

Clima Mesotérmico Húmedo.- Presenta temperaturas casi uniformes, variando muy poco. Las lluvias se presentan durante todo el año, con un predominio más marcado en el invierno que en el verano.

Clima de Páramo.- Está ubicado sobre los 1.000 msnm, con una temperatura media que fluctúa alrededor de los 8°C. La precipitación anual varía entre los 1.000 y 2.000 mm según la altitud.

Clima Mesotérmico Semihúmedo/Seco.- Son más frecuentes en la Región Interandina. Se caracteriza por temperaturas irregulares, siendo más elevadas en los meses de Marzo y Septiembre, los meses de Junio y Julio, coinciden con los promedios más bajos; en el clima Mesotérmico seco, la temperatura fluctúa entre 18 y 22°C, con poca variación entre verano e invierno. Dos estaciones lluviosas recogen menos de 500 milímetros anualmente.

En la Figura 10, se expone el mapa de climas del Ecuador, según Köppen (10), con las principales áreas cafetaleras (6) que constituye una referencia para determinar los climas de las diferentes zonas de cultivo. Los promedios de las principales variables climáticas registradas en las Estaciones Meteorológicas del INAMHI, ubicadas desde cinco hasta 2.000 metros sobre el nivel del mar, se indican en el Cuadro 1.

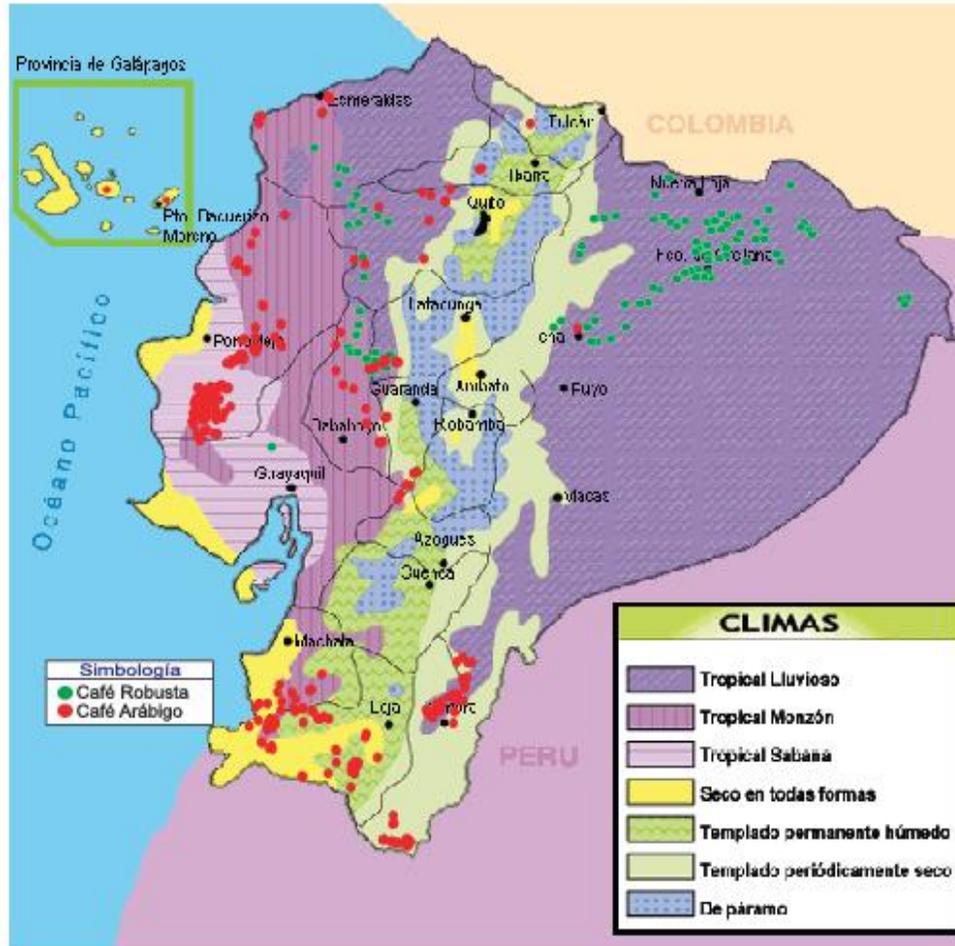


Figura 10. Clasificación de los climas del Ecuador, según Köpen (10).

Cuadro 1. Promedios de las principales variables climáticas registradas en las estaciones meteorológicas del INAMHI ubicadas desde los cinco metros hasta los 2.000 metros sobre el nivel del mar. 1984-1995.

Estación	Provincia	Altitud msnm	Precipitación mm/año	Evapotranspiración (mm)		Días con lluvia	Días sin lluvia	Temperatura °C			Humedad Relativa (%)			Heliofania (horas luz/año)	Nubosidad (Octas)
				ET Potencial	ET Real			Media	Máxima	Mínima	Media	Máxima	Mínima		
Arenillas	El Oro	25	648	978	592	125	240	25,2	33,1	19,6	81	98	57		6,5
Babahoyo	Los Ríos	7	2.147	490	467	142	223	25,4	32,7	20,3	81	98	58	965,8	6,5
Baños	Tungurahua	1.846	1.500	845	845	219	146	17,9	25,8	10,5	83	98	52	1.527,60	5,6
Bucay	Guayas	480	2.271	368	368	298	67	23,4	30,9	17,1	90	99	66	657	
Caluma	Bolívar	350	2.912	858	789	160	205	23,7	31	17,3	88	99	65		6,1
Camposano	Manabí	220	1.224	969	651	91	274	25,2	33,5	17,6	88	97	64	1.106,40	5,3
Cariamanga	Loja	1.960	1.190	991	747	87	278	17,8	26,4	9	85	98	63	2.046,50	4,8
Cayapas	Esmeraldas	75	3.491	878	878	272	93	26	30,5	19,1	88	99	70		7,3
Chone	Manabí	40	1.292	948	706	133	232	25,4	33,7	20,1	85	99	59	981,7	6,3
El Carmen	Manabí	250	2.844	914	891	251	114	24,1	31,6	19,6	86	100	60		6,4
El Corazón	Cotopaxi	1.560	3.001	520	513	217	148	18,3	23,3	13,9	96	100	87		4,5
Gualaquiza	Morona Santiago	750	1.922	841	841	257	108	22,5	32,5	15,1	87	100	53		4,3
Guayaquil Aeropuerto	Guayas	5	1.067	899	584	113	252	26,1	34,1	24	72	92	48		6
Ingenio San Carlos	Guayas	35	1.525	422	389	125	240	24,6	31,8	20	83	98	60	734	6,6
Jama	Manabí	5	777	1.007	636			25,6	32	19,4	88	99	66	1.061,90	5,6
Juicuy	Manabí	240	434	948	434	65	300	24,8	32,5	16,9	89	99	67	1.333,00	5,7
La Concordia	Pichincha	360	3.228	868	868	261	104	24,2	32,4	19,1	86	99	59	751,6	6,8
Malacatos	Loja	1.500	676	1.111	676	72	293	20,1	31	7,1	91	100	69		3,6
Milagro	Guayas	13	1.325	875	620	113	252	25,4	33	19,7	79	97	54	992,1	6,6
Naranjal	Guayas	50	791	921	615	54	311	25,4	34,1	18,9	92	99	69		4,8
Nuevo Rocafuerte	Orellana	265	2.932	773	773	235	130	25,4	33,8	19,8	88	99	57	1.467,10	6,2
Pagua	El Oro	30	1.409	912	881	193	172	24,7	31,5	19,2	90	99	69	7	
Pedernales	Manabí	20	1.000	1.098	772			25,5	30	19,1	85	97	69		6,8
Pichilingue	Los Ríos	120	2.094	931	759			25	33,5	19,4	83	99	57	859,7	6,6
Playas Gral. Villamil	Guayas	6	425	902	425			24,8	29,5	17,5	79	95	63		3,9
Portoviejo	Manabí	48	466	1.209	466	87	278	25,2	34,2	19,2	78	98	50	1.415,10	6
Puerto Ila	Pichincha	260	2.744	490	490	275	90	24,2	31,9	18,9	90	100	68	667	6,4
Puyo	Pastaza	960	4.529	724	724	310	55	21	29,5	13,7	90	100	60	1.010,10	6,1
Quindí	Esmeraldas	120	2.310	533	533	189	176	25,2	32,3	20	88	98	73	770,5	6
Sangay	Morona Santiago	880	2.009	826	826	236	129	21,6	29,9	14,1	87	98	61	1.033,70	5,8
Tena	Napo	665	4.349	863	863			24,2	32,2	17	83	99	53		5,9
Vilcabamba	Loja	1.560	824	1.095	790	117	248	20,7	31	11,1	75	98	44		4,9
Zaruma	El Oro	1.150	1.582	960	798	186	179	21,8	31,6	15,1	88	99	56		5,4

1.3.1.3. Fisiografía

La fisiografía o geografía física se refiere al paisaje y posición geográfica de una localidad cafetalera. Este factor ambiental está determinado por la altitud y latitud; así como, por algunos elementos antrópicos como la deforestación, erosión, quema, entre otros.

El centro de origen del café robusta está entre Senegal, Angola y Uganda, donde se desarrolló hasta los 1.200 msnm y en una latitud de 6° a 9° Norte; una temperatura media de 20°C, lluvias no bien distribuidas y una temporada seca de 4 meses bajo un bosque muy complejo (16).

En la actualidad el cultivo de este café se ha extendido por muchas partes del mundo, aproximadamente desde los 24° N a los 26° S, en forma natural y un poco más en áreas donde se puede controlar algunos factores como el agua de riego.

El Ecuador continental está situado en el Hemisferio Occidental, al Noroeste de América del Sur. Su territorio continental está ubicado entre las latitudes 01° 27' 06" N y 05° 00' 56" S; de longitud 75° 11' 49" W a 81° 00' 40" W.

El café robusta se adapta bien hasta altitudes de 600 msnm en la costa, en las provincias de Guayas, Santa Elena, Los Ríos, Cotopaxi, Bolívar, Manabí, Santo Domingo y Esmeraldas; y en la Amazonía norte que abarca las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos, donde se cultiva hasta los 700 msnm; aunque excepcionalmente se encuentran cafetales robustas hasta los 900 metros de altitud.

1.3.2. Componente biótico

La biota está integrada por el complejo de individuos, poblaciones y comunidades de organismos vivos, macroscópicos y microscópicos, que interactúan en un ambiente específico, configurando el ecosistema cafetalero.

Todos los elementos bióticos están en armonía y permanente interacción e interdependencia con los elementos abióticos. El equilibrio de estas relaciones e interrelaciones ocurren en forma natural o direccionadas por el hombre a través de las tecnologías de manejo, en procura de obtener mejores resultados productivos.

La biota de un cafetal tiene como eje central las plantas de café, las mismas que poseen atributos específicos en función de la especie, variedad o clon cultivado. Los cafetos cultivados en un suelo específico, tienen características biológicas determinadas que dependen del contenido de materia orgánica y de la diversidad de organismos vivos, macroscópicos (lombrices y artrópodos) y microscópicos (hongos, bacterias, actinomicetos, entre otros), que habitan en un suelo. Entre los organismos macroscópicos y microscópicos (microflora y microfauna), ocurren procesos de antagonismo o de sinergia que equilibran las poblaciones de especies dañinas y benéficas, disminuyen los ataques de plagas y aceleran la descomposición y mineralización de la materia orgánica.

La actividad biológica posibilita la descomposición de compuestos minerales insolubles como los fosfatos para ponerlos a disposición de las plantas; transforma el nitrógeno soluble en nitrógeno orgánico, fijándolo en el cuerpo de los organismos vivos y evitando su pérdida por lixiviación o en forma de amoníaco (en el aire). El uso indiscriminado de agroquímicos puede provocar una reducción drástica de las poblaciones de organismos vivos del suelo con una consecuente pérdida del nivel de fertilidad.

En los cafetales se encuentran muchas plagas, que en su concepto más amplio incluye a todos los organismos perjudiciales, como: plagas insectiles, nematodos parásitos, hongos fitopatógenos y malezas.

En un cafetal también hay organismos benéficos como los hiperparásitos, entomopatógenos, insectos reguladores de poblaciones; plantas fijadoras de nitrógeno y especies herbáceas de cobertura. En un cafetal o en su alrededor puede haber árboles, arbustos y hierbas, en distintas fases de desarrollo, que también influyen en el ecosistema cafetalero. Además, un cafetal constituye un hábitat apropiado para muchas especies faunísticas silvestres.

1.4. MANEJO DEL CULTIVO

El manejo del cultivo es la capacidad, habilidad y destreza del hombre para administrar los recursos disponibles para la producción (naturales, humanos y tecnológicos), corregir los factores limitantes (p.e.: deficiencia de nitrógeno) y perfeccionar los procesos productivos (crianza de plántulas, densidades poblacionales, podas, regulación de sombra, fertilización, entre otras labores).

En esta perspectiva, se hace mejoramiento genético y se busca seleccionar clones de alta producción, amplia adaptabilidad, con resistencia a la roya y otros problemas fitosanitarios; que tengan, además, buena calidad de taza y adecuadas características industriales.

El hombre va construyendo alternativas de control integrado de plagas, que sean eficientes y de bajo costo. En este propósito se han desarrollado alternativas de control biológico de la broca del fruto, usando avispidas (*Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis* y *Phymastichus coffea*) que actúan como parásitos o predadores, regulando las poblaciones de la plaga.

Se han aprovechado los hongos entomopatógenos (*Beauveria bassiana*) e hiperparásitos (*Verticillium lecanii*); se utilizan las plantas leguminosas para proporcionar biomasa o hierbas nobles que sirven como cobertura vegetal viva, con múltiples beneficios al cafetal.

El manejo del cultivo comprende los procesos precosecha y poscosecha. El primero se relaciona con la productividad del cafetal y el segundo con la calidad e inocuidad del café. En la Figura 11, se indica un esquema del proceso precosecha o de producción a nivel de campo. El nivel de tecnología a aplicar depende de la disponibilidad de recursos, de la capacidad de inversión y del grado de formación técnica en caficultura.

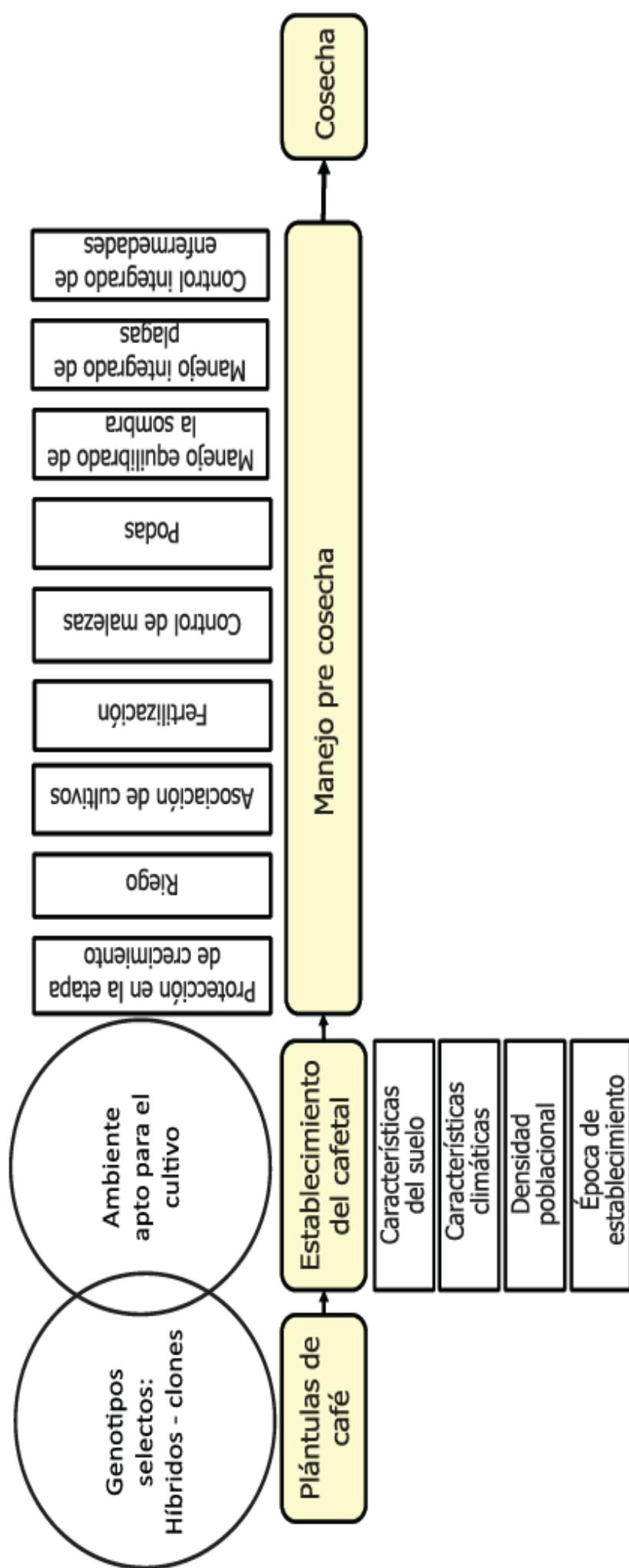


Figura 11. Esquema del proceso de producción o precosecha.

LITERATURA CONSULTADA

1. Alvim, P. T; Kozlowski, TT. eds. 1977. *Ecophysiology of Tropical Crops*. New York, Academic Press. p. 249-278.
2. COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC) / CRS (Catholic Relief Services, US). 2013. *Agenda de Capacitación e Investigación Cafetalera para la Amazonía Norte del Ecuador*. Informe Técnico. Portoviejo, EC. 71 p.
3. COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC) / Dublinsa, EC. 2012. *Mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías para la producción de café robusta, en el trópico seco del litoral ecuatoriano*. Informe Técnico 2007-2012. Portoviejo, EC. 179 p.
4. D' Ambrosio, S. 2002. *El Clima* (en línea). Consultado 6 ene. 2014. Disponible en www.monografias.com/trabajos4/elclima/elclima.shtml#_toc481237682
5. Duicela, L; García, J; Corral, R; Farfán, D y Fernández, F. 2005. *Calidad física y organoléptica de los cafés robustas ecuatorianos*. Portoviejo, EC, COFENAC, ELCAFE, GTZ. 49 p.
6. Duicela, L; Corral, R. 2009. eds. *Café y ambiente: Reflexiones sobre la contribución de la caficultura en la conservación de los recursos naturales*. Portoviejo, EC, COFENAC, GTZ. 110 p.
7. Enríquez, G. 1993. *Ecofisiología del Cultivo*. In *Manual del Cultivo del Café*. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 28-42.
8. Guzmán, O. 1985. *Verificación de medidas de temperatura del aire*. *Cenicafé*. 36(3):103-109.
9. Haarer, AE. 1961. *Best Environment for Coffee*. *Indian Coffee* 27:289-291.
10. IGM (Instituto Geográfico Militar, EC). 1995. *Atlas Universal y del Ecuador*. Quito, EC. 119 p.
11. INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, EC). 1984-1995. *Anuarios Meteorológicos n° 24-34*. Quito, EC.
12. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). 2012. *Requerimientos agroecológicos de cultivos* (en línea). México. Consultado 21 nov. 2013. Disponible en <http://www.inifapcirpac.gob.mx/PotencialProductivo/Jalisco/Cienega/RegionCienegaReqAgroecologicos.pdf>

13. Iñiguez, M. 1999. Manejo y conservación de suelos y aguas. Loja, EC, Cosmos. 31 p.
14. Jaramillo R, A. 1988. Características climáticas de la zona cafetera. *In* Tecnología del cultivo del café. Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. p. 4-55.
15. Jaramillo, A. 1982. Balance hídrico de la zona cafetera colombiana. *Cenicafé* 11 (1):15-14.
16. Maestri, M; Santos B, R. 1977. Coffee. eds. P Alvim; TT Kozlowski. New York, US. *Ecophysiology of Tropical Crops*. p. 249-278.
17. Neill, DA; Jørgensen, PM. 1999. Clima (en línea). *In* Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Eds. PM Jørgensen; S. León-Yáñez. Monogr. Syst. Bot. Missouri Bot. Gard. 75. p. 8-13. Consultado 8 ene. 2014. Disponible en www.mobot.org/research/ecuador/climatessp.shtml
18. Sayago, M; Pérez, E; Farrera, R. 1981. La roya del cafeto (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.). Táchira, VE, Centro de Investigaciones Agropecuarias Región Los Andes. 52 p. (Serie D nº 2).
19. Schieber, E. Impacto económico de la roya del cafeto en América Latina. *In* Contribuciones del IICA al conocimiento de la roya del cafeto. San José, CR, IICA. 28 p.
20. Taller en Línea TIC "Claves y oportunidades para su integración pedagógica". 2008. El ADN estructura y funciones (en línea). Consultado 20 nov. 2013. Disponible en <http://adnestructurayfunciones.wordpress.com/2008/08/15/adn/>
21. Unda, E. 1961. Nociones de Hidrología. Loja, EC. 95 p.
22. Valencia, G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Quito, EC, INPOFOS. 61 p.

GERMOPLASMA DE CAFÉ ROBUSTA



2. GERMOPLASMA DE CAFÉ ROBUSTA

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi
Willian Paul Chilán Villafuerte

El cafeto es el nombre que identifica a todas las plantas del género *Coffea*, integrada por 103 especies (2), todas diploides y alógamas, como el café robusta, excepto la especie arábica, que es tetraploide y autógama.

El origen de todas las especies de café es el continente africano y la región de Madagascar (3, 12).

2.1. ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN DEL CAFÉ ROBUSTA

El café robusta fue descubierto en África a fines del siglo XIX, creciendo de manera silvestre en las zonas tropicales de Guinea y El Congo. En 1895, en la República Democrática del Congo se cultivaban cafetos de la especie robusta procedentes de las riberas del río Lomani. A Java se introdujeron plantas procedentes de la República Democrática del Congo, en 1901. Posteriormente, el café robusta se distribuyó hacia otras zonas tropicales húmedas del mundo.

Esta especie de café se introdujo en el Sudeste de Asia, en 1900, después de que la roya del cafeto, enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix*, destruyera los cultivos de café arábigo, en Ceilán, hoy Sri Lanka, en 1869; y la mayoría de los cafetales ubicados a bajas altitudes, en Java, en 1876.

Los cafés robustas, debido a su naturaleza alogámica, se caracterizan por una alta variabilidad fenotípica, en todos sus caracteres morfológicos como: altura de planta, número de ramas, distancia entre nudos; forma y tamaño de los granos, calidad organoléptica y contenido de cafeína y otros compuestos químicos.

El café robusta, por su origen, se clasifica en tres grupos (7):

- Café robusta **congolensis**.- Originario del Congo.
- Café robusta **guinensis**.- Originario de Guinea ecuatorial
- Café robusta **Kouilou**.- Encontrado en las riberas del río del mismo nombre, en África Central, de donde se deriva el nombre de café Conilón.

En 1951, 1964, 1972, 1977 y 1986 se hicieron introducciones de germoplasma de café robusta hacia el Ecuador, desde el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE-Costa Rica).

Las introducciones de café robusta se establecieron en bancos de germoplasma de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en Quevedo. En el 2006, una misión del PRONORTE-USAID realizó la introducción de semilla de café Conilón, desde Rondonia (Brasil). Las empresas NESTLÉ y ELCAFÉ también realizaron introducciones de germoplasma de café robusta de distintos orígenes.

En el Cuadro 2, se resume las introducciones de germoplasma de café robusta al Ecuador.

Cuadro 2. Línea de tiempo de las introducciones de café robusta al Ecuador.

Material genético	Año de introducción	Procedencia	Institución que realizó la introducción	Accesiones
<i>C. canephora</i> (robusta)	1951	CATIE - Costa Rica	INIAP	ND
<i>C. canephora</i> (robusta)	1964	CATIE - Costa Rica	INIAP	6: en semilla
<i>C. canephora</i> (robusta)	1972	CATIE - Costa Rica	INIAP	2: en plantas
<i>C. canephora</i> (robusta)	1977	CATIE - Costa Rica	INIAP	17: en semilla
<i>C. canephora</i> (robusta)	1986	CATIE - Costa Rica	INIAP	8: en semilla
<i>C. canephora</i> var. Conilón	1987	Brasil	INIAP	ND
<i>C. canephora</i> var. Conilón	2006	EMBRAPA, Rondonia – Brasil	USAID	1: en semilla
<i>C. canephora</i> (robusta)	ND	Distintos orígenes	NESTLÉ	ND
<i>C. canephora</i> var. Robusta	2009 -2010	Brasil, Vietnam e Indonesia	ELCAFÉ	ND
<i>C. canephora</i> var. Robusta tropical	2010	Brasil	ELCAFÉ	ND

El café robusta se fue diseminando progresivamente, desde la Estación Pichilingue (Quevedo), hacia las áreas colindantes, especialmente en los cantones Quevedo, Mocache, Ventanas, Valencia, La Maná, Buena Fe, El Empalme y Santo Domingo de los Colorados. Por el año 1968, una sequía afectó al país, siendo más afectadas las provincias de Manabí y Loja, situación que provocó una alta migración hacia las zonas de colonización en el Litoral y Amazonía. En estas circunstancias, los agricultores diseminaron masivamente el café robusta usando las plántulas que crecen espontáneamente debajo de los cafetos en producción (lechuguines), normalmente sin ningún criterio de selección, para colonizar las zonas tropicales húmedas, por su amplia adaptabilidad, alta productividad y precios atractivos. Además de los colonos, varias comunidades indígenas de la Amazonía, desde Napo hasta Sucumbíos, empezaron el cultivo de café robusta en sus fincas, considerando los beneficios económicos que representaba para las familias.

Cabe indicar que la propagación del café robusta, hasta 1990, se realizaba solo por la vía sexual; es decir, usando plantas provenientes de semilla, que debido a su naturaleza alogámica, generó alta variabilidad fenotípica en los cafetales.

2.2. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL CAFÉ ROBUSTA

La clasificación taxonómica del café robusta es la siguiente:

Reino:	Plantae
Subreino:	Tracheobionta (Angiospermas). Plantas vasculares
Superdivisión:	Spermatophyta (Plantas de semillas)
División:	Magnoliophyta (Plantas con flores)
Clase:	Magnoliopsida (Dicotiledónea)
Subclase:	Asteridae
Orden:	Rubiales
Familia:	Rubiaceae
Género:	<i>Coffea</i>
Especie:	<i>canephora</i>
Nombre científico:	<i>Coffea canephora</i> Pierre ex Froehner.

Fuente: Natural Resources Conservation Services. s.f.

2.3. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA

Las principales características morfológicas, genéticas y químicas del café robusta, se indican en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Principales características del género *Coffea canephora* Pierre ex Froehner.

Características	Descripción
Tipo de planta	Árbol
Copa	Irregular
Sistema radical	Raíz pivotante con raíces laterales y raicillas
Tallo	Eje ortotrópico monocaule o multicaule
Ramas	Ramas plagiotrópicas primarias, secundarias y terciarias
Hojas	Elípticas o lanceoladas, oblongas de ápice agudo
Inflorescencias	Axilares, de 3 a 5 cimas
Flor	Formada por cáliz, corola, estambres y pistilo. Autoestéril
Fruto	Drupa elipsoidal o sub oblonga
Contenido de cafeína (en % de materia seca)	1,3 a 5,2
Fecundación	Alógama
Estructura genética	Diploide
Número de cromosomas	$2n = 22$

Fuente: Ferwerda y Wit 1987.

En las plantas alógamas como el café robusta, para que el óvulo se pueda fecundar, necesita del polen de otra planta (órgano masculino), el mismo que puede ser transportado hasta la flor que contiene el órgano femenino con ayuda de un vector como el viento o insectos (Figura 12).

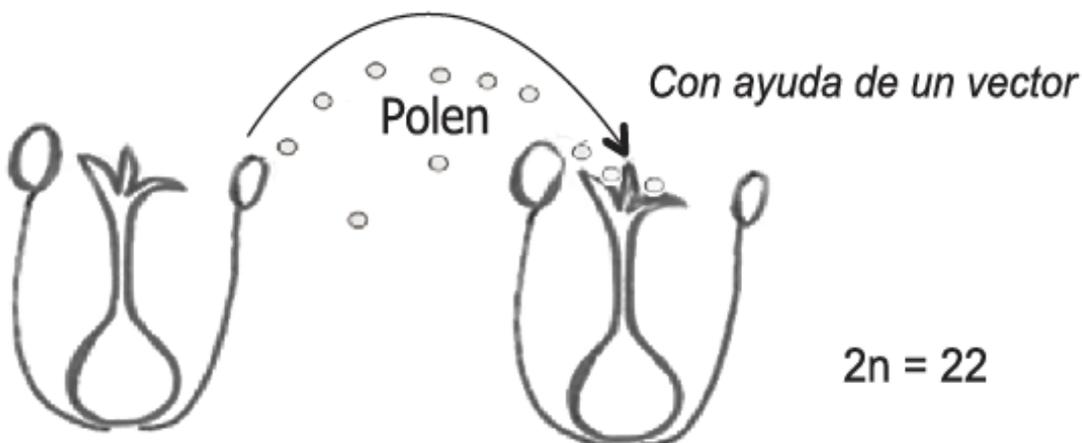


Figura 12. Esquema de la polinización cruzada en café robusta.

2.3.1. Tallo o tronco

El tallo o tronco del árbol es leñoso y constituye la columna vertical de la planta, de crecimiento ortotrópico indefinido (Figura 13), que puede alcanzar hasta los 10-12 metros de altura, especialmente en condiciones silvestres. El cuello de la planta une al tallo con la raíz principal y todo el sistema radical. Las ramas laterales son plagiotrópicas.

El tallo crece verticalmente por medio de una yema terminal o de prolongación, que se encuentra recubierta por dos pares de hojas. Cuando el eje central es cortado o sufre un daño físico, ciertas yemas laterales, localizadas en el eje central, crecen y forman nuevos tallos verticales o brotes.

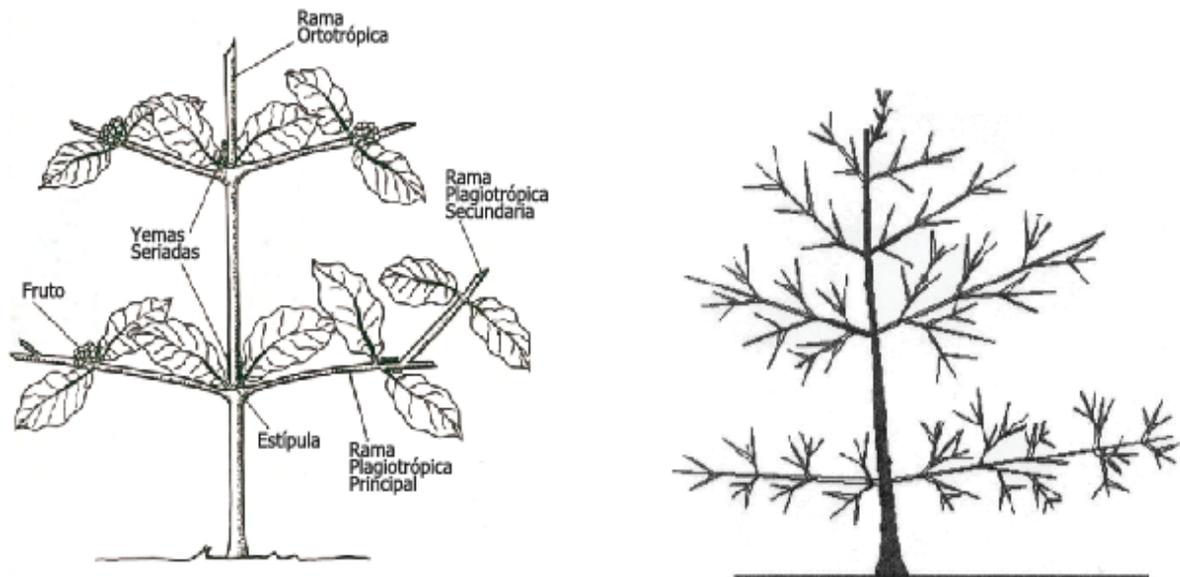


Figura 13. Esquema del tallo y tronco de una planta de café robusta.

La corteza del tronco y las ramas adultas son suberizadas lo que evita grandes pérdidas de agua. Las ramas jóvenes en general son lisas. El tronco a más de sostener todas las ramas, las hojas y los frutos, se convierten en almacenes de reservas nutricionales que le sirven a la planta cuando hay una poda fuerte y se eliminan las hojas o cuando estas son arrancadas por una mala cosecha.

Cuando por alguna razón se interrumpe el fluido de la savia hacia la parte superior de la planta (por ejemplo mediante la poda), esta emite chupones o brotes nuevos, para tratar de reemplazar los tejidos. Cuando se poda solamente una rama lateral crece solo un brote, pero si se poda ambas crecen las dos; esta característica de la planta se aprovecha para realizar podas escalonadas. El agobio también se aprovecha para incentivar brotes, que pueden ser seleccionados y formar grandes áreas de floración y fructificación.

2.3.2. Ramas laterales

Las ramas laterales del cafeto son las que soportan las hojas, las yemas, las flores y los frutos (Figura 14). El crecimiento del extremo de las ramas es diferente al crecimiento de la parte terminal de la planta; pues, el de las ramas es un crecimiento que se detiene periódicamente, generalmente en la época seca. En las ramas formadas de un año, es donde florecerá y fructificará (5). Cuando por alguna razón se pierden estas yemas, se pierde la producción parcial o totalmente.

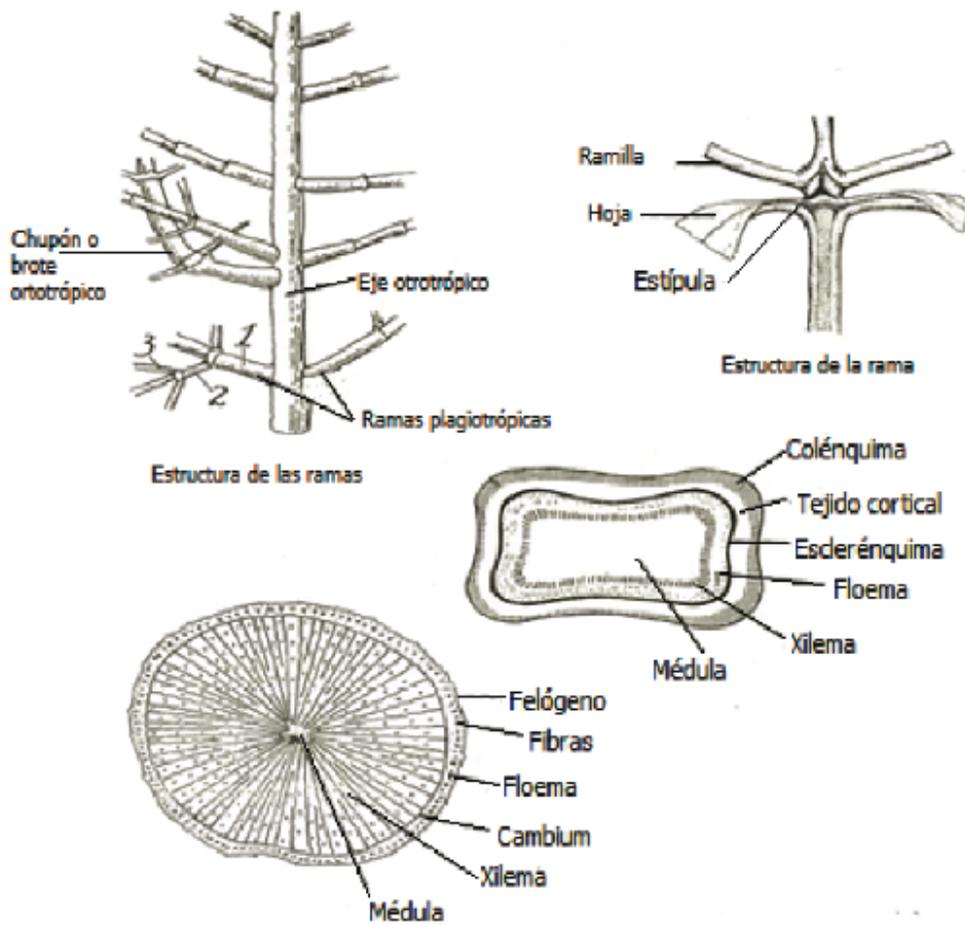


Figura 14. Esquema de las ramas del café y sus componentes.

La mayoría de las especies de café tienen un crecimiento diferente en cada año de producción, por esta razón algunos años son muy productivos y otros no, lo que se denomina producción bienal, poco entendida en el robusta. Muchos de los cafetos tienen rendimientos crecientes hasta el quinto o sexto año, pero en adelante hay un rendimiento decreciente, para evitar esto, se debe proceder a la rehabilitación.

2.3.3. Sistema radical

Los sistemas radicales de los cafetos varían en función de su sistema de propagación; por semilla o por clones (Figura 15). Cuando provienen de semilla, la raíz del café es una pivotante cónica; es decir, tienen la forma de un cono, con la punta hacia abajo, leñosa y de madera dura. Penetra unos 80 centímetros o más, dependiendo del suelo. El sistema radical es el que fija la planta al suelo. Cuando una raíz se despunta por alguna razón, a nivel del vivero o al establecimiento, siempre crecerán raíces que anclan la planta al suelo, y muchas raíces secundarias y terciarias; además, de abundantes raicillas. La raíz del café crece hasta los 10 o 12 años, momento en que la cofia se desprende, deja de proteger a la raíz y deja de crecer. El tamaño de la raíz puede depender del manejo, de la fertilidad y humedad del suelo.

Las raíces secundarias, se forman lateralmente y son más delicadas que la pivotante. Luego nacen las raíces terciarias y cuaternarias, hasta donde puedan encontrar tierra fértil o competencia de otras plantas. Las raíces secundarias y las raicillas, a excepción de la pivotante o principal, siguen creciendo todo el tiempo buscando donde encontrar los nutrimentos. En general, el sistema radical alcanza la proyección de la sombra del mismo cafeto; aunque en ocasiones se pueden encontrar raíces más largas de la proyección de la sombra del árbol, dependiendo de la fertilidad del suelo y de la competencia con otras raíces. Las raicillas contienen los pelos radicales o absorbentes, que se denomina zona pilífera. A medida que las raíces crecen y los raicillas aumentan, estas van desapareciendo o muriendo. Muchas raíces secundarias con sus raicillas tienden a aflorar hacia la superficie del suelo por la presencia de materia orgánica, humedad y de nutrimentos.

En las plantaciones de varios años de producción casi siempre se entrecruzan los sistemas radicales de los cafetos; por lo tanto, se debe tener cuidado en la fertilización, pues, resultaría más eficiente aplicando al voleo, en los espacios entre hileras del cafetal. La biomasa de las raíces más importantes para la vida de la planta se encuentra en los primeros 30 centímetros del suelo, donde se ha calculado que están del 60 al 80 % de ellas. Algunas de las raíces secundarias, terciarias o de otro orden pueden alcanzar los 2,5 metros, desde el tronco hacia afuera.

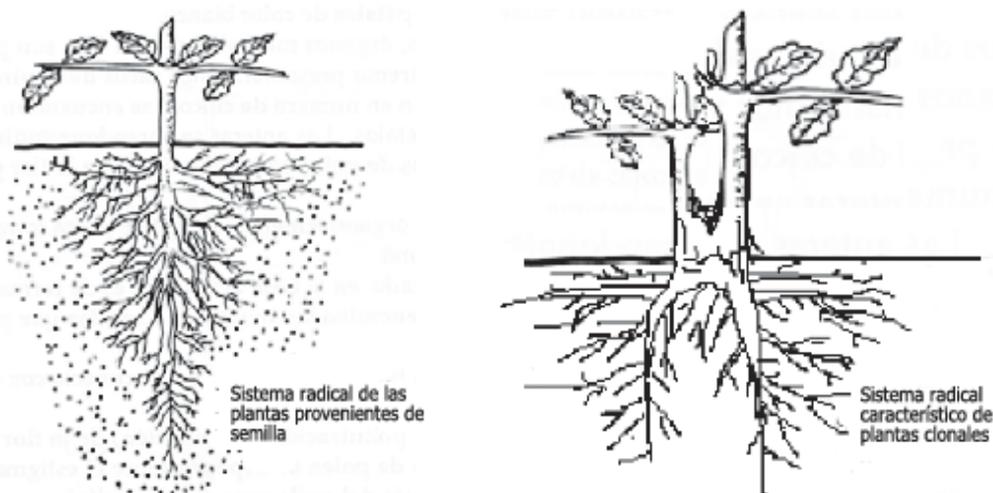


Figura 15. Sistemas radicales de plantas provenientes de semilla y de plantas clonales.

2.3.4. Hojas

Las hojas tienen formas elípticas o lanceoladas, de ápice agudo, aunque ciertamente hay mucha variabilidad de formas y tamaños. Normalmente miden de 15-20 centímetros de largo x 5-15 de ancho, de nervadura plana por arriba y bien acentuadas por debajo; enteras, con 8 a 13 pares de nervaduras laterales (Figura 16). Las nervaduras están dispuestas en forma pinnada. Por lo general, las hojas varían del color verde poco intenso a verde intenso.

Las hojas son el laboratorio del cafeto, donde los nutrimentos son procesados y se elaboran las sustancias, que más tarde se reparten por toda la planta, incluyendo la raíz. El tamaño, dureza y ondulación de la hoja varía mucho, según el genotipo. Las hojas son opuestas y en la base de cada par de hojas se encuentran las yemas de fructificación.

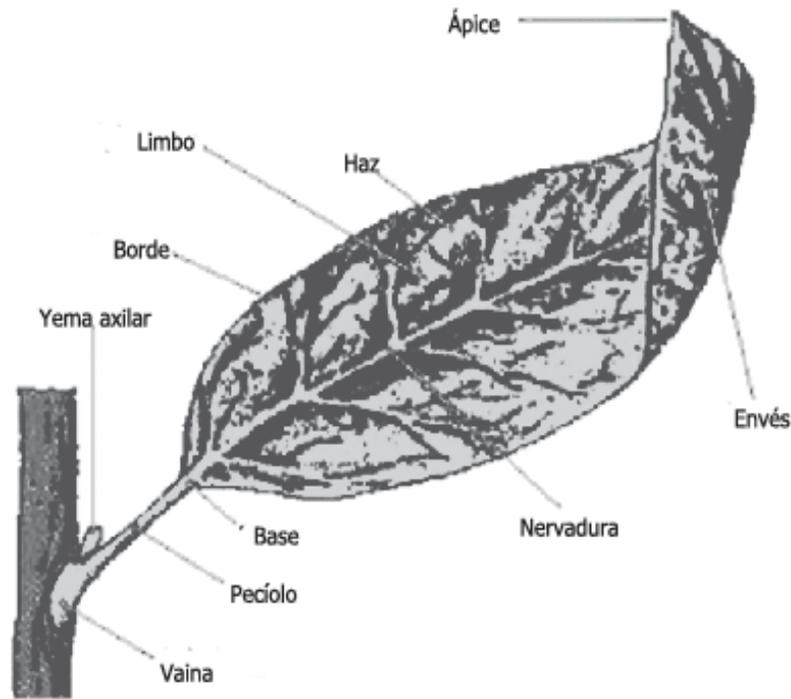


Figura 16. Partes de la hoja.

2.3.5. Inflorescencias y flores

Las inflorescencias y flores del café robusta se encuentran localizadas en las axilas de las hojas, donde se encuentran en grupos de hasta cuatro yemas iniciales, en los glomérulos (Figura 17). En la especie robusta, hay un gran número de cimas por axila y de flores por cima. Las cimas florales varían de tres a cinco por axila y llevan normalmente de cuatro a seis flores cada una. Cabe indicar que en un nudo hay dos axilas. Esto significa que en un nudo puede haber hasta 60 flores. Las bases de las flores varían en tamaño siendo algunas casi sésiles.

El verticilo inferior se compone de dos estipulas triangulares, agudas, de hasta seis milímetros de largo y de brácteas en forma de hojas de 6 a 15 milímetros de longitud. El verticilo superior es semejante al primero, aunque en muchos casos está reducido a un anillo de borde recortado. Las brácteas permanecen cuando los frutos están desarrollándose y sobresalen de los glomérulos en las primeras etapas del crecimiento del fruto. Desde el inicio de una yema hasta la madurez de estas puede transcurrir hasta 12 semanas. En este estado permanecen hasta que se provoque el estímulo adecuado para la apertura, generalmente, una cantidad apropiada de agua en el suelo (8).

Al momento de la apertura de la flor, esta es de color blanco, en algunas ocasiones pueden tener un difuso color rosa. Despide un olor muy agradable, que atrae a muchos insectos. En general, la polinización es cruzada, especialmente provocada por los insectos que son atraídos por los olores que emiten las flores. Se estima que un árbol pequeño puede tener entre 6 y 8 mil flores y que uno grande puede tener entre 45 a 50 mil flores funcionales, durante un año. Hay genotipos que producen flores durante casi todo el año, pudiendo extenderse su cosecha casi por 11 meses. Lo más conveniente es seleccionar genotipos de floración estacionaria, de modo que la cosecha también resulte más o menos concentrada.

Cada flor tiene un pedicelo que continúa con el ovario; pues, el cafeto es planta de ovario ínfero, esto significa que el ovario está por debajo de las envolturas florales, el cáliz y la corola. La corola tiene la forma de un tubo blanco conformado de cinco pétalos.

Los estambres están adheridos a los pétalos y el ovario. Cada estambre está compuesto de un filamento y una antera, como dos estuches alargados que se abren en la parte terminal. El estigma permanece receptivo por espacio de tres días y en ocasiones, con buenas condiciones de ambiente, pueden permanecer por 4 días. Dependiendo del ambiente, a las 10 de la mañana, aproximadamente, hay un incremento considerable de los granos de polen en el ambiente, especialmente cuando está seco y no hay viento. Se estima que entre el 78 y 80% de los granos de polen son normales, de estos solamente 83% tienen una germinación adecuada (9).

Luego, de la polinización, el tubo polínico crece rápidamente hasta alcanzar el ovario, el recorrido le puede tomar de 22 a 26 horas para hacer contacto con el óvulo y fecundarlo. Después de tres o cuatro días de la fecundación, las flores se secan y solo se preserva el estigma del pistilo. Desde la fecundación del ovario hasta la maduración del fruto, transcurren aproximadamente 8 meses, dependiendo del genotipo, la temperatura, luz y humedad. Normalmente, la fecundación provoca dos semillas en el fruto, que se desarrollan iguales como dos valvas (13).

En ciertas ocasiones, por alguna fecundación defectuosa, solamente se fecunda una sola semilla, la cual se desarrolla sola dentro del fruto, de esta manera puede agrandarse mucho más pero algunas veces se retuerce en el crecimiento. Estos frutos producen semillas denominadas caracolillos.

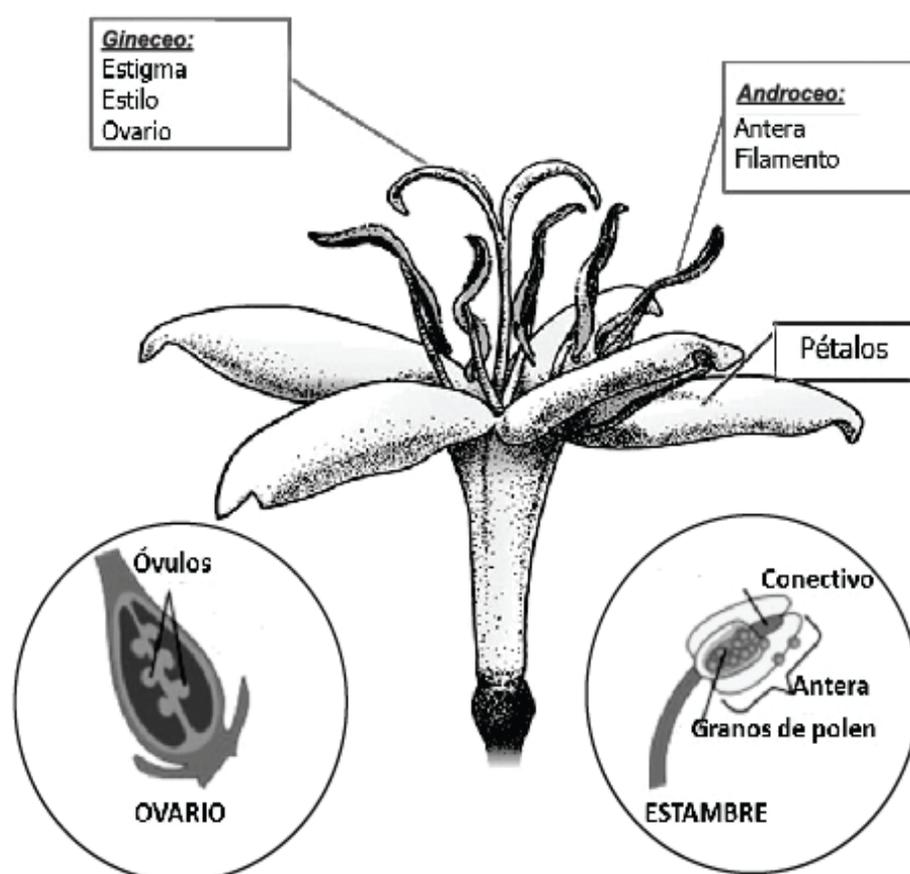


Figura 17. Partes de la flor del café.

2.3.6. Frutos

El fruto es una baya elipsoide, de 8 a 16 milímetros; de exocarpo desencarnado (14, 16). Se pueden formar de uno a cinco frutos por cima. En su desarrollo, desde la floración hasta la maduración, transcurre de 230 a 280 días, dependiendo de genotipo y de las condiciones ambientales.

Durante las primeras 7 semanas de desarrollo de los óvulos fecundados, crecen muy lentamente y alcanza un tamaño de 4 milímetros. En las seis semanas siguientes, el fruto crece rápidamente, quedando lleno de tejidos suaves acuosos, de color blancuzco. Luego, el tejido se va haciendo más duro hasta que se endurecen totalmente, a medida que madura el fruto. Aproximadamente, entre las 33 y 38 semanas después de abierta la flor, los frutos estarán maduros. Los frutos tienen una pulpa o mucílago azucarado que recubre el pergamino, bajo del cual se encuentra una película delgada de color plateado, cuando seca, bajo esta película se encuentra la semilla (Figura 18).

El epicarpio del fruto es de color verde cuando tierno, rojo cuando madura y de color marrón cuando está seco, con ligeras estrías; aunque también hay genotipos con otras coloraciones. El mesocarpio es el mucílago o miel, que es una envoltura resbalosa, de sabor azucarado. El endocarpio es el pergamino o envoltura cartilaginosa, que cubre por separado cada semilla.

La conversión del fruto maduro a grano seco, al 10-12% de humedad, varía según los genotipos, desde 3:1 hasta 5:1. Genotipos con conversión más alta deben ser descartados en los procesos de selección.

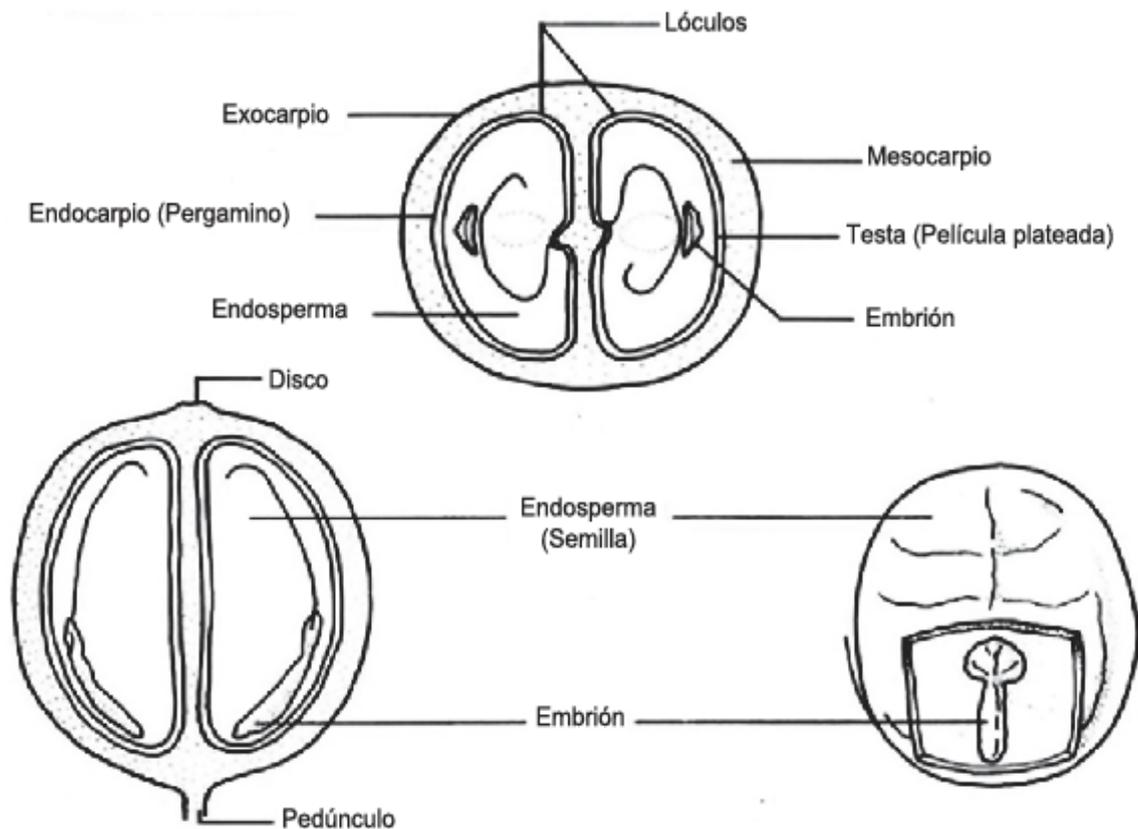


Figura 18. Partes del fruto del café.

2.3.7. Semilla

Las semillas o granos del café son de consistencia córnea que está cubierta por una película plateada de consistencia sedosa. En la parte superior de las semillas se albergan los cotiledones. La semilla es de forma ovoide, variando mucho en su tamaño en función del clima y de la fertilidad del suelo. En su interior está el embrión con la radícula.

La semilla puede tener un desarrollo anormal, ya sea como caracolillo, como granos elefantes o granos triangulares. La semilla es muy dura y protege al embrión. El embrión se halla en la parte basal y es muy pequeño, consiste en un hipocótilo cilíndrico y los dos cotiledones superpuestos que miden de 2 a 5 milímetros. Al germinar la semilla, brota la radícula que se curva rápidamente hacia la tierra por geotropismo positivo y empieza a formar las raicillas laterales. El hipocótilo crece y levanta los cotiledones envueltos en el pergamino, la película plateada y los restos del endospermo, que más tarde se desintegran (12).

2.4. SELECCIÓN DE CLONES DE CAFÉ ROBUSTA EN EL ECUADOR

La selección de clones en café robusta, es un conjunto de procedimientos técnicos orientados a incrementar las frecuencias génicas determinantes de los atributos deseables y a reducir o eliminar las frecuencias génicas que determinan aquellos caracteres no deseables, en una población específica.

El *Coffea canephora* tiene una gran variabilidad natural originado por los intercruces naturales entre plantas de la misma población o de distintas poblaciones, a causa de la alogamia de esta especie. La alta variabilidad fenotípica originada por estas recombinaciones genéticas permite afirmar que hay perspectivas para avanzar en los programas de mejoramiento genético (17).

2.4.1. Características fenotípicas de un genotipo superior

Para seleccionar genotipos de café robusta, hay que valorar las características fenotípicas de interés de los productores, industriales y consumidores. Para objeto de los análisis, se agrupan en: características agronómicas, sanitarias, productivas, organolépticas e industriales (9).

Características agronómicas

Altura de planta.- Los cafetos "cabeza de clon" deben tener un porte entre bajo y mediano, situación que permite manejar en altas densidades poblacionales.

Número de ramas.- El material genético debe poseer un alto número de ramas.

Arquitectura.- Los cafetos deben ser preferentemente multicaules (varios tallos productivos) y de estructura compacta.

Distancia de entrenudos.- Las ramas de cafeto deben presentar una distancia de entrenudos corto, lo cual es un indicio de una alta capacidad de producción.

Frutos/nudo.- Un buen árbol "cabeza de clon" deberá tener más de 40 frutos/nudo.

Flexibilidad de tallos y ramas.- Los tallos y ramas de los cafetos deben presentar flexibilidad para evitar la rotura y/o desgarres durante la cosecha.

Características sanitarias

Tolerancia a plagas.- Los cafetos no deben presentar ataques intensos de taladrador de la ramilla (*Xilosandrus morigerus*) ni de la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Sea han constatado ataques diferenciados de plagas en los distintos genotipos.

Libre de enfermedades.- Las plantas "cabeza de clon" deben estar libres de enfermedades como: roya de cafeto (*Hemileia vastatrix*), mal de hilachas (*Pellicularia koleroga*), mal de machete (*Ceratocystis fimbriata*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) y viruela (*Colletotrichum coffeanum*).

Características productivas

Producción café cereza/planta.- La producción de café cereza por planta/año debe ser alta (más de 10 kilos de café cereza/año).

Índice de frutos vanos.- El índice de frutos vanos no debe ser, en ninguna circunstancia, mayor al 5 por ciento.

Porcentaje de granos defectuosos.- El porcentaje de granos defectuosos debe ser valorado de acuerdo a la normativa establecida, procurando siempre los índices más bajos.

Maduración uniforme.- Los genotipos que tienen una época de floración intensa, más o menos concentrada, también aseguran una cosecha estacionaria y más o menos uniforme.

Relación café cereza a café oro.- La relación de café cereza a café oro deberá ser inferior a 5:1. Las relaciones café cereza: café oro más bajas son deseables.

Densidad del grano.- La densidad del grano en los materiales seleccionados debe ser mínimo de 650 gramos/litro.

Tamaño del grano.- La mayor proporción de granos, al 12% de humedad, debe ser zaranda 15 arriba ($\geq Z15$).

Características organolépticas

Sabor.- El sabor debe ser propio de la especie, con un gusto muy agradable, distintivo de un ambiente y de taza limpia.

Aroma/fragancia.- El aroma y fragancia deben ser penetrantes y agradables al sentido del olfato.

Cuerpo.- El cuerpo de la bebida debe tener rasgos distintivos, propios de la selección y del ambiente.

Características industriales

Extractabilidad.- Los genotipos seleccionados deben tener un alto grado de extractabilidad que permita obtener el mayor volumen de sólidos solubles por unidad de peso.

Contenido de cafeína.- Los genotipos deben tener un adecuado nivel de cafeína de acuerdo a la demanda. Algunas industrias prefieren niveles altos de este alcaloide que puede aprovecharse con otros fines industriales o medicinales.

2.4.2. Selección de clones de café robusta en el Ecuador

La antigua Estación Experimental "Napo Payamino" del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en la provincia de Orellana, seleccionó siete clones (8) de café robusta, considerando la producción y la arquitectura del cafeto (4). La Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP, ubicada en la provincia de Los Ríos, seleccionó cuatro clones de alta producción y cierto grado de tolerancia a los nematodos del género *Meloidogyne* (15); así como, seis "cabezas de clon" del café tipo Conilón en base de la productividad.

El Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC), en el 2007, en las fincas de los caficultores amazónicos, seleccionó 15 "cabezas de clon" de café robusta de alta producción, amplia adaptabilidad y buenas características físicas de los granos. A esto se agregó una introducción de Conilón, desde Rondonia (Brasil), en semilla.

Con este germoplasma, conformado por 32 materiales genéticos, en el 2007, se reinició la investigación en mejoramiento genético del café robusta (6). El proceso de selección de clones de café robusta permitió identificar algunos clones de alto valor genético (Cuadro 4), tanto para las zonas tropicales húmedas, como para las zonas tropicales secas.

Cuadro 4. Clones de café robusta seleccionados por el INIAP y COFENAC.

Para las condiciones de trópico húmedo	Para las condiciones de trópico seco
NP-3056	CON-ERB-01
NP-3072	COF-O-01
NP-4024	COF-O-02
NP-2024	COF-O-04
NP-3013	COF-O-05
NP-3018	COF-O-06
COF-O-01	COF-O-07
COF-O-02	NP-4024
COF-O-03	NP-2024
COF-O-06	

Fuente: AGROCALIDAD 2012.

La investigación en café robusta también fue realizada en el Ecuador, en las zonas de Quevedo y Santo Domingo de los Colorados, por la empresa NESTLÉ, hasta el año 2003, que conllevó a la selección de genotipos de alta productividad. Estos materiales genéticos no fueron liberados. En la actualidad, la referida empresa ha retomado las actividades de Investigación y Desarrollo en el cultivo de café robusta.

El Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (MAGAP), a través del Proyecto de Reactivación de la Caficultura (PRC), en la amazonia norte, seleccionó un grupo de árboles "cabezas de clon", de alto potencial productivo, que están en la fase de pruebas de campo.

La empresa privada ELCAFÉ realizó introducciones de germoplasma de café robusta desde Uganda, Brasil, Indonesia y Vietnam, a partir del 2009, especialmente a la amazonia norte, al cantón Babahoyo (Provincia de Los Ríos) y a la zona tropical seca de las provincias de Guayas y Santa Elena (Península). Este germoplasma de café *canephora*, incluido la variedad "Robusta tropical", podría servir de base para ampliar los estudios de Mejoramiento Genético.

La Universidad de la Península de Santa Elena (UPSE), la Empresa Solubles Instantáneos C.A. (SICA) y el Consejo Cafetalero Nacional (COFENAC) están evaluando nuevos materiales genéticos, seleccionados a nivel de las fincas de los caficultores, en las zonas de Manglaralto (Península de Santa Elena) y de Echeandía (Provincia de Bolívar), en la perspectiva de tener mayores opciones de selección por los atributos morfológicos, productivos, organolépticos e industriales.

2.4.3. Proceso de selección de clones

El proceso de selección de clones se inicia con la identificación, a nivel de una finca, de una colección o de un experimento, de un árbol superior en producción y otras características fenotípicas, tratando de reunir en un solo individuo todos los atributos deseables "ideotipo", definidos con claridad en el programa de mejoramiento genético. Este árbol élite, al momento de usarlo como fuente de material vegetativo (esquejes) para la propagación asexual, toma el nombre de árbol "cabeza de clon".

Las plantas derivadas del árbol "cabeza de clon" constituyen una población genéticamente uniforme; es decir, con idéntica información genética, que toma el nombre de clon. Las variaciones fenotípicas observables dentro de una población clonal cultivada se atribuyen a los efectos del ambiente (por ejemplo: heterogeneidad del suelo).

En las pruebas de clones, se comparan las poblaciones clonales. Para considerar la selección de una población clonal o clon en un ambiente determinado, hay que comparar su comportamiento fenotípico. Las características fenotípicas tienen que ser distintivas de cada clon. Esta distinción fenotípica es la expresión del genotipo; en realidad, en la naturaleza no existen dos clones idénticos, ni dos individuos idénticos.

Para definir estas características y realizar una selección adecuada, se deben hacer mediciones de los atributos cualitativos y cuantitativos; aceptando niveles razonables de riesgo y error experimental.

La población derivada por multiplicación asexual (clonación) de una planta "cabeza de clon", se denomina clon. En el Cuadro 5, se indican las características fenotípicas de algunos clones seleccionados en el Centro Experimental de Isidro Ayora. En la Foto 1, se pueden observar las diferencias entre algunos clones seleccionados. En el Cuadro 6, se indica el potencial productivo de los clones seleccionados, en las condiciones tropicales secas y un manejo intensivo que incluye riego, fertirriego, podas, entre otras labores.

Se recomienda que una parte de las plantas clonales se mantengan a nivel de una colección o banco de germoplasma para conservarlo; otra parte, se use en ensayos comparativos de clones en diversos ambientes, con diferentes alternativas de manejo (densidades, niveles de fertilización), donde se procede a seleccionar definitivamente los genotipos con mejor respuesta productiva, atributos fenotípicos y estabilidad ambiental (Figura 19).

Los clones seleccionados en pruebas regionales, se reproducen asexualmente y con esas plántulas se establecen los jardines clonales para poder disponer de suficiente material vegetativo a usarse en la multiplicación clonal masiva con fines de entrega a los productores.

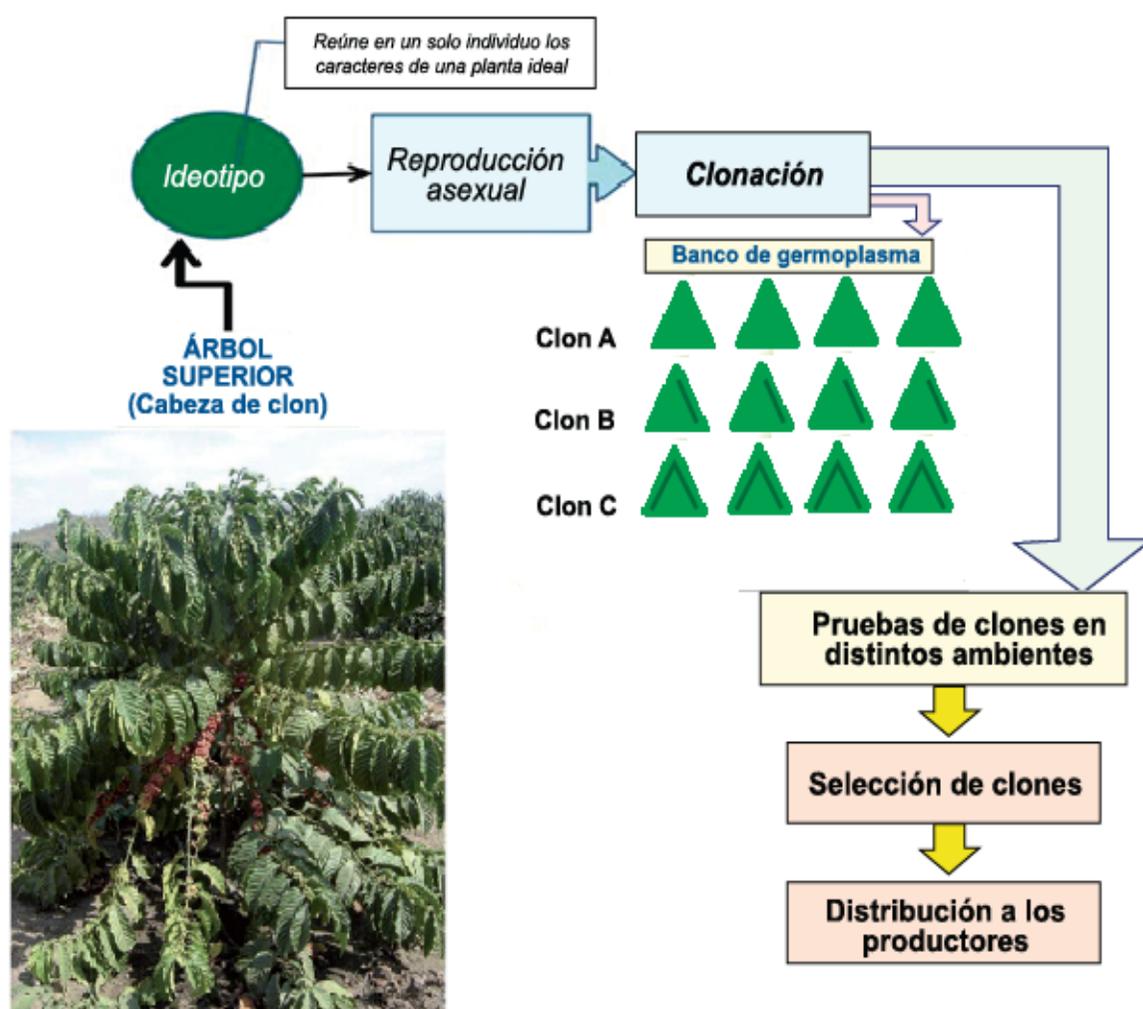


Figura 19. Esquema del proceso de selección de clones.



Foto 1. Características fenotípicas de árboles “cabezas de clon” seleccionados en el cantón Isidro Ayora. COFENAC-DUBLINSA (6).

Cuadro 5. Características fenotípicas de los árboles "cabezas de clon" seleccionados en el cantón Isidro Ayora. COFENAC-DUBLINSA.

Nº	Cabezas de Clon	Variables Agronómicas						Producción (gramos café oro /planta. Ajuste del 0,25)	Características físicas del grano		
		Altura de planta (cm)	Diámetro de copa (cm)	Longitud de rama intermedia (cm)	Número de nudos productivos /Rama	Distancia entrenudos (cm)	Defectos físicos en 300 gramos		Densidad del grano (g/litro)	Granulometría Z15≤ (por ciento)	
1	COF-01	310	198	145	25	5,0	2.135	35	789	64	
2	COF- 02	333	155	143	25	5,0	2.424	59	766	80	
3	COF- 04 (P18)	350	145	145	22	5,0	2.317	72	752	77	
4	COF-05 (P2)	375	175	165	20	5,0	2.246	53	750	79	
5	COF-06	290	177	150	27	5,0	2.151	47	750	96	
6	CON-ERB 01(P17)	280	135	110	25	4,0	2.832	70	785	60	
7	CON-ETP 01 (P11)	365	200	130	30	5,0	2.268	107	742	67	
8	NP-4024 (P15)	365	150	100	18	6,0	2.153	43	769	94	

Fuente: COFENAC - Dublinisa 2012.

Cuadro 6. Potencial productivo de clones seleccionados en el cantón Isidro Ayora, en relación a cuatro densidades poblacionales. COFENAC-DUBLINSA.

Nº	Genotipos	Distanciamientos del cafetal (m)			
		4,00 x 2,00 m	3,00 x 2,50 m	3,00 x 2,00 m	3,00 x 1,75 m
		Densidad poblacional (cafetos/ha)			
		1.250	1.333	1.666	1.905
Potencial Productivo (qq café oro/Ha)					
1	COF- 01	59	63	75	85
2	COF- 02	67	71	85	97
3	COF- 04 (P18)	64	68	81	93
4	COF- 05 (P02)	62	66	79	90
5	COF- 06 (P03)	59	63	75	85
6	CON-ERB 01 (P17)	78	83	99	113
7	CON-ETP 01 (P11)	62	66	79	90
8	NP-4024 (P15)	59	63	75	85

Nota: Ajuste del 0,25 en densidades poblacionales bajas y del 0,35 en densidades altas.

Fuente: COFENAC 2012.

Las condiciones cada vez más exigentes de un mercado global y competitivo como el del café obligan a la continua innovación. Por eso, a partir de 1991, el Cenicafe en Colombia inició trabajos en biología molecular para identificar la secuencia de la cadena de ADN en el café (3).

En Brasil, con el Proyecto Genoma CAFÉ, se logró identificar unos 37.000 genes del café en los cuales se encierran aspectos como: resistencia a enfermedades, resistencia al ataque de insectos plagas; aroma, sabor, adaptabilidad, tamaño y todas las características que se enmarcan en un ser vivo (3).

LITERATURA CONSULTADA

1. Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, EC). 2012. Manual de Procedimientos para el Registro y Certificación de Viveros en Café. Quito, EC, MAGAP. 30 p.
2. FEDERACAFÉ (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia). 1979. Manual del cafetero colombiano. Ed. H Alarcón. 4 ed. Colombia, CENICAFÉ. p. 21-32, 59-71, 107-117.
3. FEDERACAFÉ (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia). 2011. Investigación del Genoma del Café, clave para la sostenibilidad del cultivo (en línea) . Colombia. Consultado 18 dic. Disponible en <http://www.federaciondecafeteros.org/algrano-fnc-es/>
4. Chiguano, C; Játiva, M. 1998. Plantaciones clonales de café robusta en sistemas agroforestales para la amazonía ecuatoriana Francisco de Orellana, EC, INIAP. p. 11-23. (Guía Técnica INIAP).
5. Coste, R. 1955. Les cefeiers et les cafés Dans le monde. Tomo 1. Les cafeiers Ed. Larousse, Paris. s.p.
6. COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC) / Dublinsa, EC. 2012. Mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías para la producción de café robusta en el trópico seco del litoral ecuatoriano. Informe Técnico 2007-2012. Portoviejo, EC. 179 p.
7. Clifford MN; Willson, KC. 1985. Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage. American Edition. Connecticut, US. 457 p.
8. Enríquez G. 1982. Biología floral del cafeto. Curso avanzado de fitomejoramiento. Turrialba, CR, PROMECAFE, IICA/CATIE. p. 11.
9. Enríquez G. 1985. Biología Floral del Cafeto. Curso Intensivo, Escuela Agrícola Panamericana, 6 p. *Mimeografiado*.
10. Eskes, AB. 1989. Disponibilidad de variabilidad genética en café. *In* VIII Reunión Regional de Mejoramiento Genético del Café. San Pedro Sula, HN, IICA. p. 1-10.
11. Ferwerda, FP; Wit F. 1987. Genotecnia de Cultivos Tropicales Perennes. Trad. R Mosqueda. México. p. 110-135.
12. ICAFE-MAG. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. Programa Cooperativo ICAFE-MAG. San José, CR. 122 p.
13. León J; Fournier L. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba 12:65-74.

14. Rochac, A. 1964. Diccionario del café. Washington, US, Oficina Panamericana del café. 490 p.
15. Romero Romero, EF. 1999. Fuentes de resistencia al nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, en 15 clones de café robusta (*Coffea canephora* Pierre). Tesis Ing. Agr. Babahoyo, EC, Universidad Técnica de Babahoyo. 42 p.
16. Strasburger, F; Noll, F; Schenck, H; Schimper, AFW. 1960. Tratado de Botánica. Barcelona, ES, M. Marin y Cia. p. 570-572.
17. Teixeira, AL; Barros R; Rostand A. 2011. Melhoramento genético, registro e proteção de cultivares de *Coffea canephora* para o Estado de Rondônia. Rondônia, BR. 23 p.

MULTIPLICACIÓN SEXUAL Y ASEXUAL DE CAFÉ ROBUSTA



3. MULTIPLICACIÓN SEXUAL Y ASEJUAL DE CAFÉ ROBUSTA

Luis Alberto Duicela Guambi
 Willian Paul Chilán Villafuerte
 Robinson Neptalí Muñoz Pérez

El café robusta es una especie de naturaleza alogámica; por tanto, es de libre polinización, esto significa que el óvulo de una flor para ser fecundada requiere del polen de una planta distinta. Esta propiedad de la especie robusta es la causa de alta variabilidad fenotípica que se observa en los cafetales, en circunstancias en que no han sido reproducidas asexualmente sino por medio de semilla botánica. Debido a esto, cada semilla resulta ser un híbrido porque proviene de un libre cruzamiento entre dos plantas genéticamente compatibles.

En base de estas características del café robusta, se han definido dos estrategias de propagación: la una por la vía sexual y la otra por la vía asexual. La multiplicación sexual del café robusta se basa en el uso de la semilla botánica. La propagación asexual puede realizarse mediante la clonación convencional o a través de la multiplicación *In vitro*. En el presente documento se trata de la multiplicación sexual (vía semilla) y de la clonación (vía asexual).

3.1. MULTIPLICACIÓN SEXUAL DEL CAFÉ ROBUSTA

La multiplicación sexual consiste en el uso de la semilla botánica, obtenida en lotes conformados por un grupo selecto de genotipos de alto valor genético, de libre polinización. El polen de una planta (progenitor masculino) fecunda el óvulo de otra planta (progenitor femenino) y en un cafetal donde se encuentran genotipos distintos ocurre una compleja recombinación genética dando como resultado semilla de híbridos de polinización abierta.

Para asegurar que la semilla tenga alto valor genético, hay que direccionar el proceso: los clones intervinientes en el lote de multiplicación deben ser recomendados por los organismos oficiales; la polinización es libre entre todos los genotipos del lote, solo limitados por su compatibilidad genética, en caso de haberla.

En la Figura 20, se expone el esquema para la obtención de semilla de híbridos compuestos de café robusta.

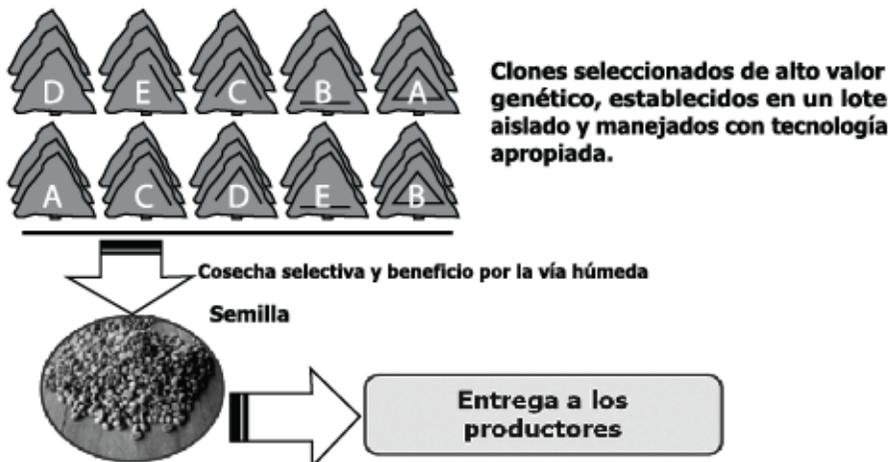


Figura 20. Esquema de obtención de semilla de híbridos compuestos.

3.1.1. Condiciones que debe reunir un cafetal destinado a la producción de semilla

Las condiciones que debe reunir el lote destinado a la producción de semilla de café robusta son las siguientes:

- Lote conformado por un mínimo de cuatro clones seleccionados con base a sus atributos productivos y otros caracteres agronómicos, sanitarios, organolépticos e industriales.
- Lote aislado, alejado de otro cafetal de origen genético desconocido o no deseado, por lo menos, a 500 metros de distancia o separado con barreras naturales (montaña), para evitar la contaminación genética.
- Eliminación física de los cafetos indeseables y fuera de tipo, antes de la emisión de polen. Esta práctica también evita la contaminación genética.
- Manejo tecnificado del cafetal para que pueda expresar su potencial productivo.
- Cosecha selectiva de frutos maduros y sanos.
- Beneficio por la vía húmeda y secado hasta el 14% de humedad.
- Selección de semilla en pergamino, eliminando los granos pequeños, defectuosos y brocados.

3.1.2. Manejo de semilleros y viveros de plántulas de café provenientes de semilla

Los aspectos esenciales a considerar en la crianza de plántulas de café robusta provenientes de semilla son: el cobertizo, la semilla, el germinador y el vivero.

El *cobertizo* es una ramada o umbráculo debajo del cual se construyen los germinadores o semilleros y se desarrollan los viveros de café. El terreno donde se construirá el cobertizo debe ser: plano y nivelado, libre de piedras y palos, de fácil acceso y cercano a las áreas de plantación definitiva (7). La estructura del cobertizo puede construirse empleando materiales de la finca como: madera, caña guadua o pambil para travesaños y pilares (7); la cubierta puede ser de hojas de palma, bijao o sarán de color negro al 65 por ciento.

El tamaño del cobertizo depende de la cantidad de plantas a reproducir. El techo del cobertizo se ubicará a una altura de 2,00 metros del suelo para facilitar las labores de manejo. El cobertizo debe proporcionar un sombreado aproximado del 65% y además tener protecciones laterales.

La *semilla* de café robusta debe provenir de lotes de genotipos con un origen genético conocido y que reúna las condiciones para tal propósito. Un kilo de semilla de café, en pergamino al 14% de humedad, contiene alrededor de 2.500 semillas/kilo, de las cuales se obtendrían alrededor de 2.200 plantas efectivas, luego de la selección sucesiva en el semillero y vivero, procurando obtener plántulas vigorosas, sanas y bien formadas (7).

Un *semillero*, germinador, almácigo o caja de germinación es el lugar donde se siembran las semillas de café para inducir la germinación y crecimiento inicial de las plantitas. El establecimiento de un semillero de café debe realizarse al inicio de la época seca o inmediatamente después de la cosecha (7). Un semillero o germinador se construye con marcos de caña guadua, tablas de madera u otros materiales, recomendándose dimensiones de un metro de ancho, 20 centímetros de espesor y por la longitud que sea necesaria, en función de la disponibilidad del terreno y los requerimientos de plántulas.

Los *germinadores* pueden ser contruidos a nivel del suelo o sobre mesones. En los dos casos debe haber una separación adecuada entre germinadores para facilitar la movilidad interna y poder hacer las labores de manejo.

Como sustrato para el semillero se recomienda usar arena de río cernida y desinfectada. Con este material se rellena el germinador hasta su máxima capacidad. Se debe prevenir la incidencia de enfermedades como el "mal del talluelo" utilizando sustratos no contaminados, desinfectando la arena mediante la "solarización", el uso de agua caliente (en estado de ebullición) o aplicando fungicidas (Captan o Benomil).

Los semilleros se pueden hacer de dos formas: la "siembra al boleó" y la "siembra en líneas". En los dos casos se colocan las semillas en el germinador de arena cernida y desinfectada.

Cuando se realiza la "siembra al boleó" se requiere hasta un kilo de semilla por metro cuadrado. Cuando se hace la "siembra en líneas" se colocan 50 semillas por metro lineal, separadas en filas de cinco centímetros, lo que equivale a 1.000 semillas/metro cuadrado.

Se realiza un riego intenso y se cubre el germinador con hojas de palma o bijao, una lámina de plástico o sacos de yute, con el propósito de proporcionar sombra y mantener la temperatura más o menos alta, condiciones necesarias para una rápida germinación.

En el semillero se realizan los riegos, deshieras y controles fitosanitarios que sean necesarios para favorecer el buen crecimiento de las plántulas. Aproximadamente a los 45 días después de la siembra las plantitas alcanzan el estado de "fosforito" y a los 60 días están en estado de "chapola" o "mariposa" (4). En este estado es adecuado realizar el trasplante al vivero.

El *vivero* es el lugar donde se desarrollan las plántulas de café hasta el momento del establecimiento en el campo. Las "camas" o "marcos" para los viveros deben tener un metro de ancho por la longitud que sea necesaria. Entre una "cama" y otra debe haber una separación de aproximadamente 30 centímetros para facilitar las labores de deshiera, riego y control fitosanitario. Para la crianza de plántulas de café se recomienda el uso de fundas de polietileno de 6x8 pulgadas, de color negro con 8-12 perforaciones (2, 7). Para la reproducción de 1.200 plantas de café, se deben construir cámaras de enraizamiento de 1,20 metros de ancho x 10,0 metros de longitud (equivale a 100 plantas/m²).

Una funda de este tamaño contiene alrededor de 1.500 centímetros cúbicos de volumen. En la actualidad hay algunas opciones de recipientes para substratos como son: tubetes, bandejas o hidropellets (jiffy). En todo caso, hay que procurar que el volumen mínimo esté alrededor de los 500 centímetros cúbicos, para asegurar un buen desarrollo vegetativo de las plántulas.

El substrato con el que se llenan los recipientes o fundas de polietileno se prepara mezclando tierra agrícola, abono orgánico y/o tierra de bosque. La tierra debe estar cernida, libre de piedras, palos y basura. El abono orgánico a usarse puede ser pulpa o cáscara de café descompuestas, compost, humus de lombriz o estiércoles descompuestos. La proporción más adecuada de tierra y abono orgánico es 3:1. Esto significa que se debe mezclar 3 volúmenes de tierra agrícola + 1 volumen de abono orgánico. Un volumen puede ser un saco, un balde o una carretilla del material.

En el caso de constatarse que la tierra agrícola es de textura arcillosa (muy pesada) se debe agregar una porción de cascarilla de arroz para mejorar la aireación y drenaje del substrato. En este caso, la proporción más adecuada es 3:1:1; es decir, 3 volúmenes de tierra + 1 volumen de cascarilla de arroz + 1 volumen de compost.

En la propagación de plantas se han probado otros substratos preparados usando turba seca, distintas fuentes de fibra vegetal (desmenuzada), enriquecidos con compost y nutrimentos.

El substrato debe ser desinfectado con agua caliente, vapor de agua, solarización o usando fungicidas. El uso de agua hirviendo en el substrato de viveros, debe hacerse previamente al llenado de los recipientes o fundas de polietileno, sobre tendales de cemento y con una remoción intensa. El uso de vapor de agua para desinfectar los substratos también hay que hacerlo antes del llenado de los recipientes o fundas de polietileno, con equipos especiales y en ambiente controlado.

La "solarización" es un método que puede aplicarse antes o después del llenado de las fundas de polietileno o de los recipientes, que consiste en cubrir el substrato o las cámaras con las fundas de polietileno, bandejas o tubetes con substrato con una lámina de plástico transparente durante una o varias semanas. La acción directa de los rayos solares sobre el plástico, incrementa la temperatura en la masa del substrato que tiene un efecto desinfectante (elimina hongos y mata las semillas de las malezas). La adición de una proporción de ceniza o cal, también contribuye a mejorar la calidad del substrato.

La desinfección de los substratos también puede realizarse usando fungicidas químicos como Captan³ (3), aplicado de 3 a 7 días antes de la siembra de los "esquejes", en dosis de 2,5 gramos/litro de agua, con una regadera o una bomba aspersora manual.

Cuando se usan los Jiffypellets (Jiffy) no se requiere de recipientes para el substrato ni desinfección alguna; pues, es una tecnología limpia que se basa en el uso de turba deshidratada, recubierta de un empaque biodegradable (Foto 2).

³ El Captan es un fungicida protectante, que contiene 800 gramos del ingrediente activo Captan/kilo de producto.

Una opción complementaria, es la aplicación del hongo benéfico *Trichoderma harzianum* a nivel de vivero, que permite obtener altos porcentajes de emergencia de plántulas y mayores dimensiones en longitud de la raíz, altura de la plantita y diámetro del tallo; así como, número de hojas y vigor de la planta (6).

El *trasplante desde el semillero hacia las fundas de polietileno*, debe hacerse en estado de "chapola". Se deben usar solo las "chapolas" de café que tengan un sistema radical normal, bien formado y sano; descartándose todas aquellas plantitas que tengan raíces deformes o enfermas. Para esta labor, primero se realiza un riego ligero en las fundas que contienen el sustrato, luego con un "chuzo" de palo se realiza un hoyo en la parte central de la funda con una profundidad de 10 a 12 centímetros.

En la colocación de la "chapola" en el hoyo de la funda, debe cuidarse de que la raíz quede en una correcta posición, se añade la tierra alrededor y se presiona para que no queden espacios internos. La chapola debe enterrarse hasta el nivel del "cuello"; es decir, hasta el punto de unión entre el sistema radical y el tallito. Una vez concluida la labor de trasplante se realiza un riego intenso.

La propagación del café robusta por semilla, también puede realizarse a través de la "siembra directa". Se pueden colocar las semillas de café robusta directamente en las fundas de polietileno conteniendo sustratos enriquecidos, en tubetes de plásticos (forma cónica), en bandejas plásticas destinadas para viveros, en vasos de distinto volumen. El volumen mínimo recomendable que debe tener un recipiente destinado a la crianza de plántulas es de 500 centímetros cúbicos.

Cuando las plántulas han alcanzado un porte adecuado (antes de la emisión del primer par de ramas), se recomienda un arreglo de las fundas en hileras dobles. En cada "cama" de un metro de ancho, se organizan tres hileras dobles con una separación de aproximadamente 10 centímetros. Esta práctica favorece un crecimiento uniforme de las plántulas, de otra manera, las plántulas ubicadas hacia el centro del vivero crecerían en longitud pero con un diámetro del tallo muy delgado.

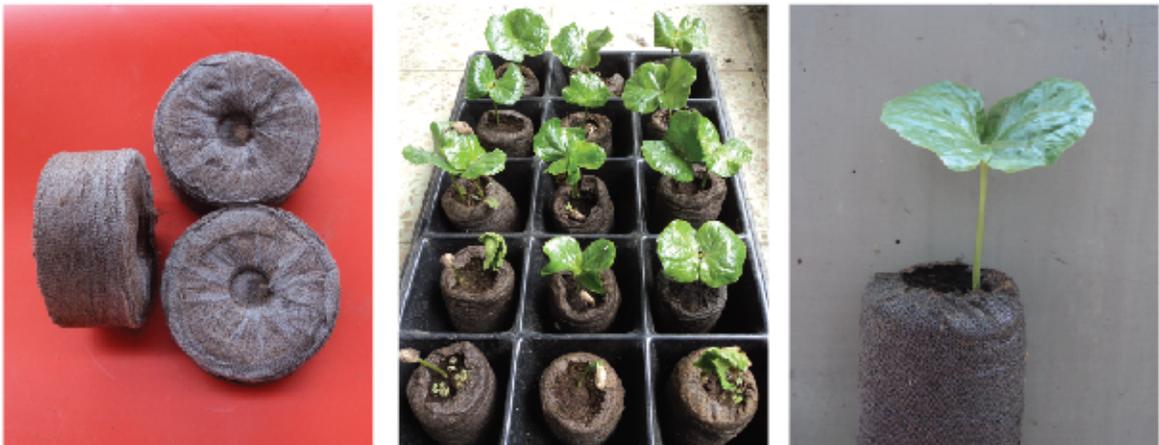


Foto 2. Uso de Jiffypellets para la crianza de plántulas de café.

3.2. PROPAGACIÓN CLONAL DE CAFÉ ROBUSTA

La propagación asexual de café robusta, a nivel del productor, debe realizarse solo de los genotipos seleccionados y recomendados por los organismos oficiales que garanticen la pureza genética y los atributos productivos.

Para realizar la clonación se requiere tener una "cabeza de clon" o un jardín clonal. Una "cabeza de clon" es un cafeto que reúne en un solo individuo todas o la mayor parte de las características deseables en un genotipo selecto. Clon es la población que se deriva, mediante reproducción asexual, de un solo individuo llamado "cabeza de clon". En tanto que "Jardín clonal" es un lote conformado por uno o más clones selectos destinados a proveer material vegetal para la propagación asexual.

3.2.1. Preparación de la "cabeza de clon" o del jardín clonal

La "cabeza de clon" o las plantas del jardín clonal, deben prepararse con antelación para favorecer la inducción de brotes ortotrópicos. Esta preparación incluye la "recepta de los cafetos" o el "agobio de los tallos" (2). Este último método permite obtener una mayor cantidad de brotes útiles para la reproducción clonal.

El procedimiento para preparar las plantas, mediante el agobio de los tallos, es el siguiente:

- Deshierbar el cafetal, realizando una chapia a 5 centímetros de altura del suelo, dejando esparcidas las malezas cortadas, como cobertura vegetal muerta.
- Eliminar las ramas del cafeto en preparación, dejando alrededor de 6 ramas, ubicadas en la parte apical.
- Eliminar los tallos débiles y deformes de las plantas multicaules.
- Realizar el agobio de los mejores tallos, anclándolos al suelo, con el uso de una cuerda y estacas o el uso de un "gancho".
- Abonar el cafetal aplicando básicamente nitrógeno (compost, biol, caldo microbiano u otros fertilizantes nitrogenados) para favorecer la emisión de brotes ortotrópicos.
- En suelos con pH debajo de 5, 6 se debe aplicar cal agrícola en dosis de 250 a 500 gramos/planta agobiada, esparcida en corona.

A los 30 o 40 días, las plantas agobiadas empiezan a emitir los brotes. Luego de 70 y 120 días después del agobio, los brotes estarán listos para la recolección y uso en la clonación. Se recomienda realizar una preselección de brotes, eliminando aquellos deformes, raquíuticos, de yemas incompletas y con pocas hojas (2).

3.2.2. Cámara de enraizamiento de ramillas

La "cámara de enraizamiento" es el sitio donde se colocarán inicialmente las fundas de polietileno, en bandejas o en tubetes conteniendo el substrato enriquecido para la "siembra" de las ramillas o esquejes. Esta cámara de enraizamiento debe tener condiciones de humedad y temperatura adecuadas para favorecer la emisión de nuevos brotes y de raíces (2).

Las cámaras de enraizamiento deben estar separadas, unas de otras, a una distancia de aproximadamente 40 centímetros.

La estructura de la cámara está conformada por un marco que delimita su tamaño, normalmente de 1,00 a 1,20 metros de ancho por la longitud que sea necesaria; además del soporte de la cubierta y el plástico transparente con que se cubre la cámara.

El marco se construye con caña guadua o tablas de madera. El soporte de la cubierta se construye con tiras de caña, ramas de café o tubos PVC de ½ pulgada, en forma de arco, con una longitud adecuada que permita tener una altura de 80 centímetros en el centro. Como cubierta, se coloca un plástico térmico UV transparente de 0,08 micras de 3 metros de ancho por la longitud que sea necesaria de acuerdo al tamaño de la "cámara de enraizamiento".

Para la reproducción de 1.200 plantas de café, se deben construir cámaras de enraizamiento de 1,20 metros de ancho x 10,0 metros de longitud (equivale a 100 plantas/m²). Las condiciones de fundas de polietileno o recipientes para la propagación clonal de café robusta son similares a las referidas en la propagación por semilla (sexual).

3.2.3. Proceso de multiplicación clonal

Los brotes estarán en condiciones de ser enraizados desde los 70 hasta los 120 días después del agobio. Unos 15 días antes de la recolección de brotes, se deben eliminar los brotes defectuosos y realizar un despunte apical y de las ramas laterales, de los brotes sanos y vigorosos, con la finalidad de darles mayor consistencia (Fotos 3 y 4).

A las fundas llenas con el substrato enriquecido y dispuestas ordenadamente en la "cámara de enraizamiento", se proporciona un riego hasta el nivel de saturación.

El proceso de "enraizamiento de ramillas" o esquejes es el siguiente (2):

- Se cortan los brotes ortotrópicos de las plantas agobiadas o recepadas de café robusta (cabeza de clon o jardines clonales), en las primeras horas de la mañana o últimas horas de la tarde, usando una tijera de podar.
- El brote, fuente de esquejes, debe tener un color verde intenso y una consistencia semileñosa.
- Se cortan los brotes en pequeñas secciones, conteniendo un nudo con su respectivo par de hojas. El corte en la parte superior del esqueje debe realizarse por encima del nudo, sin dañar las "yemas" vegetativas. El corte en la parte inferior del esqueje debe realizarse a 3-5 centímetros del nudo, ligeramente en bisel.
- El par de hojas del nudo, se corta por la mitad, usando una tijera, para reducir la transpiración del esqueje y facilitar las labores.
- No utilizar más de tres esquejes por brote. Los nudos de la parte terminal del brote no son utilizados porque son demasiado tiernos y tienen poca consistencia.
- Los esquejes preparados pueden sumergirse en una solución (2 gramos/litro de agua) del fungicida Captan, por un tiempo no mayor a 15 minutos; pues si permanece por mayor tiempo se reduce la capacidad de enraizamiento.

- El uso de una hormona de enraizamiento, como Hormonagro 1 o Raizagro, es opcional. Estos productos contienen ácido naftalenacético o ácido indolbutírico (3). Al corte basal del esqueje (debajo del nudo), se adhiere una pizca del producto hormonal (1 gramo/10 esquejes), para favorecer la formación de callos y raíces. También, al producto hormonal se puede agregar una pequeña porción de agua para formar una pasta acuosa, la cual se aplica en el corte basal del esqueje; en este caso, con 1 gramo de producto hormonal alcanza para aplicar a 30 esquejes (100 gramos/3.000 esquejes).
- Para el trasplante del esqueje, se realiza un hoyo en la parte central de la funda, de 3 a 5 centímetros de profundidad, usando "chuzo" de madera, de tamaño apropiado.
- Inmediatamente, se coloca el esqueje con la hormona adherida a la parte basal, en el centro del hoyo, de manera vertical, hasta el nivel del nudo; se presiona suavemente alrededor, para no dejar "bolsas de aire".
- Concluida la labor de "siembra" de los esquejes, se cubre la cámara de enraizamiento con una lámina de plástico transparente, dejando el primer día descubierto los extremos del túnel para regular los posibles excesos de humedad.
- Al día siguiente de la "siembra de los esquejes" se sella herméticamente la cámara de enraizamiento.

Cuando se constata una reducción de la humedad dentro de la cámara, se la destapa y se procede a regar cuidadosamente con una regadera. Luego, se vuelve a cubrir la cámara con la lámina plástica.

En los casos de exceso de humedad, se evidencia la presencia de algas y musgos sobre el sustrato. En estos casos se deben abrir los extremos de la cámara para permitir la aireación. Posteriormente se vuelve a cubrir con la lámina plástica.

Entre los 45 y 60 días, se observa la brotación de las yemas, ubicadas en los nudos de los esquejes. Paralelamente a la brotación ocurre la emisión de las raíces, a partir de los callos de los esquejes (2).

3.2.4. Aclimatación de las plantas clonales

La aclimatación de las plantas clonales puede ser realizada en dos formas: por destape progresivo de la cámara de enraizamiento o por aclimatación directa de las plántulas.

En el primer caso, el proceso de aclimatación de clones se inicia luego de 60 a 75 días después de "la siembra" de los esquejes y consiste en destapar progresivamente la cámara de enraizamiento (retirar el plástico), por una hora el primer día, por 2 horas el segundo día y así sucesivamente hasta completar las 8 horas al octavo día. A partir del noveno día, se mantiene la cámara de enraizamiento completamente descubierta (3).

La aclimatación directa consiste en observar el comportamiento de las plántulas en las cámaras de enraizamiento y retirarlas progresivamente, a partir de los 60 días, constatándose que hayan formado hojas nuevas y raíces, para colocarlas en forma ordenada, en hileras dobles, en una platabanda fuera de la cámara de enraizamiento pero dentro del cobertizo.

Luego de la fase de aclimatación de las plántulas se realiza el mantenimiento del vivero, aplicando un conjunto de labores necesarias para asegurar una buena calidad de plántulas.

3.2.5. Labores culturales en el vivero de café

Las labores culturales en los viveros de café robusta, tienen el propósito de dar las condiciones favorables para el crecimiento sano y vigoroso de las plantitas de café; siendo fundamentales las siguientes: riego, control de malezas, control de plagas, control de enfermedades y fertilización.

Riego.- Los riegos en los viveros deben efectuarse periódicamente, según las necesidades hídricas de las plántulas, evitándose la falta y los excesos de agua (8).

Control de malezas.- Las malezas compiten con las plántulas de café por espacio, agua, luz y nutrientes; además, crean condiciones predisponentes para el ataque de algunas plagas insectiles y patógenos. Por consiguiente, se recomienda realizar, de manera periódica la eliminación manual de las malezas, procurando mantener el vivero siempre deshierbado. En los casos de escases de mano de obra para el deshierbado se puede usar el herbicida selectivo cuyo ingrediente activo es el Oxyfluorfen⁴.

Control de plagas insectiles.- En los viveros de café, eventualmente, se observan daños por insectos-plaga del follaje como: gusanos defoliadores, minador de la hoja, escamas, cochinillas, arrieras y trips. En estos casos se recomienda el uso de insecticidas biológicos preparados con Nim (1); así como, el uso de insecticidas químicos a base de Clorpirifos o Cipermetrina.

Control de enfermedades foliares.- Las enfermedades más comunes de los viveros de café son: mal de talluelo, mal de hilachas y mancha de hierro. Las medidas preventivas son: desinfección del substrato, el abonamiento periódico, las deshierbas oportunas, el riego controlado y la regulación de la luminosidad interna del vivero. El uso de caldo microbiano y biol, enriquecido con hierbas aromáticas y balanceados con vinagre ayudan a prevenir la incidencia de enfermedades (4, 1). En casos específicos se puede usar fungicidas como: Captan, Benomil o Clorotalonil. No se deben usar fungicidas a base de cobre porque hay evidencias de que provocan malformaciones del sistema radical.

Fertilización.- La fertilización en el vivero empieza con el uso de substratos enriquecidos para el llenado de fundas. Este substrato puede ser enriquecido con la incorporación en la mezcla de roca fosfatada, de caldo de yeso o de SULPOMAG, en dosis de 3 a 5 gramos/funda. En el vivero de café, se pueden realizar aplicaciones de abonos químicos u orgánicos, de acuerdo a las recomendaciones específicas para cada caso (Cuadro 7).

⁴. Goal (I.A. Oxyfluorfen).

Ordenamiento del vivero.- El vivero es el lugar donde se desarrollan las plántulas de café robusta hasta el momento del establecimiento en el campo. Las fundas conteniendo las plántulas deben ser colocadas ordenadamente en hileras dobles, con unos 20 centímetros de separación. Las platabandas de los viveros deben estar separadas a una distancia de 30 a 40 centímetros entre ellas. Esta labor facilita la realización de las labores culturales y crea condiciones favorables para un desarrollo homogéneo y vigoroso de las plántulas de café.

3.3. CARACTERÍSTICAS DE LAS PLÁNTULAS DE CAFÉ PARA EL ESTABLECIMIENTO EN EL CAMPO

Las plántulas de café, después de 4 meses de permanencia en el vivero, tendrán al menos un par de ramas, un tallito grueso lignificado y un sistema radical sano y abundante, que es el estado apropiado para su establecimiento en el campo definitivo.

3.4. COSTOS DE LA MULTIPLICACIÓN CLONAL DE CAFÉ ROBUSTA

En el Cuadro 8, se indican los costos referenciales para la propagación clonal de 300.000 plántulas de café robusta, en tres ciclos de reproducción; esto significa viveros con la capacidad de propagar 100.000 plántulas/ciclo. En este análisis se considera que los materiales como sarán, plástico, tubos de PVC; así como, el sistema de riego, se amortizan en tres ciclos de crianza de plantas. En base de este modelo se calculó el costo de 31 centavos de dólar por plántula clonal de café robusta.



Plantación clonal de café robusta



Maduración uniforme



Preparación de cabezas de clon



Preparación de brotes



Construcción de cobertizo



Cámaras de enraizamiento



Aclimatación de plantas



Plantas clonales de café robusta

Foto 3. Preparación de árboles "cabezas de clon" y manejo de viveros.



Insumos para la clonación



Preparación material de siembra



Preparación de esqueje



Aplicación de hormona



Siembra de esquejes



Cámaras de enraizamiento

Foto 4. Proceso de clonación de café robusta.

Cuadro 7. Alternativas de fertilización en viveros de café.

Abonos	Unidad	Dosis	Estado de la plántula	Preparación del abono	Frecuencia de aplicación	Observación
Urea	gramos/litro	5,0	Amarillamiento de las hojas	Disolver el abono previo a la aplicación	Aplicar al follaje, cuando la plántula tenga un par de hojas y 35 días antes del establecimiento en el campo. La aplicación de urea debe combinarse con otras alternativas.	El sustrato debe estar húmedo. Para la aplicación, se puede usar una bomba aspersora manual o una regadera. También se puede aplicar manualmente en el sustrato (3 gramos/planta).
Sulfato de amonio	gramos/litro	10,0	Retraso en el crecimiento	Disolver el abono, dejando en agua desde el día anterior	Aplicar al sustrato, inmediatamente de la constatación del retraso en el crecimiento de la plántula, alternado con el SULPOMAG.	El sustrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual "sin la boquilla" para poder dirigir el "chorrito" al sustrato.
SULPOMAG	gramos/litro	5,0	Retraso en el crecimiento	Disolver el abono, dejando en agua desde el día anterior	Aplicar al sustrato, inmediatamente de la constatación del retraso en el crecimiento de la plántula, alternado con el sulfato de amonio.	El sustrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual "sin la boquilla" para poder dirigir el "chorrito" al sustrato.
Abono foliar con micro elementos	centímetros cúbicos/litro	2,0-3,0	Síntomas de deficiencias de micro elementos	Disolver el abono previo a la aplicación	Aplicar al follaje, inmediatamente de la constatación de las deficiencias de micronutrientes. Realizar hasta tres aspersiones a una frecuencia quincenal.	El sustrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual "sin la boquilla" para poder dirigir el "chorrito" al sustrato.
Abono completo: 10-30-10 18-46-0 15-15-15	gramos/planta	3,0 a 5,0	Fortalecer el crecimiento	Aplicar el abono en corona, alrededor de la plántula	Aplicar al sustrato a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El sustrato debe estar húmedo. Se debe realizar manualmente aplicando el abono, en corona, alrededor de la plántula.
Biol	centímetros cúbicos/litro	50,0	Fortalecer el crecimiento	Disolver el abono previo a la aplicación	Aplicar al follaje y al sustrato a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El sustrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual (con la boquilla) o una regadera, para asperjar sobre el follaje y el sustrato.
Caldo microbiológico	centímetros cúbicos/litro	50,0	Fortalecer el crecimiento	Disolver el abono previo a la aplicación	Aplicar al sustrato a una frecuencia mensual, combinado con otras alternativas	El sustrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual "sin la boquilla" para poder dirigir el "chorrito" en el sustrato.

Cuadro 8. Costos de la multiplicación clonal de 100.000 plántulas de café robusta por ciclo.

Materiales	Unidad	Costo Unitario US\$	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3		Total (dólares)
			Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	
Caña guadua o pambil	Postes	3,00	250	750	0	0	0	0	750
Alambre liso Nº 12	Kilos	3,00	30	90	0	0	0	0	90
Sarán negro 65% (4,20 x 100 m)	Rollo	260,00	10	2.600	0	0	0	0	2.600
Plástico UV, 3 m x 300 m x 0.08 micras	Rollo	275,00	10	2.750	0	0	0	0	2.750
Tubo PVC, 6m x 0,5" para estructura de las cámaras	Tubo	6,00	200	1.200	0	0	0	0	1.200
Nivelación del área de terreno	Hora máquina	50,00	10	500	0	0	0	0	500
Carretillas	Carretilla	60,00	2	120	0	0	0	0	120
Abre hoyos	Abre hoyo	25,00	2	50	0	0	0	0	50
Palas	Pala	30,00	2	60	0	0	0	0	60
Barra	Barra	30,00	1	30	0	0	0	0	30
Rastrillo	Rastrillo	12,00	2	24	0	0	0	0	24
Tinas plásticas	Tinas	10,00	4	40	0	0	0	0	40
Gavetas plásticas	Gavetas	10,00	10	100	0	0	0	0	100
Mesa de trabajo	Mesa	50,00	1	50	0	0	0	0	50
Tijeras de podar (Felco)	Tijera	32,00	10	320	0	0	0	0	320
Tijeras de sastre	Tijera	5,00	10	50	0	0	0	0	50
Guantes de látex	Guantes	0,50	100	50	0	0	0	0	50
Mascarilla quirúrgica cónica	Mascarilla	0,25	100	25	0	0	0	0	25
Navaja de injertar	Navaja	20,00	1	20	0	0	0	0	20
Bomba de mochila	Aspersor	130,00	2	220	0	0	0	0	220
SUBTOTAL 1.				9.049		0		0	9.049

Sistema de riego	Unidad	Costo Unitario	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3		Total (dólares)
			Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	
Bomba de agua de 2"	Bomba	800,00	1	800	0	0	0	0	800
Tanque plástico de 2.200 litros de volumen	Tanque	500,00	1	500	0	0	0	0	500
Instalación riego: aspersores y tubos	Sistema	750,00	1	750	0	0	0	0	750
SUBTOTAL 2.				2.050		0		0	2.050

Insumos y Fertilizantes	Unidad	Costo Unitario US\$	Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3		Total (dólares)
			Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	
Abono orgánico (compost)	Saco 45 kg	7,00	370	2.590	370	2.590	370	2.590	7.770
Abono completo NPK	Saco 50 kg	35,00	20	700	20	700	20	700	2.100
Hormonagro 1	Kilo	20,00	10	200	10	200	10	200	600
Fungicida (Captan)	Kilo	17,00	8	136	8	136	8	136	408
Promotor de enraizamiento (Rootmost)	Litro	15,00	10	150	10	150	10	150	450
Oxifluorfen (Goal-herbicida)	Litro	36,00	1	36	1	36	1	36	108
Tierra agrícola - substrato	Volquetada	100,00	10	1.000	10	1.000	10	1.000	3.000
Fundas de Polietileno 6X8"	Millar	8,00	100	800	100	800	100	800	2.400
Esquejes de café robusta	Esqueje	0,10	125.000	12.500	125.000	12.500	125.000	12.500	37.500
SUBTOTAL 3.				18.112		18.112		18.112	54.336

Mano de Obra	Unidad	Costo Unitario	Ciclo 3		Ciclo 2		Ciclo 3		Total (dólares)
			Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	
Construcción de cobertizo y vivero	Jornal	10,00	30	300	15	150	15	150	600
Llenado de fundas y adecuación en cámara	Millar	22,00	100	2.200	100	2.200	100	2.200	6.600
Construcción de cámaras de enraizamiento	Jornal	10,00	5	50	5	50	5	50	150
Clonación de café robusta - Procedimiento	Jornal	10,00	100	1.000	100	1.000	100	1.000	3.000
Fertilización y control fitosanitario	Jornal	10,00	20	200	20	200	20	200	600
Adecuación de fundas en hileras dobles	Jornal	10,00	50	500	50	500	50	500	1.500
Riego	Jornal	10,00	20	200	20	200	20	200	600
Control de malezas	Jornal	10,00	75	750	75	750	75	750	2.250
Acompañamiento técnico	Mes	450,00	8	3.600	8	3.600	8	3.600	10.800
SUBTOTAL 4.				8.800		8.650		8.650	26.100

TOTAL (Dólares)				38.011		26.762		26.762	91.535
Número de plantas clonales por ciclo				100.000		100.000		100.000	300.000
Costos Por Plántula				0,38		0,27		0,27	0,31

Nota: No se considera el costo de alquiler del terreno. Los costos de los materiales y sistema de riego se amortizan en tres ciclos de reproducción de plántulas.

LITERATURA CONSULTADA

1. Duicela Guambi, LA; Corral Castillo, R; Cedeño Guerra, L; Chóez Tenorio, F; Romero Romero, F; Palma Ponce, R; Fernández Anchundia F; Macías Navarrete, A; Farfán Talledo, D; Ramírez, J; Zambrano Azúa, L; Reyes Pilay, J; Farfán Talledo, D; Aveiga Zambrano, T. 2003. Tecnologías para la producción de café arábigo orgánico. Manta, EC, COFENAC, PROMSA. p. 233-263.
2. Duicela Guambi, LA; Corral Castillo, R; Fernández Anchundia, F; Macías Navarrete, A; Muñoz, R; Shiguango, D. 2009. Reproducción de plantas de café robusta. Manta, EC, COFENAC, PKR, CORPEI. 16 p.
3. Duicela, LA; Corral, R; Muñoz, R. Vergara, L. Romero, F. 2012. Multiplicación clonal de café robusta: Guía práctica para viveristas. Manta, EC, COFENAC, SICA. 16 p. (Boletín divulgativo nº 11).
4. Edifarm & Cía. 2008. Vademécum Agrícola 2008. Eds. CJ Falconi; F Galvis. 10 ed. Ecuador. p. 204-235-563. (Serie P.D.R.).
5. Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. p. 19-40, 49-53, 80-93.
6. Guilcapi P, ED. 2009. Efectos de la *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en la producción de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra a nivel de vivero. Tesis Ing. Agr. Riobamba, EC, ESPOCH. 86 p.
7. Sotomayor Herrera, I; Duicela Guambi, L. 1988. Manual práctico de semilleros y viveros de café. Eds. F Mite; F Amores; M Moreira; J Vera. 2 ed. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. 46 p.

ESTABLECIMIENTO DE CAFETALES



4. ESTABLECIMIENTO DE CAFETALES

*Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi
William Paul Chilán Villafuerte
Patricio Neptalí Vera Vera*

El establecimiento de cafetales se refiere al proceso de renovación o nuevas siembras usando plántulas propagadas en viveros, preparando el terreno y estableciendo el cultivo con base a la aplicación de las alternativas tecnológicas orientadas a asegurar una alta productividad (Foto 5).

La *renovación* consiste en la sustitución de un cafetal viejo o improductivo por una nueva plantación, usando genotipos mejorados y tecnologías apropiadas de manejo. La *nueva siembra* de café se refiere al establecimiento del cafetal en áreas donde no había este cultivo (5). En los dos casos, se debe tomar en consideración un conjunto de recomendaciones técnicas relacionadas con los siguientes aspectos:

- Genotipos de alto valor genético.
- Propagación de plántulas en el vivero.
- Densidad poblacional.
- Diseño del cafetal.
- Preparación del terreno.
- Fertilización básica.
- Forma de plantar los cafetos.
- Resiembra del cafetal.
- Manejo tecnificado del cultivo.

4.1. GENOTIPOS DE ALTO VALOR GENÉTICO

Los genotipos de café robusta a usarse en el establecimiento de cafetales, propagados por la vía sexual (semilla) o asexual (clones), deberán reunir varias condiciones como: Registro en el organismo oficial; aptos para ecosistemas específicos y propagados en viveros certificados.

4.2. PROPAGACIÓN DE PLÁNTULAS EN EL VIVERO

Las plántulas de café para su establecimiento en el campo, deben tener un buen desarrollo vegetativo, especialmente en las características: altura de la planta, diámetro del tallito, número de hojas y al menos un par de ramas plagiotrópicas.

Las plántulas antes de ser llevadas al campo, se deben someter a un período de aclimatación que consiste en retirar progresivamente la cubierta del cobertizo, hoja de palma o sarán, exponiendo poco a poco al ambiente natural para inducir el endurecimiento de los tejidos y su adaptación.

Al momento de trasladar las plántulas al sitio definitivo, hay que tomarlas cuidadosamente por la base de las fundas, evitando la disgregación del "pan de tierra", el "maltrato" de la plantita o la pérdida de hojas (2).

4.3. DENSIDAD POBLACIONAL

La densidad poblacional hace referencia al número de plantas a establecer por unidad de superficie (normalmente una hectárea), situación que depende de los distanciamientos entre plantas y entre hileras (2).

Por ejemplo: Calcular la densidad poblacional de un cafetal para distanciamientos de 3 metros entre hileras y 2 metros entre plantas:

Producto de las distancias entre hileras x entre plantas (H x P) = 3 x 2 = 6 m²

Área de la unidad de superficie sobre la cual se va a calcular (A) = 10.000 m²

Densidad poblacional = A/(H x P) = 10.000 m²/6 m² = 1667 plantas/hectárea.

La densidad poblacional se refiere al número de plantas/hectárea de un cultivo. La densidad poblacional se define en función de las características fenotípicas del clon o material de siembra, especialmente de la altura de la planta y del diámetro de la copa. Se recomiendan densidades poblacionales altas cuando los genotipos son de porte bajo (Cuadro 9). En todos los casos hay que prever que habrá "fallas" en la fase de establecimiento por lo que hay que estimar un 10% adicional de plántulas para hacer las "resiembras" oportunamente.

Cuadro 9. Densidades poblacionales recomendadas para los diferentes clones de café robusta.

Material de propagación	Distancias (metros)		Densidad poblacional (cafetos/hectárea)
	Entre hileras	Entre plantas	Plantas / Hectárea
Clones de porte bajo: COF-06, CON ERB-01 (13,17) y otros genotipos de Conilón	3,00	2,00	1.666
	3,00	1,75	1.905
	3,00	1,50	2.222
Clones de porte medio: CON ERB-01 (14,20), COF-01 (02), COF-02 (15) y otros genotipos de robusta	3,00	2,50	1.333
	3,00	2,25	1.481
	3,00	2,00	1.666
Clones de porte alto: COF-03 (11,17,18), ETP-3564-2 (10), CON-ETP 05 (09) y otros genotipos de robusta	3,00	3,00	1.111
	3,00	2,75	1.212
	3,00	2,50	1.333

4.4. DISEÑO DEL CAFETAL

El diseño de la plantación consiste en la indicación gráfica de la forma como se establecerá el cafetal a nivel de campo, los arreglos espaciales; las especies de sombra temporal y permanente; los cultivos asociados en la fase de crecimiento y la densidad poblacional del cafetal (1, 2).

Los arreglos espaciales son el indicativo de la distribución de los cafetos en el campo, considerando la topografía del terreno, y la asociación de cultivos en el corto (maíz, maní, arroz, fréjol), mediano (plátano, papaya, yuca) y largo plazos (árboles frutales, maderables y de servicios ambientales). El cafetal con plátano como sombra temporal y con cultivos de ciclo corto es una práctica de uso eficiente del suelo. Al diseñar el cafetal se calcula la densidad poblacional de los cafetos y de las otras especies asociadas (2).

Un elemento fundamental en el diseño de un cafetal es tomar en cuenta la topografía del terreno. En un terreno plano o con ligera pendiente se debe establecer el cafetal en rectángulo o en forma triangular (Figura 21). La densidad poblacional estará en función de las características del fenotipo. En la Figura 22, se indica un diseño de cafetal en terreno plano.

En los terrenos de ladera hay que considerar los grados de pendiente o gradiente (3) para planear el establecimiento del cafetal. El grado de la pendiente es la inclinación del terreno respecto del nivel horizontal teórico, tomado como referencia. La pendiente es un factor restrictivo del uso de la tierra; pues, solo debe cultivarse café hasta una gradiente máxima de 45 grados (2). Los terrenos con pendientes mayores a 45 grados deben ser usados para la siembra de árboles de valor comercial y de conservación.

En los terrenos con gradientes pronunciadas se deben establecer los cafetales en "curvas a nivel", esto significa que las hileras del cafetal deben estar en posición perpendicular a la pendiente; además, la distribución de los cafetos debe estar en forma triangular (tres bolillo) (Figura 23).

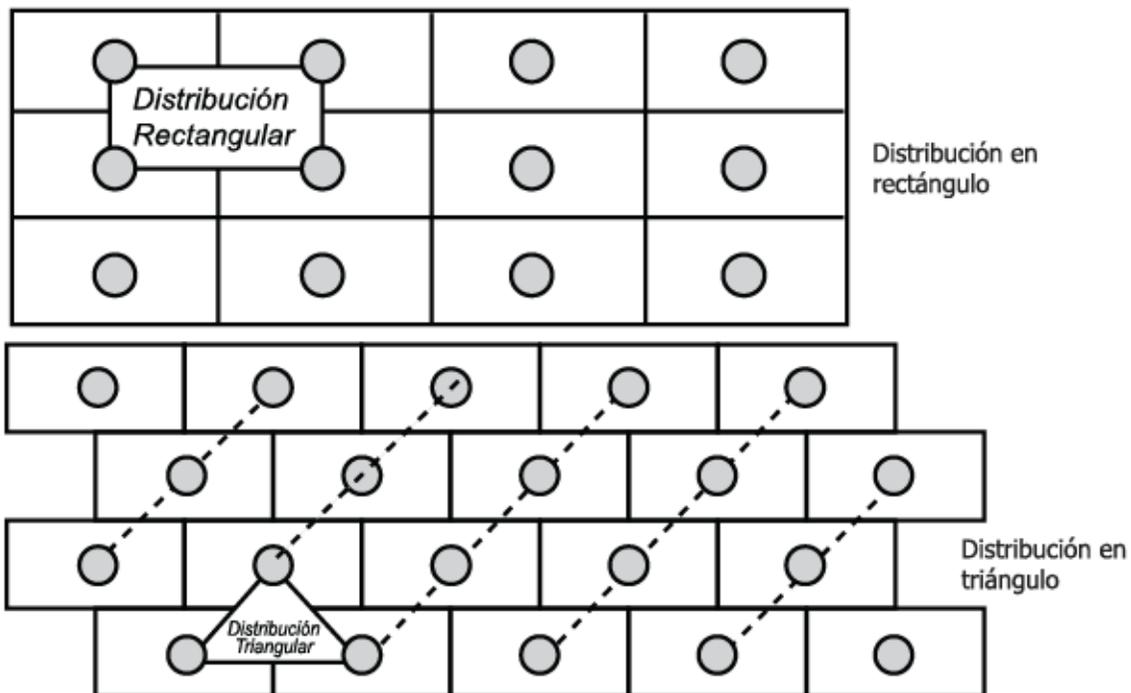


Figura 21. Formas de distribución de los cafetos en el terreno.

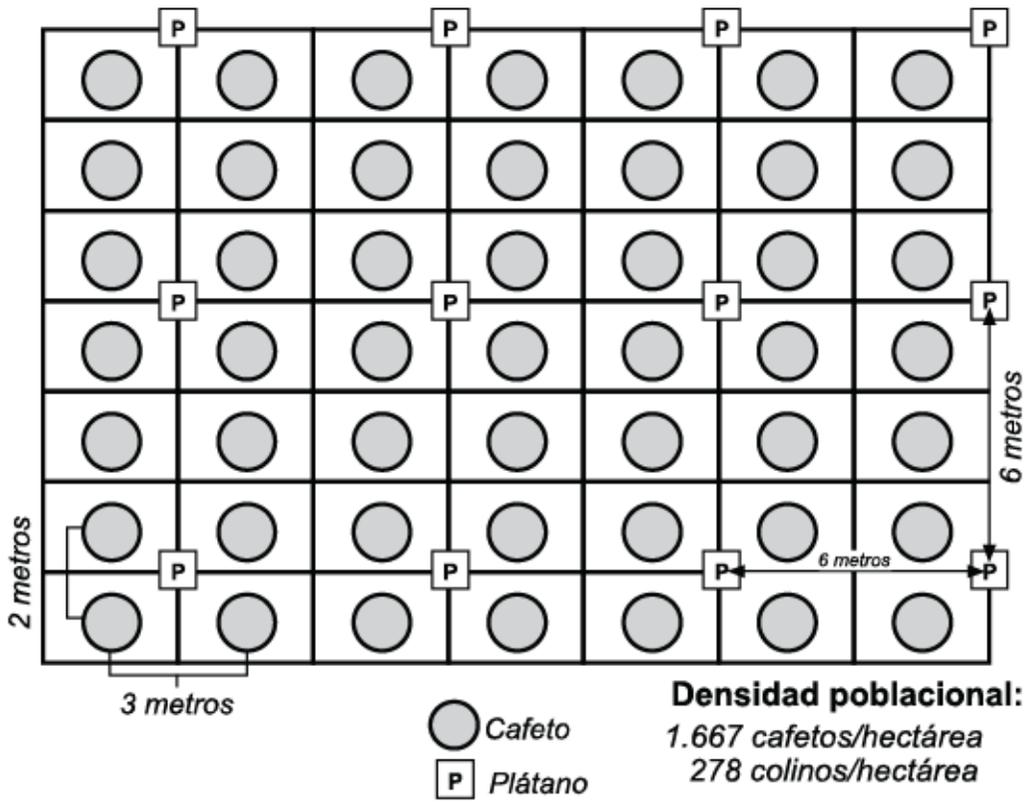


Figura 22. Diseño del cafetal en un terreno plano.

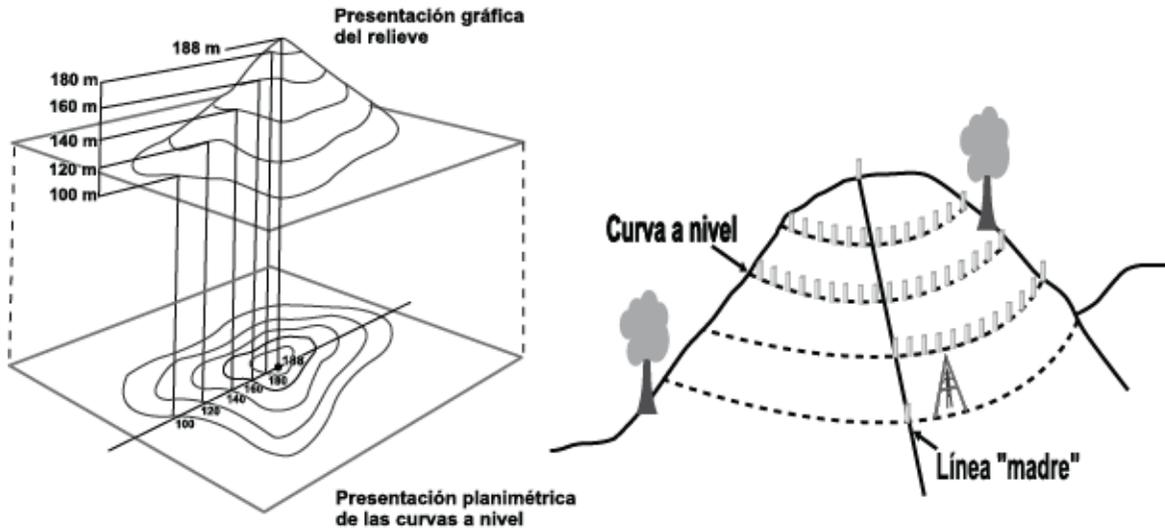


Figura 23. Trazado en "curvas a nivel" usando un agrónivel.

Para determinar la gradiente de un terreno se usa el clinómetro⁵, con el cual se realiza una lectura directa de los grados de pendiente (2).

Para usar el clinómetro se procede de la siguiente manera:

- Ubicarse en un "punto de interés" del terreno con pendiente.
- Colocar una piola a lo largo de la pendiente o un pedazo de tabla plana sobre el terreno de ladera.
- Colocar sobre la piola o la tabla el clinómetro y realizar la lectura directa de los grados de inclinación en el graduador.
- Repetir los pasos anteriores a fin de tener varias mediciones y luego calcular el promedio de la gradiente.

4.5. PREPARACIÓN DEL TERRENO

El terreno donde se va a cultivar café debe reunir las condiciones apropiadas de suelo y clima para asegurar un buen desarrollo vegetativo y productivo de los cafetos. Las acciones de preparación del terreno son: toma de muestra del suelo para análisis químico, eliminación del cafetal viejo, destronque o tumba de los árboles no deseables, deshierba, trazado, balizado y apertura de hoyos.

Trazado y balizado del terreno

El **trazado** es la indicación de los puntos donde se ubicarán los cafetos; así como, de la forma (rectangular o triangular), en plano o en "curvas a nivel". El **balizado** es la colocación de señales en los sitios del trazo del futuro cafetal, usando estacas o latillas de caña guadua u otros materiales, que se conocen como "balizas".

El trazado y balizado para cafetales en terrenos planos puede ser de los siguientes tipos: trazado en cuadrado, en rectángulo, en hilera doble o en triángulo. El trazado y balizado para establecer cafetales en terrenos de ladera debe hacerse en "curvas a nivel" y con una distribución triangular.

Apertura de hoyos

Los hoyos deben realizarse en los puntos del balizado, junto a las "marcas" o "balizas" hechas con estacas o "latillas". Los hoyos se hacen con herramientas como: abre hoyos manual, abre hoyos motorizado, azadón, pala o palín. Para facilitar la apertura de hoyos, el suelo debe estar ligeramente húmedo.

Los hoyos deben tener las siguientes dimensiones: 30 x 30 x 30 centímetros (largo, ancho y profundidad). Cuando se usa abre hoyos motorizado, el diámetro y la profundidad deberán tener 30 centímetros.

4.6. FERTILIZACIÓN BÁSICA AL ESTABLECIMIENTO

La fertilización básica es la práctica de aplicar abonos al momento de plantar los cafetos en el campo. Se recomienda realizar la toma de muestras de suelo para el análisis químico, antes de este momento, en la perspectiva de realizar las enmiendas que fuesen necesarias y adicionar los nutrimentos realmente deficientes.

⁵. El clinómetro es un graduador de dibujo adaptado a un tablero con plomada.

Si el suelo donde se va a establecer el cafetal tuviese un pH menor de 5,6; al momento de plantar los cafetos, se deberá añadir una porción de cal agrícola, ceniza o roca fosfatada. En el caso de tener suelos con una fuerte carencia de azufre, al momento de plantar los cafetos, se puede incorporar una porción de sulfato de calcio (yeso agrícola).

La aplicación de 100 a 150 gramos/hoyo del abono químico 10-30-10, 18-46-0 ó 15-15-15, de preferencia mezclado con una porción de compost, de 1 a 2 kilos/hoyo, contribuye al buen desarrollo inicial del cafetal (Cuadro 10).

Cuadro 10. Recomendaciones para la fertilización básica de los cafetos.

Abonos	Unidad	Dosis/hoyo	Procedimiento
18-46-0 10-30-10 15-15-15-6-7 12-35-12 13-26-6 15-30-15-1-1 8-20-20-6-7	gramos	100-150	Recoger la tierra superficial, negruzca y rica en materia orgánica, junto al hoyo de 30 x 30 centímetros. Incorporar uno de los abonos químicos indicados y/o el abono orgánico. Adicionar la cal, yeso o ceniza al montículo.
Estiércoles descompuestos; compost, humus de lombriz, subproductos de la industria del café	gramos	1.000-2.000	Mezclar e incorporar tierra enriquecida, una parte al fondo, hasta un nivel adecuado, según la longitud del "pan de tierra". Colocar la plántula con el "pan de tierra", sin la funda, cuidando de que el "cuello" quede prácticamente al nivel del terreno.
Cal, yeso agrícola o ceniza	gramos	50-100	Agregar el resto de la tierra enriquecida alrededor de la plántula, apisonando ligeramente para no dejar "bolsas de aire". Arrimar "mantillo" alrededor de la plántula trasplantada

4.7. FORMA DE PLANTAR EL CAFETO

Para plantar el cafeto hay que sacar la funda plástica sin destruir el "pan de tierra", que debe estar ligeramente húmedo. Las raíces que se encuentren fuera de la funda, hacia la parte inferior, deben podarse, cortando con un machete, un cuchillo, una navaja o una tijera de podar.

En el proceso de plantar el cafeto, se debe colocar primero una parte de la tierra enriquecida, con el abono químico u orgánico mezclado, al fondo del hoyo, hasta que el filo del hoyo coincida con el nivel del "cuello" de la plántula (4). Se coloca cuidadosamente la plántula en el centro del hoyo y se agrega la tierra enriquecida hasta el nivel del "cuello", apretando fuertemente a su alrededor, evitando dejar "bolsas de aire" internas que pueden ocasionar la muerte del cafeto (1, 2, 3).

Una práctica complementaria consiste en colocar una porción de la cobertura vegetal seca (mantillo) alrededor de la parte basal del cafeto (2).

También se puede usar acolchados, cubriendo el suelo, alrededor de los cafetos, con una lámina de plástico de color negro. Cuando se usa riego por goteo, esta lámina deberá cubrir los goteros y toda la hilera de cafetos. Esta práctica tiene significativos beneficios en la conservación de la humedad del suelo, en la mantención del equilibrio de la temperatura, en el control de malezas y en la prevención del ataque de ciertas plagas insectiles.

4.8. RESIEMBRA DEL CAFETAL

La resiembra es la práctica de reponer las plántulas que por diversas circunstancias no lograron sobrevivir a nivel de campo con la finalidad de homogenizar la población del cafetal.

Aunque la resiembra puede efectuarse en cafetales de cualquier edad, se recomienda hacerlo durante el primer año.

La época adecuada para resembrar cafetales es la época lluviosa. Para la resiembra hay que usar plantas sanas, vigorosas y bien formadas, reproducidas a nivel de vivero.

4.9. MANEJO TECNIFICADO DEL NUEVO CAFETAL

La implementación de prácticas de conservación de suelo, fertilización con abonos orgánicos y/o químicos, control integrado de problemas fitosanitarios, manejo ecológico de malezas, uso de coberturas vivas, de mantillo o acolchados, regulación de sombra del cafetal, poda de los cafetos y riego, entre otras prácticas culturales, favorecen el crecimiento y productividad de los cafetales.



Clinómetro artesanal



Determinación de la pendiente del terreno



Trazado del terreno



Trazado en curvas a nivel



Hoyos de 30 x 30 x 30 cm



Aplicación de cal o yeso agrícola



Fertilización básica



Cafeto plantado

Foto 5. Establecimiento de cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

1. Duicela G, L; Sotomayor H, I. 1993. Establecimiento de cafetales. *In* Manual del cultivo del café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 65-77.
2. Duicela Guambi, LA. 2012. Manejo Sostenible de Fincas Cafetaleras. Portoviejo, EC, COFENAC, ANECAFE, CFC, OIC. p. 43-142.
3. FEDERACAFÉ (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia). 1979. Manual del cafetero colombiano. Ed. H Alarcón. 4 ed. Colombia, CENICAFÉ. p. 21-32, 59-71, 107-117.
4. Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
5. Villaseñor Luque, A. 1987. Caficultura Moderna en México. Ed. A Sáenz. Texcoco, MX, Sáenz Colín y Asociados. p. 133-155.

ASOCIACIÓN TEMPORAL Y PERMANENTE DEL CAFETAL



5. ASOCIACIÓN TEMPORAL Y PERMANENTE DEL CAFETAL

*Luis Alberto Duicela Guambi
William Paul Chilán Villafuerte*

Después del establecimiento del cafetal, hasta los 18-24 meses de edad, se pueden aprovechar los espacios entre hileras, sembrando guandul, cultivos de ciclo corto (maíz, maní, arroz, fréjol) u otras especies como plátano, banano o papaya (6).

La siembra de otras especies frutales, en asociación con el cafetal (Foto 6), también es viable, organizándolos en diversos "arreglos espaciales" (6).

5.1. ASOCIACIÓN DE CAFETALES CON GUANDUL

La siembra de fréjol de palo o guandul (*Cajanus cajan*), como sombra provisional de un cafetal en crecimiento, es una práctica beneficiosa para el suelo y el cafetal. La época más apropiada para la siembra del guandul es hacia el término de la época lluviosa; crece rápidamente con la humedad remanente del suelo y protege los cafetos de las insolaciones fuertes que ocurren durante la época seca.

Si no se protegen los cafetos en crecimiento con el follaje denso del guandul, las insolaciones y cualquier deficiencia de agua pueden provocar una alta mortalidad de los cafetos (1, 3).

Al inicio de la nueva época lluviosa, el guandul debe cortarse, repicarse y colocarse en los espacios entre hileras del cafetal, en forma de acolchado o mantillo, como una práctica de aporte de biomasa que al descomponerse proporciona nutrimentos a los cafetos; conserva la humedad y temperatura del suelo, e impide el desarrollo de las malas hierbas.

Durante la época lluviosa, un cafetal no requiere de la sombra de guandul ni de ninguna otra especie asociada, requiere de luminosidad intensa para poder potenciar la fotosíntesis, asimilar los nutrimentos, aprovechar la humedad, formar tejidos nuevos (ramas y hojas) y desarrollar los frutos.

5.2. ASOCIACIÓN DE CAFETALES CON CULTIVOS DE CICLO CORTO Y HORTALIZAS

Durante el crecimiento de los cafetales, el cultivo de especies de ciclo corto (maíz, maní, fréjol y arroz) u hortalizas (tomate, pimiento, sandía) en los espacios entre hileras constituye una práctica de uso eficiente del suelo, en la perspectiva de favorecer al cultivo principal, a través del laboreo de los cultivos asociados, y de asegurar alimentos para la familia y el mercado local (3, 4, 5).

5.3. ASOCIACIÓN DE CAFETALES CON PLÁTANO O GUINEO

La asociación temporal de cafetales con plátano o guineo permite un aprovechamiento eficiente del terreno en los primeros dos años del crecimiento del cafetal.

El plátano y guineo requieren de una alta cantidad de agua y de nutrimentos para un buen desarrollo, por lo que se recomienda sembrar al inicio de la época lluviosa (2). En las zonas donde el agua es escasa no se recomienda la siembra de musáceas.

El cultivo de plátano o de guineo se inicia con la selección de un buen material de siembra, la limpieza y desinfección del colino con fungicida, la aplicación de abono completo a la siembra; la fertilización planificada, las deshierbas, el deshoje y deshije oportuno permitirá obtener buenas cosechas (2, 3, 4, 5).

5.4. ASOCIACIÓN DE CAFETALES CON FRUTALES

Los cafetales también se pueden asociar con frutales, considerando los "arreglos espaciales" (distribución en el campo), la selección de las especies apropiadas, las condiciones de suelo, las labores de cultivo y las circunstancias del mercado (3, 4).

Un cafetal puede asociarse con frutales como: papaya o maracuyá, en un ordenamiento espacial adecuado, siempre que haya suficiente humedad y se proporcionen los cuidados necesarios al cultivo de café.

Otros frutales como: naranja, limón, mandarina, chirimoya o aguacates solo deben establecerse en los linderos de los cafetales o en franjas separadas a distanciamientos apropiados (Por ejemplo: cada 50 metros sembrar dos hileras de frutales perennes). En esta modalidad de asociación agroforestal, también se pueden cultivar especies arbóreas con objetivos comerciales o de conservación.

Las asociaciones intensivas del cafetal y especies frutales en sistemas de policultivos estarán en función de la fertilidad del suelo, de la precipitación, de la humedad y de las contingencias del mercado (2).



Árboles en los linderos



Sistemas agroforestales



Cafetal con plátano



Cafetal con malanga



Cafetal con arroz



Cafetal con maíz

Foto 6. Asociación de cafetales con algunos cultivos.

LITERATURA CONSULTADA

1. COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC). 2012. Mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías para la producción de café robusta, en el trópico seco del Litoral Ecuatoriano. Informe Técnico. Portoviejo, EC, COFENAC, Dublinsa. 179 p.
2. Duicela G, L; Sotomayor H, I. 1993. Establecimiento de cafetales. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 65-75.
3. Duicela Guambi, L; Corral Castillo, R; Fernández Anchundia, F. 2001. Producción de café arábigo: Guía para el caficultor ecuatoriano. Portoviejo, EC, COFENAC. 98 p.
4. Duicela Guambi, LA. 2012. Manejo Sostenible de Fincas Cafetaleras. Portoviejo, EC, COFENAC, ANECAFE, CFC, OIC. p. 43-142.
5. Duicela Guambi, LA; Cárdenas Chamba, V; Chóez Tenorio, F; Palma Ponce, R; Chilán Villafuerte, W. 2004. Asociación temporal y permanente de cultivos. *In* Caficultura orgánica: alternativa de desarrollo sostenible. Portoviejo, EC, COFENAC, PROMSA. p. 61-65.
6. Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.

RIEGO EN CAFETALES



6. RIEGO EN CAFETALES

*Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi
Willian Paul Chilán Villafuerte*

El riego es la práctica de proporcionar agua a los cafetos supliendo la ausencia de lluvias en las fases de crecimiento o de producción. El riego tiende a asegurar una relación entre agua-planta-suelo-atmósfera adecuada, en función del desarrollo fenológico de los cafetales.

El balance hídrico de un cultivo es el equilibrio que existe entre la cantidad de agua absorbida y la cantidad de agua que se pierde por transpiración y evaporación; la suma de las dos formas de pérdida de agua se llama evapotranspiración. El balance hídrico contabiliza las ganancias de agua por la lluvia o riego y las pérdidas por evaporación, escorrentía, drenaje profundo y la variación del almacenamiento de aguas en el suelo (3, 11, 12).

Cuando la transpiración es mayor que la absorción ocurre el déficit hídrico y el balance se torna desfavorable para la planta (3, 10). Los factores que inciden en la absorción de agua y en la transpiración también inciden en el balance hídrico y tiene efectos directos sobre el crecimiento y la producción del cafetal.

Una posible escasez de agua o un exceso de agua, en cualquiera de las fases de desarrollo del cultivo, puede causar pérdidas parciales o totales en las cosechas (2).

6.1. REQUERIMIENTOS DE AGUA EN LOS CAFETALES

Un agricultor debería estimar el momento en que los cafetos tienen la real necesidad de agua; es decir, debe identificar el punto de "capacidad de campo" de un suelo. En este momento, hay que proporcionar entre 60 y 100 milímetros de agua, simulando una lluvia intensa; en dos o tres ocasiones por mes. También se puede experimentar, en las localidades donde se cultiva café, diferentes "láminas de agua" y evaluar su efecto sobre el crecimiento y producción. Esta es la mejor opción, pero implica mayores inversiones en investigación.

El riego en el cultivo de café robusta, es particularmente importante para inducir la floración y favorecer el desarrollo de los frutos (5), en los meses subsiguientes. Una precipitación anual de 2.000 a 3.000 milímetros, bien distribuida en el año, es considerada óptima para la producción de café robusta (11). Una precipitación anual de 2.000 milímetros, se considera adecuada para café robusta.

Se insiste en que el agricultor de cada localidad debe aprender a manejar el agua en forma eficiente; es decir, conocer la calidad de agua de riego, la cantidad que requieren los cafetales, la frecuencia de riego y el método de aplicación más conveniente en los aspectos económicos y ambientales.

Para determinar la necesidad de agua se puede apoyar también en las plantas indicadoras, que tienen un sistema radical especial; pues, si estas plantas inician la marchitez, por ligera que sea, es un indicio de falta de humedad en el suelo. Es muy difícil hacer una recomendación de las plantas indicadoras, pues estas son muy diferentes en cada localidad. También hay un sistema de calibración electrónico con trozos de yeso, enterrados en el suelo a diferentes profundidades que determinan la falta de agua por medio de la conductibilidad eléctrica.

También se puede medir por medio de filtros, que permiten el paso de gas a una columna de agua, con lo cual se puede conocer el momento en que ya no pasa agua por el filtro; es decir; cede el paso al aire. Hay otros sistemas más sofisticados para determinar la necesidad de agua de un suelo, pero que deben ser manejados por personas entrenadas en estos métodos; pues, es importante estudiar los ambientes para mejorar la economía del uso del agua. En estas zonas hay otros problemas a considerar, especialmente si el café no está bajo sombra adecuada, puesto que los requerimientos de agua y materia orgánica son muy altos, debido a la rápida descomposición de la materia orgánica que provoca una baja rápida de la fertilidad que obliga a la adición de mayores cantidades de abonos minerales, con el consecuente aumento de los costos de producción.

Las necesidades de agua también están relacionadas con la textura y estructura del suelo, la cantidad y distribución de las lluvias y el estado fenológico del cultivo de café. Los suelos francos tienen una mediana capacidad de retención de agua, la cual se incrementa a medida que aumenta la proporción de arcilla o disminuye si se incrementa la proporción de arena (8, 9).

En un cafetal en crecimiento es importante asegurar la sobrevivencia de las plantas durante la época seca. En este propósito se debe aplicar riegos durante los meses secos; pero esta práctica no daría resultados satisfactorios y habría una alta proporción de plantas muertas si no se protegen los cafetos de la intensa radiación solar que ocurre durante la época seca, usando una sombra de rápido crecimiento (provisional) como el fréjol de palo (*Cajanus cajan*) y cubriendo los espacios entre hileras del cafetal con mantillo o acolchados a base de residuos vegetales (5).

Cuando los cafetales están en la etapa de producción, resulta conveniente, después de la cosecha, someter a los cafetos a un breve estrés, por un período de tres meses e inmediatamente después proporcionar un riego intenso para inducir la floración.

La floración ocurre con las lloviznas que ocurren en forma natural o cuando se proporciona riego en el cafetal. Es fundamental proporcionar agua para asegurar el buen desarrollo inicial de los frutos (6).

La fertirrigación en los cafetales ha permitido obtener incrementos significativos en los rendimientos, siempre que las decisiones de fertilización estén basadas en los análisis químicos del suelo y en el análisis foliar, para proporcionar los nutrimentos, en la cantidad y oportunidad adecuadas. Cabe destacar que los diferentes elementos minerales están en estrecha interacción. Por ejemplo: una alta concentración de un nutrimento puede influir en una mayor eficiencia de otro o en la manifestación de ciertas deficiencias (10).

Además, para decidir el riego se requiere de información sobre el agua disponible, el agua no disponible, la capacidad de campo, el punto de marchitez permanente y el agua gravitacional.

El agua disponible se refiere a la porción de agua almacenada en el suelo que puede ser absorbida por las raíces de las plantas y corresponde a la humedad total retenida entre la "capacidad de campo" (1/3 atmósferas) y el "punto de marchitez permanente" (15 atmósferas).

El agua no disponible es el agua retenida en el suelo con una fuerza superior a la capacidad que tienen las raíces para extraerla y que fluye libremente por los poros del suelo (0 atmósfera).

La "capacidad de campo", se refiere a la cantidad máxima de agua que un suelo puede almacenar (aproximadamente cuando el 50% de los poros del suelo están llenos de agua).

El "Punto de marchitez permanente" es el límite inferior de cantidad de agua en el suelo aprovechable por las plantas.

El agua gravitacional es aquella que drena libremente en el suelo debido a la fuerza de la gravedad, arriba de la "capacidad de campo" (15).

6.2. ÉPOCA Y FRECUENCIA DE RIEGO

La época de riego, la cantidad de agua que requiere un cafetal y la frecuencia de irrigación, se decide en base de la siguiente información:

Precipitación óptima para el cultivo.- Se obtiene en la literatura especializada y por la experiencia del productor.

Precipitación anual en la localidad.- Se obtiene de los registros de una estación meteorológica cercana.

Déficit de agua.- Es la diferencia entre la precipitación requerida por el cultivo y la precipitación real de la localidad.

Meses ecológicamente secos.- Esta información se obtiene de los productores de la localidad o en base de un diagrama ombrotérmico.

Meses teóricos de necesidad de agua.- Se basa en la fenología del cultivo; los cafetos necesitan de un "período de descanso" para estimular la formación de las yemas florales, luego de lo cual, para que ocurra la floración se requiere de lluvia; posteriormente se requiere de agua para favorecer el desarrollo de los frutos.

Meses con lluvia.- La información de los meses con lluvia o de los días lluviosos y su intensidad se obtiene en las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI).

Densidad poblacional.- Para planear el riego se requiere, además, conocer la densidad poblacional del cultivo.

La cantidad óptima de riego en cafetales, varía según el tamaño de las plantas. Las necesidades de agua son mayores en la etapa de desarrollo de los frutos y prácticamente no se requiere de agua en el período de "descanso de la planta", que ocurre después de la cosecha.

Cuando el cafetal tiene una adecuada sombra y cobertura con mantillo, resultan apropiadas, las aplicaciones de 20 litros/planta de una a dos veces/semana, en la etapa de crecimiento; y de 40 litros/planta de una a dos veces/semana, en la etapa de producción.

Los cafetos pueden tolerar períodos cortos de sequía, siempre y cuando el suelo tenga buena reserva de humedad. Una falta prolongada de agua en el cafetal provoca pérdidas en la producción y afecta la calidad del producto (7).

Una técnica que permite identificar el período seco se basa en la interpretación de la relación entre precipitación y temperatura media, en un período anual. Esta técnica se conoce como "Diagrama ombrotérmico" de Gaussen que se construye considerando que la cantidad de precipitación es inferior a dos veces el valor de la temperatura media.

Para su representación, en el eje X se ubican los doce meses del año; en el eje Y1 se ponen las precipitaciones medias mensuales (mm) y en el eje Y2 las temperaturas medias mensuales (°C). La escala de las precipitaciones debe ser el doble de la temperatura. Esto es, por cada un °C en temperatura media, le corresponde dos milímetros de precipitación.

En la Figura 24, se indica el diagrama ombrotérmico referencial para la zona de Isidro Ayora, elaborada en base de la información de la Estación Meteorológica de la Universidad de Guayaquil (5).

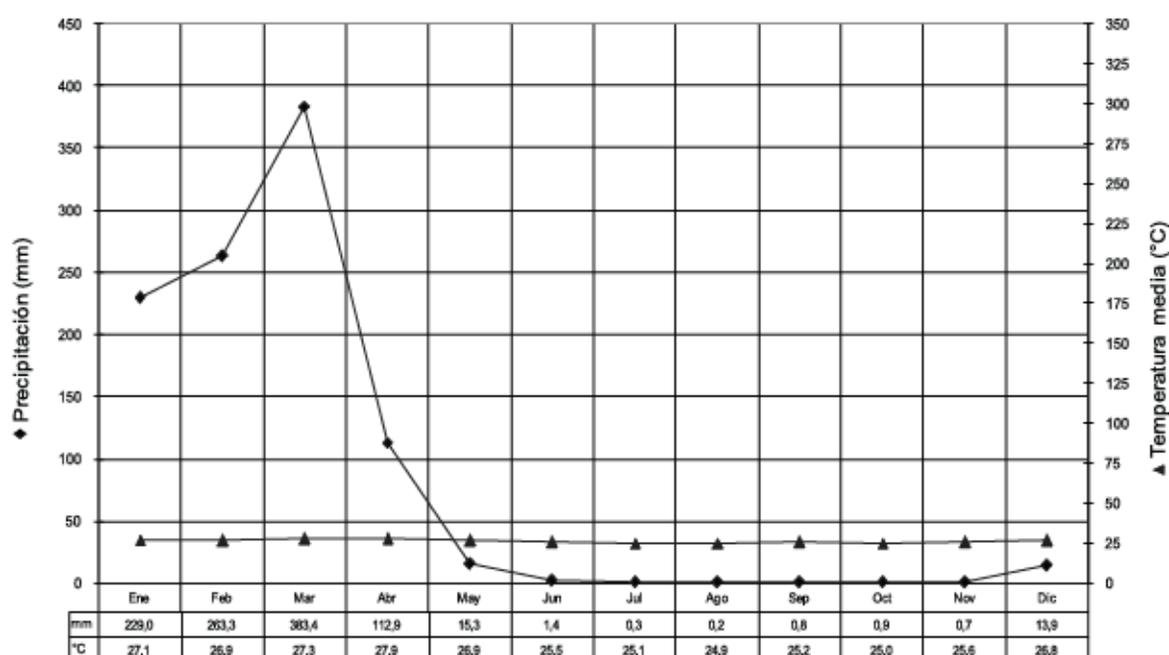


Figura 24. Diagrama Ombrotérmico. Estación Meteorológica Universidad Estatal de Guayaquil (INAMHI 2005-2009).

6.3. SISTEMAS DE RIEGO

Los sistemas de riego usados en la caficultura son: riego por gravedad, riego por aspersión y riego por goteo.

6.3.1. Riego por gravedad

Para el riego por gravedad, el agua ubicada en la parte alta de la parcela, recorre a lo largo de surcos movida por la energía gravitatoria y progresivamente se va infiltrando en el suelo (2). Para lograr una correcta aplicación debe mantenerse los reservorios o canales de distribución en buenas condiciones, al igual que los pozos de agua. Si existe un problema de desniveles dentro del área de riego, se puede usar pequeños equipos de bombeo para conducir el agua a través de tuberías desmontables (2).

Los riegos por gravedad, en terrenos con más de cinco grados de pendiente provocan una intensa erosión hídrica, con el menor descuido en el manejo del agua. En consecuencia, los riegos por gravedad solo pueden recomendarse en terrenos que tienden hacia planos, pero con un control del volumen de agua con que se riegue. También se puede realizar riegos por gravedad, si existe la infraestructura de canales, que sirvan tanto para riego como para drenaje del exceso de agua.

La frecuencia de aplicación de riego dependerá del clima, tipo de suelo y cobertura vegetal existente en la superficie. De manera general, en la época seca, si hubiera pocas horas de sol, la frecuencia podría ser de dos semanas; si hubiera muchas horas de sol, la frecuencia de riego podría reducirse a una semana o menos.

6.3.2. Riego por aspersión

El riego por aspersión es más eficiente que el riego por gravedad. El sistema de aspersión permite aprovechar de mejor manera el agua. Su distribución en el cultivo depende del diseño y la capacidad del equipo de bombeo para abastecer al sistema (4, 16). Para cubrir las necesidades del cultivo, en la época seca es necesario irrigar de 5 a 10 horas por semana.

6.3.3. Riego por goteo

El riego por goteo proporciona agua en el sistema radical, de manera dirigida, para favorecer el desarrollo de los cafetos. El agua se conduce desde el depósito o la fuente de abastecimiento a través de tuberías y en su destino se libera gota a gota, justo en el lugar donde se ubica la planta.

El agua se infiltra en el suelo produciendo una zona húmeda restringida a un espacio concreto, vertical y horizontal, formando lo que se denomina el "bulbo" de humedad (16). El auténtico avance del riego por goteo ha sido mantener la humedad necesaria en la zona radical de cada planta, y sólo en esa zona. Por consiguiente, no se moja todo el suelo sino sólo la parte necesaria para el desarrollo de las raíces. Ese bulbo húmedo variará, según las características del suelo, la cantidad de agua y el tiempo de constante goteo (16).

En la Foto 7, se indican algunas prácticas de riego en viveros y en cafetales en crecimiento.

6.4. PROCEDENCIA DEL AGUA DE RIEGO

Para el riego en los cafetales se debe usar aguas procedentes de ríos, drenajes naturales, pozos profundos o vertientes. No se permite el uso de aguas servidas de los centros poblados ni las aguas residuales de procesos industriales.

El agua de riego debe tener un pH de 6,5 a 7,5; es decir, prácticamente neutro, con poca o ninguna turbidez, sin contaminantes físicos, químicos o biológicos. Una buena práctica es determinar la calidad del agua para regadío⁶ en base de muestras de agua, tomadas en los afluentes principales y en la entrada de los canales de riego.

El INIAP, a través de sus laboratorios especializados, ha establecido patrones de comparación que permiten decidir si un agua en particular tiene o no restricción para su uso en el riego (15).

El muestreo de agua para riego se realiza basándose en un protocolo específico y en las recomendaciones del laboratorio como: usar botellas nuevas y limpias, usar guantes en el proceso, realizar el prelavado del envase, entre otros aspectos. Para la identificación del envase debe emplearse un adhesivo que contendrá la siguiente información: nombre del predio, código del predio, tipo del afluente y fecha de muestreo (18).

La muestra de agua debe ser enviada al laboratorio el mismo día en que se realiza la recolección. Si existiera algún inconveniente para el envío, esta debe ser refrigerada (no congelada) hasta el día del envío al laboratorio. El análisis de laboratorio indicará la presencia o no de organismos que pueden causar algún daño al ser humano o de algún contaminante químico. Si los resultados dados por el laboratorio demuestran que existe presencia bacteriológica, química o de metales pesados que atenten a la salud, se deberá usar otra fuente segura de agua para riego (18).

En el Cuadro 11, se indican los valores establecidos para determinar la dureza del agua, en un análisis químico.

Cuadro 11. Valores establecidos para la determinación de la dureza del agua.

Dureza	Concentración en partes por millón (ppm)	
	2,5 (Ca ⁺⁺) + 4,1 (Mg ⁺⁺)	Ca CO ₃
Blanda	<17,1	70-140
Ligeramente dura	17,2-51,3	140-220
Moderadamente dura	51,4-119,7	220-320
Dura	119,8-179,5	320-540
Muy dura	>179,5	>540

Fuente: Motato *et al.* 2009.

⁶. Los análisis de agua deben realizarse en laboratorios acreditados para este propósito.

6.5. FERTIRRIEGO

La aplicación de fertilizantes sólidos o líquidos, disueltos en el agua, a través de riego presurizado, se llama fertirrigación o fertirriego. El uso de esta tecnología en la producción de café tiene algunas ventajas (13), como las siguientes:

- Dosificación racional de fertilizantes.
- Ahorro considerable de agua.
- Nutrición óptima del cultivo.
- Mejora de la calidad del producto.
- Automatización de la fertilización.
- Las cantidades y las concentraciones de los fertilizantes son fácilmente controlables.

En la Figura 25, se puede observar un esquema del sistema de fertirrigación, aplicable al cultivo de café.

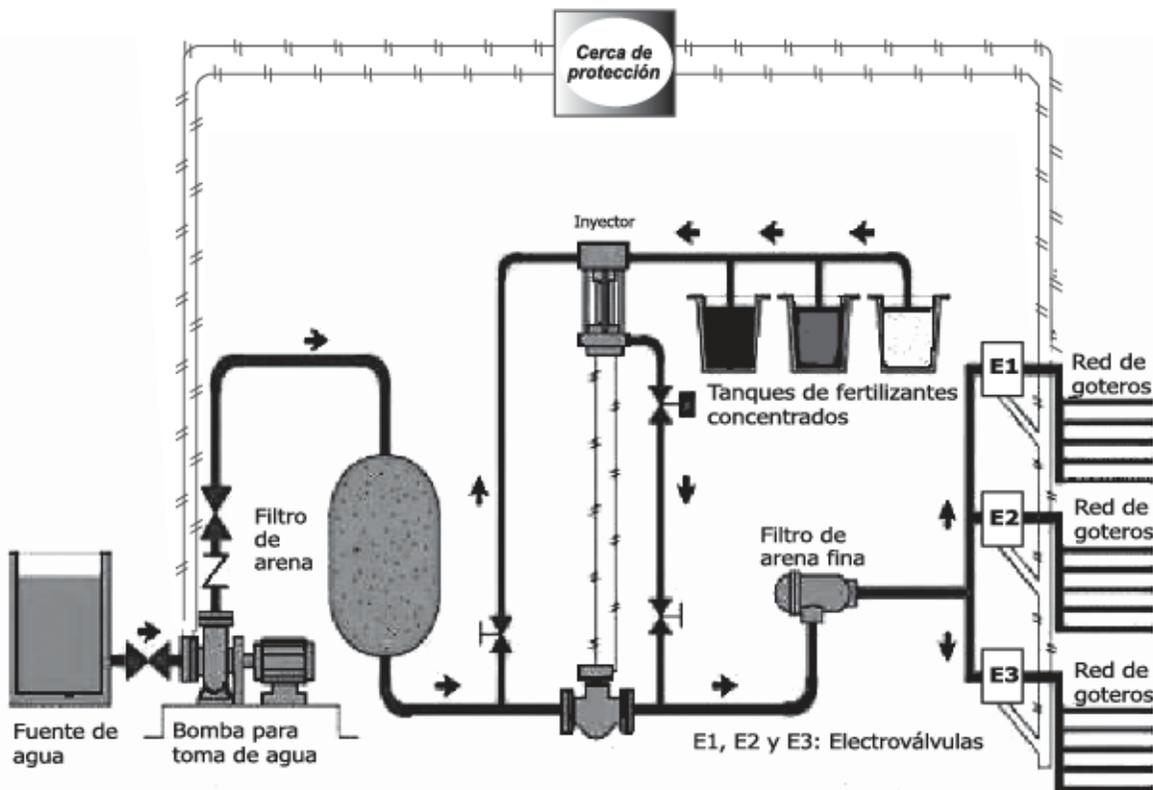


Figura 25. Esquema de un sistema de fertirrigación en café.

6.6. FERTILIZANTES PARA USO EN FERTIRRIEGO

Los fertilizantes deben reunir algunas condiciones para su uso en fertirrigación: La solubilidad, el grado de acidez de las soluciones y la compatibilidad de los fertilizantes en mezclas.

Solubilidad de los fertilizantes en el agua de riego.- Los fertilizantes usados deben ser de alta solubilidad en agua. Hay que tener cuidado con la presencia de constituyentes químicos que pueden interactuar con los fertilizantes disueltos, provocando efectos indeseados.

Grado de acidez de los fertilizantes.- Hay que considerar que la acidez de las mezclas de los fertilizantes pueden incidir en la corrosividad de los componentes del sistema de riego. Los tipos de fertilizantes para la fertirrigación deben ser de alta calidad y de elevada solubilidad y pureza, contener bajos niveles de sales y un pH aceptable (13).

Compatibilidad de los fertilizantes.- Hay que tener cuidado con la compatibilidad entre los fertilizantes en las mezclas para fertirriego; pues hay productos que son compatibles, otros compatibles con limitaciones y hay productos incompatibles (Cuadro 12).

Para la selección de los fertilizantes como solución madre, se deben considerar los siguientes aspectos (13):

- Estadío de crecimiento del cafeto.
- Compatibilidad de los fertilizantes en mezclas.
- Condiciones del suelo.
- Calidad de agua.
- Disponibilidad y precio del fertilizante.

Se recomienda evitar la mezcla de soluciones de fertilizantes que contengan calcio con soluciones que contengan fosfatos o sulfatos cuando el pH en la solución no sea suficientemente ácido (13).

Además, hay que comprobar la solubilidad y la precipitación potencial con la composición química del agua local, antes de adicionar un nuevo fertilizante. Para comprobar la solubilidad, se debe mezclar 50 mililitros de la solución fertilizante en un 1 litro del agua de riego y observar la formación de precipitados dentro de las siguientes 1 a 2 horas. Si se forma un precipitado o la muestra se vuelve turbia, no se debe usar este fertilizante en el sistema de riego (13).

Cuadro 12. Compatibilidad de fertilizantes usados en fertirrigación.

Fertilizantes	Urea	Nitrato Amónico	Sulfato Amónico	Nitrato Cálcico	Nitrato Potásico	Cloruro Potásico	Sulfato Potásico	Fosfato de Amonio	Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	Sulfato de Magnesio	Ácido Fosfórico	Ácido Sulfúrico	Ácido Nítrico
Urea	C													
Nitrato Amónico	C	C												
Sulfato Amónico	C	C	C											
Nitrato Cálcico	C	C	I	C										
Nitrato Potásico	C	C	C	C	C									
Cloruro Potásico	C	C	C	C	C	C								
Sulfato Potásico	C	C	R	I	C	R	C							
Fosfato de amonio	C	C	C	I	C	C	C	C						
Sulfatos de Fe, Zn, Cu, Mn	C	C	C	I	C	C	R	I	C					
Quelatos de Fe, Zn, Cu, Mn	C	C	C	R	C	C	C	R	C	C				
Sulfato de Magnesio	C	C	C	I	C	C	R	I	C	C	C			
Ácido Fosfórico	C	C	C	I	C	C	C	C	C	R	C	C		
Ácido Sulfúrico	C	C	C	I	C	C	R	C	C	C	C	C	C	
Ácido Nítrico	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	C	C	C	C

C: Compatible. Se puede mezclar

R: Se puede mezclar en el momento de su empleo. Compatibilidad reducida

I: Incompatible. No se pueden mezclar.

Fuente: Kafkafi y Tarchitzky. 2012.

6.7. OTRAS TECNOLOGÍAS DE MANEJO DEL AGUA

En la actualidad, en la agricultura, se está impulsando el uso de polímeros absorbentes, conocidos como "hidrogel", que por su alta capacidad de hidratación, incrementa la capacidad del suelo para mantener la humedad y proporcionar a las plantas cuando éstas lo requieren. La aplicación de hidrogel puede reducir el uso de agua hasta en un 50 por ciento (1, 2).

Los cristales de hidrogel absorben agua, cientos de veces su peso, y la proporcionan paulatinamente a las raíces de la plantas. Entre las ventajas del uso de este producto se menciona: la retención de agua y la disponibilidad progresiva para la planta; la aireación y descompactación del suelo y el aumento de la microflora.

Las raíces de la planta no se saturan de agua porque las partículas expandidas mantienen su forma, y el exceso de agua y de aire circulan libremente alrededor de ellas. El retenedor de agua se mantiene activo después de varios ciclos de hidratación y deshidratación (14).

Se recomienda usarlo en el establecimiento de cafetales, incorporando al suelo, en dosis de 2 a 3 gramos/hoyo, al momento de plantar el cafeto, mezclado con los abonos y la tierra. Cuando se plantan cafetos a raíz desnuda (plantas provenientes de camellones) o plántulas en tubetes, vasos o fundas de polietileno, se pueden sumergir los sistemas radicales en el gel hidratado (6 gramos de cristales de hidrogel/litro de agua); asegurándose que se adhiera una buena proporción del gel a las raíces (1).



Riego en viveros



Riego por inundación



Riego por micro aspersión



Riego por aspersión



Riego por goteo al establecimiento



Riego por goteo en cafetales

Foto 7. Riego en cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

1. Acua-Gel. s.f. Cristales inteligentes de agua (en línea). Consultado 2 dic. 2013. Disponible en www.hidrogel.com.mx.htm
2. Carretero Cañado, I; Doussinague, C; Villena Fernández, E. 2002. Labores de cultivo: Riego. Enciclopedia Técnico en Agricultura. Madrid, ES, Cultural. p. 410-434.
3. Carvajal M, G; Moya S, R; Carvajal O, M; Vélez V, D. 1995. Balance hídrico de varias localidades del Ecuador. Quito, EC, INAMHI. 116 p.
4. Carvajal, JF. 1984. Cafeto: Cultivo y fertilización. 2 ed. Costa Rica, Instituto Internacional de la Potasa. p. 85-87, 143-144.
5. COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional). 2012. Mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías para la producción de café robusta, en el trópico seco del Litoral Ecuatoriano. Informe Técnico. Portoviejo, EC, COFENAC, Dublinsa. 179 p.
6. De Sá, NSA. 2009. Riego de cafetales en Ecuador. COFENAC 2(3):8-11.
7. Enríquez, G. 1993. Botánica y fisiología del cafeto. *In* Manual del cultivo del café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 28-42.
8. García Rivera, I. 1985. Programación del riego. Lima, PE, INIPA. 32 p. (Serie Boletín Técnico año 4 - nº 2).
9. Honorato P, R. 2000. Manual de edafología. 4 ed. México, Alfaomega. p. 75-124.
10. INFOAGRO. s.f. Criterios para la aplicación de fertilizantes en riego localizado (en línea). Consultado 18 may. 2011. Disponible en http://www.infoagro.com/abonos/riego_localizado.htm
11. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC). 2008. Guía Técnica de Cultivos. 444 p. (Manual nº 73).
12. Jaramillo R, A. 1988. Características climáticas de la zona cafetera. *In* Tecnología del cultivo del café. Colombia, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. p. 4-55.
13. Kafkafi U; Tarchitzky, J. 2012. Fertirrigación, una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua (en línea). IFA, París, FR, e IIP, Horgen, CH. Consultado 2 dic. 2013. Disponible en http://mca.ipni.net/beagle/MCA-3021&f=2012_ifa_ipi_fertirrigacion.pdf

14. Lin, P. 2006. Hidrogel de alta capacidad para uso en agricultura, vivero y jardín (en línea). México. Consultado 18 jul. 2011. Disponible en <http://redeparede.com.mx/guadalajara/en-venta/campo-jardin/posts/hidrogel-de-alta-capacidad-para-uso-en-agricultura-vivero-jardin-167179>
15. Motato, N; Solórzano, G; Macías, J. 2009. Riego Suplementario para el cultivo de cacao en Manabí. 2 ed. Portoviejo, EC, Estación Experimental Portoviejo del INIAP. p. 2-7. (Boletín Divulgativo nº 345).
16. Pinto Villanueva J; Pinto Díaz, I. 2009. Sistemas de riego (en línea). Atlantic International University. Consultado 19 may. 2011. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/22188777/Riego-Par-Goteo>
17. Romero Z, JL. 2005. Manual de operación y mantenimiento de un sistema de riego por goteo (en línea). Arequipa, PE, PREDES. Consultado 20 may. 2011. Disponible en http://www.predes.org.pe/cartilla_riegoteo.pdf
18. UAE (Universidad Agraria del Ecuador) / PROMSA (Programa de Modernización de los Servicios Agropecuarios, EC). 2004. Determinación de la calidad de las aguas para riego. Guayaquil, EC. 31 p. (Publicación Técnica R-D 5).

FERTILIZACIÓN DE CAFETALES



7. FERTILIZACIÓN DE CAFETALES

*Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi
Gianni Rubén Corral Castillo*

El suelo es un cuerpo natural que se forma por la acción integrada del clima, el relieve y los organismos que actúan a través del tiempo sobre el material parental. Las áreas cafetaleras del Ecuador están asentadas en una gran diversidad de suelos, con características particulares en cuanto al grado de desarrollo pedogenético, propiedades físico y químicas, estado de la fertilidad y capacidad de uso. La parte orgánica está conformada por los organismos como: bacterias, hongos, plantas, protozoos, lombrices, artrópodos, roedores, entre otros. La parte inorgánica está conformada por diversos minerales, entre ellos los nutrimentos.

Los cafetos mantienen su vitalidad a partir del intercambio de materia y energía con el ambiente, este proceso se llama nutrición. Los nutrimentos para las plantas, en sentido amplio, son: el agua, los elementos químicos del suelo, el oxígeno que forma parte del agua, el dióxido de carbono del aire y la energía lumínica del sol. En el interior de las células ocurren reacciones químicas que transforman la energía luminosa del sol y los nutrimentos, en compuestos químicos complejos que se almacenan en las raíces, tallos, ramas, hojas, flores y frutos (4). Este conjunto de reacciones se llama metabolismo. Por lo tanto, la buena nutrición no solo depende de las condiciones del suelo, sino de la integración de todos los factores ambientales, genéticos y de manejo.

En los suelos a nivel de la finca, siempre hay heterogeneidad en la topografía del terreno y variaciones de la fertilidad, del grado de acidez, de la profundidad, de la textura y de la estructura, entre otros aspectos. Esta situación conlleva a planificar y aplicar un conjunto de prácticas que se conoce como gestión del suelo (1).

Para planear adecuadamente el manejo del suelo y la fertilización de los cafetales se deben tener presente los elementos claves siguientes: Identificación de áreas vulnerables de la finca, funciones de los nutrimentos en los cafetos, muestreo de suelos para análisis químico, interpretación del análisis químico del suelo, muestreo de las hojas para análisis químico, interpretación del análisis químico foliar, acondicionadores y enmiendas del suelo, relación carbono/nitrógeno, fertilización de cafetales, otras formas de mejorar la fertilidad de los suelos y reciclaje de la materia orgánica.

7.1. IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS VULNERABLES DE LA FINCA

En el mapa actual de la finca se deben identificar las áreas donde hay erosión severa, inclusive de las cárcavas (zanjas que ocasionan las escorrentías) y desagües naturales. Con esta información se puede planificar la conservación de los suelos, la dirección de las zanjales de desviación, la reforestación en los terrenos de ladera, el establecimiento de cortinas rompe vientos, la protección de las fuentes de agua y la construcción de reservorios.

7.2. FUNCIONES DE LOS NUTRIMENTOS EN LOS CAFETOS

Los elementos químicos más importantes para una buena nutrición de los cafetos son: N, P, K, Ca, Mg, S, Zn, Cu, Fe, Mn y B.

La detección de las deficiencias o de los excesos de los nutrientes en los cafetales, por parte del productor, se basa en un control permanente; con la finalidad de disponer de información acerca de la situación nutricional para poder corregirlas oportunamente (Cuadro 13). En la Foto 8, se pueden observar los síntomas de deficiencias nutricionales en el cafeto (14).

Cuadro 13. Descripción de los síntomas de deficiencias (-) y excesos (+) de nutrientes más frecuentes en el cultivo de café.

Síntomas	+/-	Elemento
Hojas viejas amarillas, poca brotación y poco follaje, muerte descendente de ramas	-	N
Mucho follaje y poco fruto	+	N
Hojas verdes sin brillo y después manchas necróticas	-	P
Clorosis y necrosis de las puntas y márgenes de las hojas más viejas, muerte descendente de ramas, frutos secos	-	K
Clorosis intervenal de las hojas más viejas, mucha hoja caída	-	Mg
Clorosis de las hojas más nuevas, internudos más cortos	-	S
Internudos cortos, hojas pequeñas deformadas, muerte de las yemas terminales y superbrotación	-	B
Hojas nuevas con nervaduras salientes "costillas", hojas volteadas para abajo y con manchas necróticas	-	Cu
Hojas viejas con manchas acuosas y después pardas y negras, falta de crecimiento de hojas y muerte de las raíces	+	Cu
Hojas nuevas amarillas hasta las ramas, con nervaduras verdes y después pálidas	-	Fe
Hojas nuevas verde-pálidas con nervaduras verdes y tejido a lo largo de la misma también verde, puntuaciones blancas entre las nervaduras	-	Mn
Hojas pequeñas verde claras con bordes amarillentos	+	Mn
Hojas nuevas con clorosis en los márgenes	-	Ca

Fuente: INPOFOS 1993.

Las funciones vitales que desempeñan los nutrimentos en los cafetos son:

- El Nitrógeno (N) favorece el desarrollo foliar y la actividad fotosintética de los cafetos (14, 18).
- El Fósforo (P) interviene en la transferencia de energía; en el desarrollo de la raíz, formación del tallo y ramas; así como, en la floración (14).
- El Potasio (K) favorece la formación y la calidad de los frutos; el balance hídrico; y proporciona resistencia a las enfermedades (14).
- El Magnesio (Mg) es componente de la clorofila (color verde); por lo tanto influye en el desarrollo foliar y la germinación de las semillas (14).
- El Zinc (Zn) promueve la producción de hormonas/enzimas y favorece el crecimiento de la planta (14, 18).
- El Cobre (Cu) ayuda a la formación de la clorofila y cataliza varios procesos en las plantas (11).
- El Hierro (Fe) favorece la formación de la clorofila (18).
- El Calcio (Ca) interviene en la formación de proteínas, crecimiento de la semilla y maduración de los frutos (18).
- El Azufre (S) contribuye a la formación de proteínas, clorofila, vitaminas y enzimas. Ayuda al desarrollo de las raíces y la producción de semillas (16, 18).
- El Manganeseo (Mn) funciona como parte del sistema enzimático y activa importantes reacciones metabólicas, ayuda a la síntesis de clorofila, acelera la germinación y maduración (12).
- El Boro (B) favorece el desarrollo de nuevas raíces y flores; así como, la fructificación (14).



Deficiencia de Nitrógeno



Deficiencia de Fósforo



Deficiencia de Potasio



Deficiencia de Magnesio



Deficiencia de Azufre



Deficiencia de Zinc



Deficiencia de Calcio



Deficiencia de Hierro

Foto 8. Síntomas de deficiencias nutricionales en el café.

7.3. MUESTREO DE SUELOS PARA ANÁLISIS QUÍMICO

Para poder diagnosticar la fertilidad de un suelo se requiere de la información histórica de la producción de la finca por lotes de cultivo y de su análisis químico. La información histórica debe relacionarse con los sistemas de cultivos, las deficiencias visibles de nutrimentos en las plantas, la producción, el grado de deterioro y el uso de fertilizantes.

El análisis químico del suelo se hace en laboratorios especializados que tengan la acreditación de los organismos oficiales para que garanticen la validez de los resultados.

Una muestra de suelo debe ser representativa del lote de cultivo, para lo cual debe tomarse, en forma aleatoria, de 15 a 20 submuestras (sitios) por lote y a la profundidad adecuada, según la especie que se vaya a cultivar o a fertilizar.

Los suelos deben ser muestreados, antes del establecimiento de los cafetales, para conocer la textura, el pH y los contenidos de nutrimentos y de materia orgánica, realizar las enmiendas y aplicar los abonos adecuados, según los requerimientos del cultivo (15, 19).

El proceso de muestreo de suelos para análisis químico (21) es el siguiente:

- Elaborar un croquis de la finca o unidad agroproductiva (Figura 26).
- Dividir la finca en secciones homogéneas, según el tipo de suelo, topografía, color del suelo, drenaje y aptitud agrícola.



Figura 26. Diagrama del lote para cafetal.

- Cada muestra compuesta debe representar una unidad homogénea que será tratada de igual forma. No se debe muestrear en áreas no representativas.
- La muestra compuesta debe representar un área no mayor de 5 hectáreas.
- Usar las herramientas adecuadas, de acuerdo a las características del suelo (Figura 27).

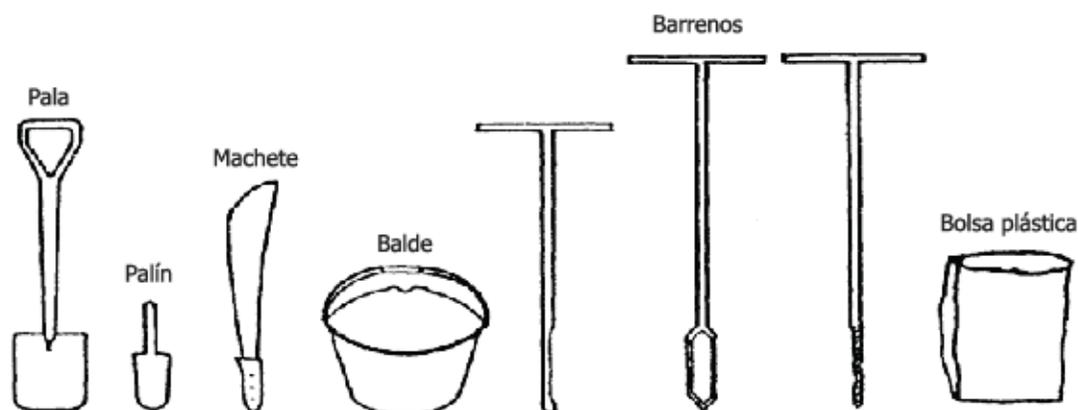


Figura 27. Herramientas para el muestreo de suelos.

- Cada sub-muestra debe contener el mismo volumen de suelo, que incluya un segmento desde la superficie hasta la profundidad referida para el cultivo⁷.
- Las sub-muestras de suelo deben tomarse de 0 a 30 centímetros de profundidad (Figura 28).
- No tomar sub-muestras de suelos de los siguientes sitios:
 - Donde recientemente se haya aplicado fertilizantes químicos.
 - En sitios de antiguos canales.
 - En las orillas de las cercas y sitios donde se constate efecto de los árboles.
 - Donde se hayan colocado estiércoles o abonos orgánicos.
 - Donde se haya amontonado residuos de cosechas o subproductos.
- La muestra de suelo está compuesta de 15 a 20 submuestras.
- Estas sub-muestras se recolectan en un recipiente de plástico (balde), se eliminan palos, piedras, raíces y basura; se mezclan y se separa un kilo de suelo, que luego se seca en un lugar limpio, preferiblemente sobre papel periódico.

⁷. La profundidad de muestreo de suelos para pastos es de 0 a 10 centímetros, para cultivos de ciclo corto y anuales es de 0 a 20 centímetros y para cultivos perennes es de 0 a 30 centímetros.

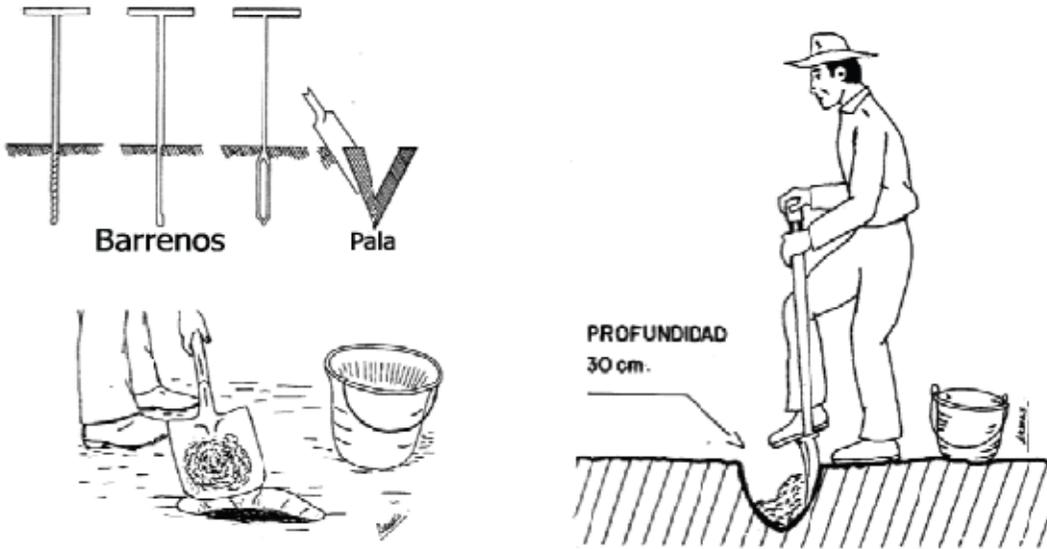


Figura 28. Forma de muestreo de suelos.

- La muestra compuesta se recoge en una funda plástica y sobre ella se coloca una funda de papel.
- En la parte exterior de la funda debe colocarse una etiqueta que identifique la muestra con claridad (Figura 29).
- El suelo debe muestrearse dos o tres meses antes de la siembra, con la finalidad de tener, con suficiente antelación, los resultados del análisis y poder aplicar las recomendaciones de enmiendas y fertilización (19).
- El muestreo de suelos debe efectuarse cada dos o tres años en los cultivos perennes.

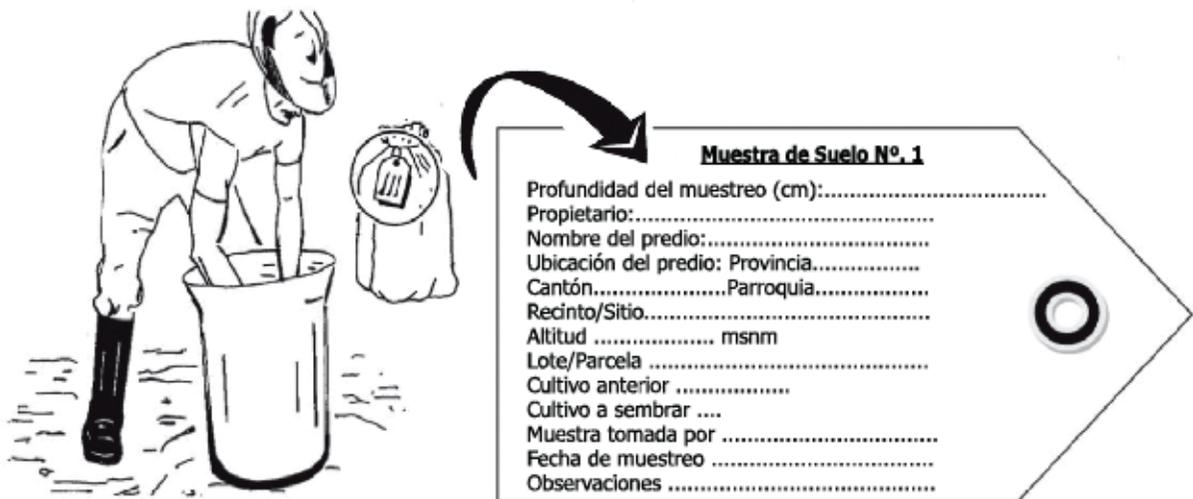


Figura 29. Identificación de la muestra de suelo.

7.4. INTERPRETACIÓN DEL ANÁLISIS QUÍMICO DEL SUELO

El laboratorio de suelos realiza el análisis químico, según el interés del productor. Un análisis completo de suelos incluye información de textura, acidez (pH del suelo), contenidos de nutrimentos y materia orgánica; así como, la relaciones entre cationes intercambiables.

7.4.1. Información sobre la textura del suelo

El análisis del suelo proporciona información sobre los porcentajes de arena, limo y arcilla; a partir de la cual se determina la clase textural a la que corresponde.

Las texturas del suelo más apropiadas para el cultivo de café robusta son: franco, franco arcilloso, franco arenoso y franco limoso.

7.4.2. Información sobre la acidez del suelo

El grado de acidez se mide a través del pH y se relaciona con la concentración de iones hidrógeno (H^+) en la solución del suelo y se expresa con un parámetro denominando potencial hidrógeno "pH". El término pH define la relativa condición básica o ácida del suelo. La escala general del pH cubre un rango que va de 0 a 14 (Cuadro 14).

Cuadro 14. Escala de pH en los suelos.

pH	Denominación	Siglas
≤5,0	Muy ácido	M. Ac.
5,0 - 5,5	Ácido	Ac.
5,6 - 6,0	Medianamente ácido	Me. Ac.
6,1 - 6,5	Ligeramente ácido	L. Ac.
6,6 - 7,5	Prácticamente neutro	P. N.
7,0	Neutro	N.
7,6 - 8,0	Ligeramente alcalino	L. Al.
8,1 - 8,5	Medianamente alcalino	Me. Al.
8,6≤	Alcalino	Al.

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Estación Experimental Tropical Pichilingue.

El pH más adecuado para café está en el rango de 5,6 a 6,5 que corresponde de "medianamente ácido" a "ligeramente ácido". Cuando los suelos tienen niveles de pH mayores a 6,5 se debe adecuar la acidez del suelo, usando estiércoles descompuestos o abonos de reacción ácida. Cuando los niveles de pH están debajo de 5,5 significa que los suelos son ácidos y se debe aplicar enmiendas como: hidróxido de calcio, carbonato de calcio, dolomita o cenizas, u otras sustancias, para elevar el pH.

La aplicación de caldo microbiológico al suelo, en corona, en los cafetales en crecimiento constituye una práctica de acondicionamiento de suelo, especialmente cuando los suelos tienen un pH arriba de 6,5.

Los niveles de acidez del suelo están asociados a la disponibilidad de macro y micronutrientes que pueden ser asimilados por lo cafetos (Figura 30).

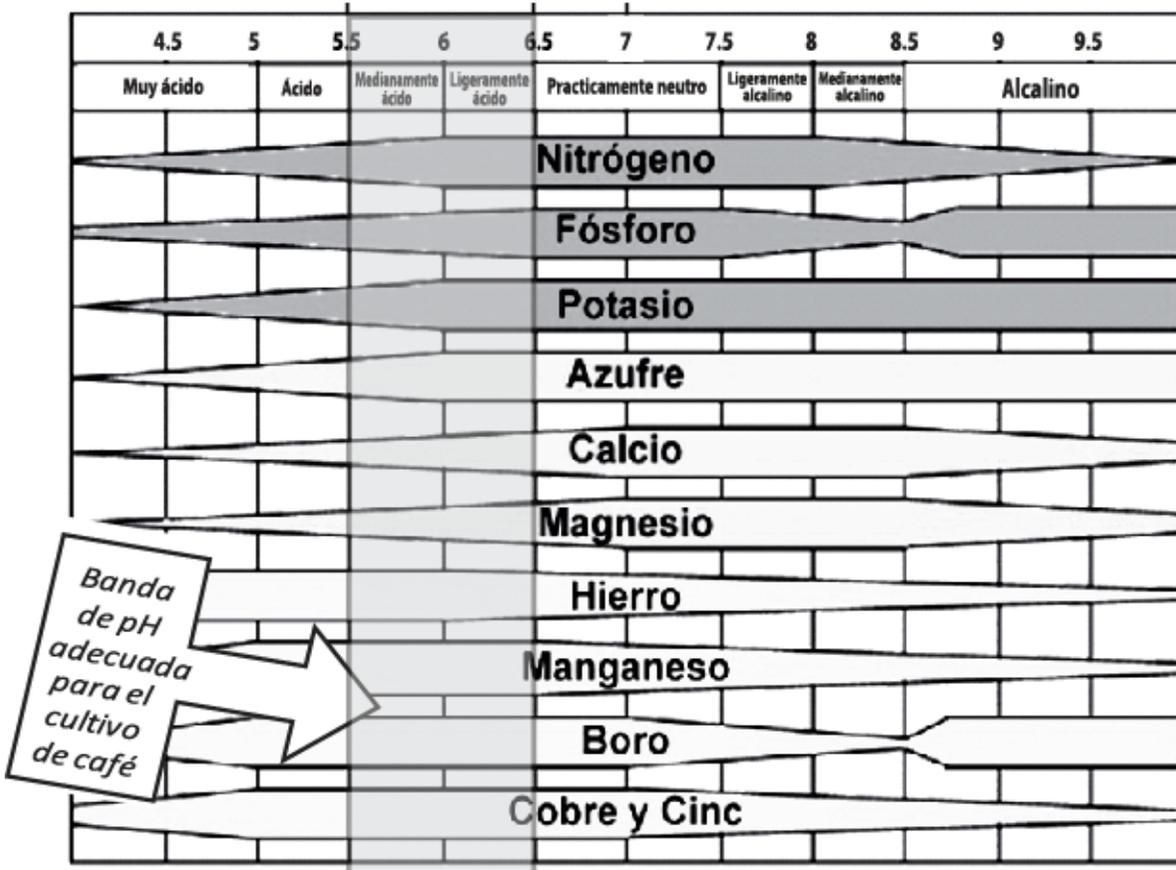


Figura 30. Disponibilidad de los nutrimentos en relación con el pH del suelo.

7.4.3. Información sobre el contenido de nutrimentos

El análisis químico proporciona información sobre los niveles en que se encuentran algunos elementos químicos en el suelo. Para tomar las decisiones de fertilización, básicamente se requiere información de los siguientes elementos: N, P, K, S, Ca, Mg, Zn, Cu, Fe, Mn y B.

Los resultados se expresan en forma cuantitativa y cualitativa. Los resultados cuantitativos de los elementos K, Ca y Mg se expresan en miliequivalentes/100 mililitros (meq/100 ml) y N, P, S, Zn, Cu, Fe, Mn y B, en partes por millón (ppm). Los resultados en forma cualitativa se expresan mediante un código de colores para cada nivel: bajo (B), medio (M) o alto (A).

- Contenido "bajo" del elemento (B) = Rojo
- Contenido "medio" del elemento (M) = Amarillo
- Contenido "alto" del elemento (A) = Verde

Los resultados del análisis químico de una muestra de suelo (Figura 31), el laboratorio los reporta de la siguiente manera:

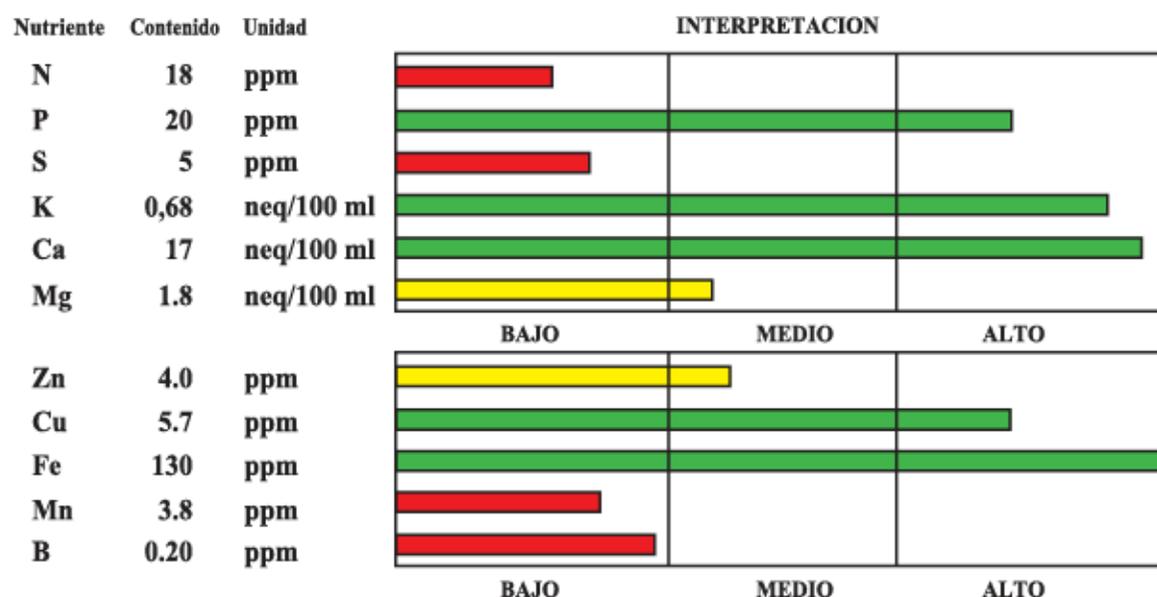


Figura 31. Resultados del análisis químico del suelo.

7.4.4. Relaciones entre cationes intercambiables

Con los resultados cuantitativos se calculan las relaciones de cationes intercambiables: Mg/K, (Ca+Mg)/K y Ca/Mg. A partir de esta información se evalúa el balance de cationes y se toman las decisiones pertinentes referidas a la adición de los fertilizantes que se encuentren en desequilibrio.

En el Cuadro 15, se indican los rangos adecuados de las relaciones de cationes para el cultivo de café robusta.

Cuadro 15. Relaciones entre cationes intercambiables adecuados para el café robusta.

Relaciones entre cationes	Rangos óptimos (meq/100 ml)	Nivel crítico (meq/100 ml)	Recomendación
Ca/Mg	2,6 – 8,0	Si <2,6	Agregar Calcio
		Si >8,0	Agregar Magnesio
Mg/K	7,5 – 15,0	Si <7,5	Agregar Magnesio
		Si >15,0	Agregar Potasio
(Ca + Mg)/K	27,5 – 55,0	Si <27,5	Agregar Calcio y Magnesio
		Si >55,0	Agregar Potasio
Suma de bases (K+Ca+Mg)	15 - 30	Si <15,0	Agregar K, Ca, Mg
		Si 15 < 30	Suelo normal
		Si >30,0	Suelo rico en K, Ca, Mg

Fuente: Laínez, J. 2008. Relaciones entre cationes intercambiables (entrevista). Guayas, EC.

7.5. MUESTREO DE LAS HOJAS PARA ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis foliar constituye una metodología sumamente eficiente para evaluar la nutrición del cultivo, porque integra los factores de suelo, ambiente y manejo, expresando la situación nutricional, especialmente en lo relacionado con los micro elementos. Esta información debe ser considerada para la corrección inmediata de deficiencias y para evaluar los resultados del manejo de la nutrición (15).

El procedimiento de muestreo de hojas (19) es el siguiente:

- Muestrear de 50 a 60 pares de hojas, recolectando al azar, en varios puntos del cafetal, en al menos 40 cafetos/hectárea.
- Las hojas recolectadas para el análisis deben estar en pleno desarrollo. En la práctica se recomienda recolectar el cuarto par de hojas, contadas a partir de la punta de la rama.
- Recolectar preferentemente las hojas de las ramas ubicadas en el tercio superior del cafeto.
- Evitar el muestreo de hojas en mal estado, con daños mecánicos, afectadas por plagas y/o enfermedades, cubiertas de polvo o de residuos de aplicaciones de agroquímicos.
- Las muestras foliares frescas deben ser embaladas en fundas de papel (no plástico) y entregadas en el laboratorio, en las siguientes 24 horas después de la recolección (Foto 9).



Foto 9. Muestreo de hojas para análisis químico.

7.5.1. Interpretación del análisis químico foliar

Los resultados del análisis químico de las hojas permiten determinar, la situación nutricional efectiva de las plantas (4). La información que proporciona el laboratorio, en un reporte de análisis foliar, normalmente es cuantitativa y cualitativa.

Cuantitativamente indica los contenidos de nutrimentos en términos de porcentaje (%) para N, P, K, Ca, Mg, S y Cl; y en partes por millón (ppm) para Zn, Cu, Mn, Fe, B, Mo y Na.

La información cualitativa indica los contenidos de los elementos químicos en las hojas, clasificados en tres categorías:

- D= Deficiente
- A= Adecuado
- E= Excesivo

Si el contenido de nutrientes está en la categoría "Deficiente" se toma la decisión de incrementar la dosis de fertilizante o de cambiar la fuente del macro o del micronutriente.

Cuando el contenido de nutrimentos está en la categoría "Adecuado" significa que se debe mantener el programa de fertilización anual.

Un nutrimento puede estar en la categoría "Excesivo", en este caso, se puede suspender temporalmente la aplicación del abono o reducir la dosis.

7.6. ENMIENDAS Y ACONDICIONADORES DEL SUELO

Las enmiendas del suelo son las sustancias, especialmente cal agrícola, usadas para adecuar el pH al rango de 5,6 a 6,5 (rango entre medianamente ácido y ligeramente ácido), que es adecuado para el cultivo de café (2).

Los acondicionadores del suelo para el cultivo del café constituyen los residuos de las cosechas, los estiércoles de los animales, el compost, el humus de lombriz, los abonos verdes, el biol, el caldo microbiano y los ácidos húmicos de distintas fuentes. La incorporación periódica de los materiales e insumos indicados, como una práctica complementaria a la fertilización, contribuyen a un adecuado equilibrio nutricional de los cafetales

7.6.1. Corrección de suelos ácidos

El pH es una medida de la acidez o alcalinidad del suelo y es un factor que determina la disponibilidad de los nutrimentos para las plantas. Si el pH es menor a 5,6 se debe proceder al encalado. Para corregir la acidez de los suelos se pueden usar las enmiendas (6) que se detallan en el Cuadro 16.

Cuadro 16. Enmiendas del suelo, equivalente químico y composición promedio.

Enmienda	Equivalente Químico	Composición Química	Ca (%)	Mg (%)
Carbonato de Calcio	100	Ca CO ₃	40	-
Dolomita	108	Ca CO ₃ . Mg CO ₃	21,6	13,1
Oxido de Calcio	179	Ca O	71	-
Hidróxido de Calcio	138	Ca (OH) ₂	54	-
Hidróxido de Magnesio	172	Mg (OH) ₂	-	41
Carbonato de Magnesio	119	Mg CO ₃	-	28,5
Oxido de Magnesio	248	Mg O	-	60
Silicato de Calcio	86	CaSiO ₃	34,4	-
Silicato de Magnesio	100	Mg SiO ₃		24

Fuente: Espinoza y Molina 1998.

En los cafetales en crecimiento, las aplicaciones de cualquiera de estas enmiendas se realizan directamente en corona, alrededor de los cafetos o mezclados con el compost al inicio de la época lluviosa. En los cafetales en producción, las aplicaciones deben realizarse, mediante espolvoreo, en bandas o inclusive en todos los espacios entre hileras.

Las dosis pueden variar entre 50 y 500 gramos/planta. Se deben usar dosis bajas, de 50 a 150 gramos/planta, cuando el pH esta ligeramente debajo de 5,6 hasta 5,3; las dosis medias, de 150 a 300 gramos/planta, cuando el pH varía de 5,0 a 5,3; y las dosis altas si el pH está debajo de 5,0.

Cuando se evidencia la presencia de suelos ácidos junto con deficiencias de magnesio (Mg), resulta apropiada la aplicación de Carbonato doble de Calcio y Magnesio (dolomita), en una dosis de 225 gramos/planta.

La roca fosfórica, al igual que la cal, tiene una reacción básica; por tanto, para tener una adecuada disolución y pueda ser aprovechada por las plantas, solo debe aplicarse en suelos ácidos (9).

En el proceso de elaboración del compost es conveniente enriquecerlo con roca fosfórica, carbonato de calcio o sulfato de calcio, según la circunstancias locales.

7.6.2. Corrección de suelos alcalinos

En el caso de que los niveles de pH sean mayores que 6,5 se deben enmendar los suelos con la adición de estiércoles descompuestos, ácidos húmicos y algunos abonos de reacción ácida como: urea, nitrato de amonio, sulfato de amonio, fosfato monoamónico y fosfato diamónico (9).

Hay un grupo de fertilizantes de reacción neutra como: superfosfato triple, muriato de potasio, sulfato de calcio (yeso), nitrato de potasio y SULPOMAG (9) que al ser aplicados al suelo no afectan las condiciones de acidez.

7.7. FERTILIZACIÓN DE CAFETALES

La fertilización de cafetales involucra la aplicación de abonos en forma racional, en las diferentes etapas del cultivo, como: en los substratos, en viveros, al momento de plantar (fertilización básica), en la etapa de crecimiento del cultivo (hasta los 18 meses después del establecimiento) y en la etapa de producción (3). Un cafetal rehabilitado hasta los primeros 18 meses es comparable con un cafetal en crecimiento.

Las recomendaciones de fertilización deben adaptarse a los objetivos del caficultor. Si se trata de la producción convencional se pueden usar los abonos orgánicos y químicos. Si se trata de la producción orgánica hay que cumplir los estándares de los países consumidores y usar solo los abonos, enmiendas y sustancias permitidas por la agencia certificadora.

Para fertilizar los cafetales robustas se deben tener en cuenta los siguientes aspectos básicos: requerimientos del cultivo, grado de acidez del suelo, composición química de los fertilizantes y enmiendas, compatibilidad de los fertilizantes, topografía del terreno, época de aplicación, recomendaciones técnicas y otras formas de mejorar la fertilidad.

7.7.1. Requerimientos de nutrimentos

La cantidad de fertilizantes y las fuentes de macro y micronutrientes a ser aplicados en los cafetales se determinan en función del análisis químico del suelo o del análisis foliar.

En los cafetales en crecimiento, hasta los 18 meses de edad en el campo, se aplica la mitad de las dosis recomendadas para cafetales en producción.

Para el café robusta, los requerimientos de macro nutrimentos y micro nutrimentos, de acuerdo a la interpretación del análisis químico el suelo, se indican en los Cuadros 17 y 18, respectivamente.

Cuadro 17. Requerimientos de macronutrientes en cafetales de la especie robusta en producción.

Interpretación del análisis químico del suelo	Kilogramos de ingrediente activo/hectárea					
	N	P	K	S	Ca	Mg
Bajo	200	60	150	150	340	15
Medio	100	40	50	50	150	10
Alto	50	20	20	0	0	0

NOTA: Para cafetales en crecimiento, hasta los 18 meses después del establecimiento en el campo, aplicar la mitad de la dosis indicada para cafetales en producción.

Cuadro 18. Requerimientos de micronutrientes en cafetales de la especie robusta en producción.

Interpretación del análisis químico del suelo	Zn	Cu	Fe	Mn	B (I.A.) Kg/ha
	Quelatos (litros/hectárea)				
Bajo	3,0	3,0	3,0	1,5	10
Medio	1,5	1,5	1,5	0,75	5
Alto	0	0	0	0	0

NOTA: Para cafetales en crecimiento, hasta los 18 meses después del establecimiento en el campo, aplicar la mitad de la dosis indicada para cafetales en producción.

Si el contenido de nitrógeno es bajo, según los requerimientos, se debe aplicar 200 kg N/hectárea. Si se planea aplicar urea como fuente de nitrógeno (abono que tiene el 46% de N), se necesitarían 435 kilos de urea/hectárea⁸ para proporcionar la cantidad requerida de N por el cultivo. No se debe usar urea como fuente de nitrógeno para aplicar en suelos ácidos (pH debajo de 5,5).

7.7.2. Grado de acidez del suelo

El potencial hidrógeno (pH) indica el grado de acidez de los suelos. El pH adecuado para café está en el rango de 5,6 a 6,5. Esta característica química del suelo tiene relación directa con la mayor disponibilidad de nutrimentos para los cafetos. Si los análisis de suelo indican niveles de pH arriba de 6,5 habría que aplicar estiércoles descompuestos o abonos de reacción ácida; y si los niveles de pH están debajo de 5,5 debe corregirse la acidez con la aplicación de enmiendas como cal (carbonato de calcio) o dolomita (carbonato doble de calcio y magnesio).

7.7.3. Composición química de los fertilizantes y enmiendas

Los fertilizantes y sustancias usados en la producción de café, convencional y orgánica, son diversos. Se pueden usar abonos simples (que tienen un solo elemento), abonos compuestos (dos elementos) y los completos (tres o más elementos). La composición química de los fertilizantes químicos y enmiendas usados en la caficultura, se indican en el Cuadro 19.

En la "producción orgánica" solo deben usarse los abonos y sustancias permitidos en los estándares de certificación de cultivos, de los países consumidores, controlados por la agencia certificadora. Los abonos y sustancias que se permiten en la agricultura orgánica, se presentan en el Cuadro 20.

⁸. Si el contenido de Nitrógeno en el suelo es bajo, se requiere aplicar 200 Kg de N. La urea contiene el 46% de N; por lo tanto, se divide 200 kg para 0,46 y se tiene la cantidad de urea a aplicarse que en este caso es 435 kilos.

Cuadro 19. Composición química de los fertilizantes y enmiendas.

Fertilizantes y enmiendas	Contenidos de Nutrientos (%)						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg	B
10-30-10	10	30	10				
13-32-11-4 3	13	32	11	4		3	
14-20-17-4-3-(0.38 B)	14	20	17	4		3	0,38
15-17-19-4-3-(0.3 B)	15	17	19	4		3	0,30
15-5-18-3-4 (5 Si)	15	5	18	3		4	
18-6-22-4-3-(0,53 B)	18	6	22	4		3	0,53
18-6-28-2-2	18	6	28	2		2	
19-12-15-5-4-(0.5 B)	19	12	15	5		4	0,50
21-0-28-2-2	21	0	28	2		2	
22-17-13-3-2	22	17	13	3		2	
27-0-20-3-2	27	0	20	3		2	
4-6-25-4-3-(1 B)	4	6	25	4		3	1
Carbonato de Calcio (cal agrícola)					40		
Carbonato de Magnesio (Magnesita)						28,5	
Carbonato doble de Calcio y Magnesio (Dolomita)					21,6	13,1	
Fosfato Diamónico (DAP)18-46-0	18	46					
Fosfato Monoamónico (MAP)	12	55		1,9	1,5	0,5	
Hidróxido de Calcio					54		
Muriato de Potasio (Cloruro de Potasio)			60	1,4	1,5	1,5	
Nitrato de Amonio	34						
Nitrato de Calcio	15,5				24		
Nitrato de Magnesio	11					16	
Nitrato de Potasio	13		44		0,5	0,5	
Oxido de Calcio					71		
Oxido de Magnesio						60	
Sulfato de Amonio	21			23			
Sulfato de Calcio (Yeso)				16	20		
Sulfato de Magnesio				13		16	
Sulfato de Potasio			50	18	1,25	1	
Sulfato doble de Potasio y Magnesio (SULPOMAG)			22	22		11	
Superfosfato Simple		20		12	20		
Superfosfato Triple		46					
Urea	46						

Fuente: IVEX 2003, Guerrero s.f., INFOAGRO s.f., QuimiNet 2006.

Cuadro 20. Composición química de los abonos y sustancias permitidos en la producción orgánica.

Lista de abonos	Contenidos de nutrientes (%)					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg
Carbonato de Calcio					40	
Carbonato de Magnesio (Magnesita)						28,5
Carbonato doble de Cal y Magnesio (Dolomita)					21,6	13,1
Cenizas de cáscara de algodón		5,5	27		9,50	5
Cenizas de madera		2	5		32,5	3,5
Estiércol seco de caprinos	1,5	1,5	3	2		
Estiércol seco de equinos	2	1,5	1,5		1,5	1
Estiércol seco de ovinos	2	1,5	3	1,5	5	2
Estiércol seco de vacunos	2	1,5	2	0,5	4	1
Harina de huesos	5,5	20			4	
Harina de pescado	4,5	9	5			
Harina de sangre	12,5	1	0,6			
Harina de torta de algodón	9	3	1			
Roca fosfatada		20			32	18
Sulfato de Calcio (Yeso)				16	20	
SULPOMAG			22	22		11

Fuente: IVEX 2003, Guerrero s.f., INFOAGRO s.f., QuimiNet 2006.

7.7.4. Compatibilidad de los fertilizantes

Cuando se requiere hacer mezclas de fertilizantes químicos para aplicar a las plantas cultivadas, hay que tener cuidado en la compatibilidad o incompatibilidad entre abonos, observando siempre las recomendaciones pertinentes (5).

La compatibilidad entre los abonos químicos y sustancias de mayor uso en la producción de café robusta, se indica en el Cuadro 21.

Cuadro 21. Compatibilidad química de algunos fertilizantes en mezclas.

Fertilizantes	1. Nitrato de Potasio	2. Nitrato de Calcio	3. Nitrato de Amonio	4. Sulfato de Amonio	5. Urea	6. Harina de huesos	7. Fosfatos naturales	8. Superfosfato simple	9. Superfosfato triple	10. Fosfato mono Amónico	11. Fosfato Diamónico	12. Muriato de Potasio	13. Sulfato de Potasio	14. Cal agrícola	15. Otras calizas	16. Yeso agrícola
1 Nitrato de Potasio	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	L	L	C
2 Nitrato de Calcio		C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
3 Nitrato de Amonio			C	I	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
4 Sulfato de Amonio				C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
5 Urea					C	C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
6 Harina de huesos						C	C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
7 Fosfatos naturales							C	C	C	C	C	C	C	I	I	C
8 Superfosfato simple								C	C	L	C	C	C	I	I	C
9 Superfosfato triple									C	L	C	C	C	I	I	C
10 Fosfato mono Amónico										C	C	C	C	I	I	C
11 Fosfato Diamónico											C	C	C	I	I	C
12 Muriato de Potasio												C	L	L	C	
13 Sulfato de Potasio													C	L	L	C
14 Cal agrícola														C	C	
15 Otras calizas															C	
16 Yeso agrícola																C

I: Incompatible
L: Compatibilidad limitada
C: Compatible

Fuente: Adaptado de EMBRAPA 2008.

7.7.5. Época de aplicación de las enmiendas y abonos

Los fertilizantes y enmiendas del suelo deben ser aplicados en función del desarrollo fenológico del cultivo, de las condiciones ambientales y de la compatibilidad entre abonos y sustancias usadas en el cultivo de café.

La cal agrícola se puede mezclar con el compost, escorias, muriato de potasio o sulfato de potasio para aplicar al momento de plantar los cafetos. El sulfato de calcio (yeso) es una sustancia que contiene azufre y calcio y que puede mezclarse con casi todos los abonos y sustancias usadas para abonar los cafetales. Las aplicaciones de carbonato de calcio o yeso deben realizarse al inicio de la época lluviosa (6).

En un programa de fertilización de cafetales, según los requerimientos del cultivo, se recomienda aplicar la cal agrícola al momento de plantar los cafetos y al inicio de la época lluviosa. La aplicación de yeso en los suelos pesados, deficientes en azufre y calcio, favorece la floculación y formación de suelos sueltos.

En los cafetales en crecimiento o en producción, la cal o el yeso se deben aplicar en banda, bien esparcidos pero que no entren en contacto con el "cuello" (parte basal del tallo) de los cafetos.

Los abonos nitrogenados deben aplicarse de manera fraccionada, en dos o tres partes, durante la época lluviosa. Los fertilizantes fosfatados se aplican solo una vez al año, al inicio de la época lluviosa. Los abonos potásicos deben aplicarse de manera fraccionada en dos partes durante la época lluviosa. Los abonos compuestos o complejos deben aplicarse en dos partes, durante la época lluviosa.

El bórax y los quelatos de zinc, manganeso y hierro deben aplicarse al follaje durante la etapa inicial de desarrollo de los frutos (3, 13).

El compost y estiércoles descompuestos deben aplicarse al inicio de la época lluviosa. Las aspersiones de biol al follaje de los cafetos pueden alternarse con las aplicaciones al suelo de caldo microbiológico, a una frecuencia mensual durante la época lluviosa. El biol es un abono foliar y el caldo microbiológico es un acondicionador de suelos.

7.7.6. Enriquecimiento del sustrato para viveros

Una práctica indispensable para lograr un crecimiento sano y vigoroso de las plántulas en vivero, que son la base para establecer un cafetal es el uso de sustratos enriquecidos. Este aspecto fue tratado en el manejo de semilleros y viveros.

7.7.7. Fertilización en viveros de café

Una condición indispensable para tener plántulas de café vigorosas es la fertilización en los viveros, cuyas recomendaciones incluye la mejora de los sustratos, la aplicación de abonos químicos y orgánicos al suelo; así como, el uso complementario de los abonos foliares, especialmente con microelementos. Este aspecto fue tratado en el manejo de viveros.

7.7.8. Fertilización básica

Al momento de plantar los cafetos en el campo, se debe mejorar las condiciones del suelo aplicando abonos y enmiendas al hoyo (3). Esta práctica favorece el desarrollo radical; así como, la formación del tallo, ramas y hojas del cafeto.

La fertilización básica, también llamada fertilización de fondo, determina el buen crecimiento inicial de los cafetos y se detalla en el establecimiento de cafetales.

7.7.9. Recomendaciones de fertilización de cafetales

En la producción convencional de café robusta se debe combinar la aplicación de los abonos químicos, enmiendas, abonos orgánicos y acondicionadores del suelo, según los requerimientos del cultivo, las etapas fenológicas y los resultados del análisis químico del suelo.

Cuando se trata de la producción ecológica se deben aplicar las normas de producción, enmarcadas en los estándares de los países consumidores como: el Reglamento (CE) N° 834/2007 de la Unión Europea, la normativa NOP-USDA, los estándares JAS de Japón y la Normativa ecuatoriana orgánica⁹. Las decisiones de fertilización orgánica también deben fundamentarse en los requerimientos del cultivo, las etapas fenológicas y los resultados de los análisis químicos del suelo.

Para la producción de cafés con otras certificaciones ambientales o sociales se requiere del acompañamiento técnico especializado y del control de la agencia certificadora en los procesos de implementación, tanto a nivel de productores individuales como de las organizaciones de productores.

Ejercicio 1.- Elaborar un programa de fertilización en base de los resultados cualitativos de un análisis químico de suelo, de un cafetal en producción:

Nitrógeno	:	bajo
Fósforo	:	bajo
Potasio	:	medio
Azufre	:	bajo
Calcio	:	medio
Magnesio	:	medio
Boro	:	bajo
Zinc	:	bajo
Hierro	:	alto
Manganeso	:	medio
Materia orgánica	:	media
pH	:	5,4

El programa de fertilización diseñado para este cafetal, en base de los resultados de análisis químico indicado, se detallan en el Cuadro 22. La aplicación calendarizada de los abonos y enmiendas en un cafetal en producción, se expone en el Cuadro 23.

Los microelementos, deben aplicarse durante los primeros meses de la época lluviosa. Cuando las fuentes de estos elementos son sólidos (sulfaménos o micro essentials), hay que aplicar directamente en corona, alrededor de los cafetos, solos o en mezcla con otros abonos. Cuando se usan quelatos se debe aplicar el producto dirigido al follaje con una bomba aspersora manual. En el caso del bórax es preferible no mezclar y aplicarlo durante los primeros meses de la época lluviosa con una bomba aspersora manual, dirigido al follaje.

⁹ . Las agencias certificadoras orgánicas tienen las listas de insumos certificados. A manera de ejemplo: la lista de la Agencia Certificadora BCS está disponible en: http://www.bcs-oeko.com/downloads/Betriebsmittel-Inputs-Insumos_10.pdf

Cuadro 22. Fertilización de cafetales robustas en producción.

Fertilizantes	Contenidos de Nutrientos (%)						Total Kg abono/ha	Total Kg/ha ingrediente activo						
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg		B	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg
Carbonato doble de Calcio y Magnesio (Dolomita)					21,6	13,1	100	0	0	0	0	22	13	0,0
Fertiboro							100	0	0	0	0	0	0	10,0
Fosfato Diamónico (DAP) 18-46-0	18	46					130	23	60	0	0	0	0	0,0
Nitrato de Amonio	34						500	170	0	0	0	0	0	0,0
Sulfato de Calcio (yeso)				16	20		800	0	0	0	128	160	0	0,0
Sulfato de Potasio			50	18	1,25	1	100	0	0	50	18	1	1	0,0
Total de abono (kg/ha)							1.730	193	60	50	146	183	14	10
							Interpretación del Análisis químico del suelo	Requerimientos (Kilos Ingrediente activo/hectárea)						
Zinc	<3 l/ha	Quelato Zn	3,0 l/ha					N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg	B
Hierro	<3 l/ha	Quelato Fe	0					200	60	150	150	340	15	10
Manganeso	<1,5 l/ha	Quelato Mn	0,75 l/ha					100	40	50	50	150	10	5
							Alto	50	20	20	0	0	0	0

NOTA: La cantidad de abono total, está indicado en kg/hectárea de cafetal en producción. Para cafetales en crecimiento se aplica la mitad de las dosis indicadas.

Cuadro 23. Aplicación calendarizada de los abonos y enmiendas en el cafetal en producción.

Fertilizantes	Unidad	Cantidad Total del Abono	Enero	Febrero	Abril	PROCEDIMIENTO
Carbonato doble de Calcio y Magnesio (Dolomita)	Kilos/ha	100	100			<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la cal dolomita en corona, alrededor de los cafetos. • Aplicar el yeso directamente al suelo, mediante espolvoreo en los espacios entre hileras del cafetal. • Mezclar los abonos químicos Fertiboro + Fosfato Diamónico + Nitrato de Amonio + Sulfato de Potasio. Aplicar esta mezcla alrededor de los cafetos, en corona. • Mezclar los quelatos de Zn y Mn y aplicar al follaje con una bomba aspersora de mochila. • La mezcla de Nitrato de Amonio + Sulfato de Potasio aplicarlo en corona.
Fertiboro	Kilos/ha	100		100		
Fosfato Diamónico (DAP) 18-46-0	Kilos/ha	130		130		
Nitrato de Amonio	Kilos/ha	500		250	250	
Sulfato de Calcio (yeso)	Kilos/ha	800	800			
Sulfato de Potasio	Kilos/ha	100		50	50	
Quelato de Zinc	Litros/ha	3,00		3,00		
Quelato de Manganeso	Litros/ha	0,75		0,75		

Comentario a las recomendaciones de fertilización:

pH.- El pH del suelo del cafetal, según el análisis, es de 5,4. Como el análisis indica que el pH está debajo del límite inferior del rango 5,6-6,5, se requiere encalar el suelo, con una dosis baja¹⁰, a la entrada de la época lluviosa.

Elementos químicos.- Los nutrimentos pueden proporcionarse aplicando diferentes abonos como: Sulfato de calcio, Fosfato diamónico, Nitrato de amonio, Sulfato de potasio. Los microelementos Zinc y Manganeso serán proporcionados con la aplicación de quelatos de Zn y de Mn. El Boro será proporcionado en parte por la aplicación del abono Fertiboro que tiene 10% de ingrediente activo. El Hierro por estar en un nivel alto, no hace falta aplicarlo.

Con el programa de fertilización del cafetal se proporciona los elementos: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio; también se proporciona los microelementos: Zinc, Manganeso y Boro. En la Foto 10, se indican algunas prácticas de fertilización de cafetales.

Ajuste de la recomendación en base de las relaciones entre cationes intercambiables:

El análisis químico indicó que el suelo tuvo los elementos: Calcio, Magnesio y Potasio, en las siguientes cantidades:

Calcio = 17,0 meq/100 ml
 Magnesio = 1,80 meq/100 ml
 Potasio = 0,68 meq/100 ml

¹⁰. Una dosis baja corresponde a 50-150 gramos/planta de carbonato de Calcio.

A partir de esta información se calcula las relaciones entre cationes y se definen las recomendaciones pertinentes:

Ca/Mg	= 17/1,8	= 9,40:	Adicionar Mg
Mg/K	= 1,8/0,68	= 2,65:	Adicionar Mg
(Ca + Mg)/K	= (17+1,8)/0,68	= 27,65:	Relación adecuada
Suma de bases (Ca+Mg+K)	= 19,48:		Suelo normal

Ejercicio 2.- Elaborar un plan de fertilización de cafetales en crecimiento, en base del análisis químico del suelo con los resultados de N, P₂O₅ y K₂O en niveles bajos, el S y el Mg en nivel medio y el Ca en nivel alto. En relación a los micronutrientes: B, Zn y Fe en niveles bajos y Mn en nivel medio. El suelo tenía un pH de 6,2 y alto contenido de materia orgánica (Cuadro 24).

Cuadro 24. Fertilización de un cafetal en crecimiento.

Análisis de suelo	Total Kg de abono/ha	Total ingrediente activo Kg/ha							Dosis (g/planta)
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	Ca	Mg	B	
18-6-22-4-3-(0,53 B) (FERTICACAO)	74	13	4	16	3	0	2	0,4	67
Sulfato de Potasio	80	0	0	40	14	1	1	0,0	72
SULPOMAG (Sulfato doble de Potasio y Magnesio)	40	0	0	9	9	0	4	0,0	36
Superfosfato Triple	50	0	23	0	0	0	0	0,0	45
Urea	190	87	0	0	0	0	0	0,0	171
Fertiboro	45	0	0	0	0	0	0	4,5	41
Total abono (kg/ha)	479	101	27	65	26	1	7	4,9	431

Zn	Quelato de Zinc	litros/ha	3,00
Fe	Quelato de Hierro	litros/ha	3,00

Con estas recomendaciones de fertilización se proporcionan los nutrientes que necesita el cafetal; con excepción del potasio (K₂O) que le faltaría 10 kg/ha.

7.8. OTRAS FORMAS DE MEJORAR LA FERTILIDAD DEL SUELO

En el manejo sostenible de fincas cafetaleras se debe tener presente que hay plantas de la familia de las leguminosas con capacidad de fijar el nitrógeno atmosférico por las raíces, al formar una asociación simbiótica con bacterias del género *Rhizobium*. En la naturaleza existen especies vegetales no leguminosas que también fijan el nitrógeno atmosférico por las raíces como son: *Casuarina*, *Myrica*, *Alnus*, *Ceanothus*, *Coriaria*, *Dryas*. También hay otras especies que fijan nitrógeno a través de las hojas como: *Ardisia*, *Pavetta*, *Psychotria*, *Azolla* y *Gunnera* (10).

Las micorrizas vesículo arbusculares son hongos simbioses obligatorios que colonizan intracelularmente las raíces de muchas plantas cultivadas y tienen efectos benéficos como: biofertilizantes, bioreguladores y biocontroladores (8). Las micorrizas se encuentran naturalmente en los ecosistemas cafetaleros, formando parte de la riqueza microbiológica del suelo. Los géneros de hongos micorrizógenos más comunes en Manabí son: *Glomus*, *Sclerocystis* y *Acaulospora*. Los nutrientes del suelo: Fósforo, Zinc, Calcio y Magnesio tienen correlación positiva significativa con el nivel de presencia de micorrizas en el suelo (7).

Otra práctica agrícola que mejora la fertilidad del suelo es el "acolchado", "mulching" o "mantillo" que consiste en cubrir el suelo con un material orgánico. El "acolchado" protege el suelo, mantiene la temperatura, reduce la evaporación del agua y evita el desarrollo de malezas.

En este contexto, como prácticas complementarias, a nivel de las fincas, se recomiendan:

- El cultivo de café asociado con especies leguminosas como: fréjol de palo, canavalia, soya, fréjol caupí u otros fréjoles
- La incorporación de biomasa, especialmente de leguminosas como: porotillo, algarrobo y eritrinas (cultivadas en los linderos del cafetal).
- La inoculación de micorrizas en los viveros y en los cafetales establecidos, reproducidos a nivel de laboratorio o provenientes de los cafetales, cacaotales o montaña.
- El uso de mantillo o acolchados con residuos vegetales o con otros materiales.

7.9. ELABORACIÓN Y USO DE ABONOS ORGÁNICOS

Los abonos orgánicos son complejos de nutrientes derivados de fuentes naturales y biológicas. Los principales abonos orgánicos son: los estiércoles y orinas de los animales; el compost, el humus de lombriz; las cenizas de madera, residuos de cosechas y huesos; los abonos verdes (follaje fresco de leguminosas herbáceas y arbustivas incorporado como biomasa), el biol, el caldo microbiano y el purín (p.e.: efluente de los estiércoles).

Para la producción de café se enfatiza en el uso de los abonos orgánicos: compost, caldo microbiológico y biol. En la elaboración artesanal de estos abonos se debe aprovechar las fuentes de materia orgánica disponible, según la localidad. Esta situación conlleva a realizar ajustes a las proporciones, a los tiempos de procesamiento y a las dosis de aplicación en los cultivos.

7.9.1. Compost

El compost es un bioabono resultante de la descomposición controlada del estiércol y otros materiales orgánicos de la finca, en condiciones adecuadas de humedad y temperatura.

Condiciones del lugar.- El lugar donde se va a preparar el compost debe estar ubicado cerca de una fuente de agua, bajo la sombra de un cobertizo o de árboles frondosos y protegido de los animales. La compostera debe estar ubicada a una

distancia de por lo menos 50 metros de la vivienda, para evitar los malos olores y la presencia de moscas.

Materiales.- Los materiales necesarios para elaborar compost son:

- Estiércoles de animales: bovinos, porcinos, aves u otros (30%).
- Residuos vegetales secos: cáscaras de cacao, maní o fréjol, panca de maíz, tamo de arroz o de fréjol (15-20%).
- Residuos vegetales frescos: basura orgánica doméstica, pseudotallos de plátano, follaje de leguminosas, desperdicios de las cosechas de hortalizas o frutales (50%).
- Mulch o tierra de bosque (1-10%).
- 300 gramos de levadura.
- Ceniza o cal (1%).

Herramientas.- Pala, regadera o manguera, carretilla y balde plástico.

Activador microbiológico del compostaje.- La preparación del compost puede acelerarse usando un "Activador microbiológico". El *activador microbiológico* del compostaje contribuye a acelerar el proceso de descomposición de los materiales. Una cantidad suficiente de activador microbiológico, para compostar 20 quintales de materiales orgánicos, se prepara de la siguiente manera:

- Poner en maceración 1,5 kilos de maíz durante 7 días, en 10 litros de agua.
- Moler el maíz macerado en la misma agua.
- Añadir 2,0 litros de melaza o 1,0 kilo de panela.
- Agregar 300 gramos de levadura.
- Mezclar los ingredientes.

Procedimiento.- El proceso para elaborar compost es el siguiente:

- Colocar los materiales orgánicos por capas, sobre el nivel del suelo.
- Mezclar los materiales orgánicos con el uso de una pala, hasta homogenizar el montón.
- Humedecer el montículo hasta cerca del punto de saturación.
- Adicionar al montículo, de manera uniforme, el "activador microbiológico" del compostaje, con el añadido de la levadura.
- Mezclar nuevamente los materiales del montículo y controlar la uniformidad de la humedad.
- Extender la masa de materiales orgánicos a compostar, de tal forma que la altura del montón tenga alrededor de unos 50 centímetros, por la longitud y ancho necesarios.
- Añadir sobre el montículo, uniformemente, una porción de cal agrícola o ceniza vegetal, para corregir la acidez.

- Procurar que el montículo esté siempre húmedo; por lo tanto, debe regarse periódicamente.
- Voltear periódicamente el montículo: la primera semana una vez al día; en la segunda semana pasando un día; y, posteriormente, cada siete días, hasta cumplir el proceso.
- En aproximadamente 12 semanas no se distinguirán los materiales orgánicos procesados, ni se constatará una alta temperatura dentro del montículo. El uso de la levadura reduce el tiempo de compostaje.
- El compost bien procesado presenta una coloración negruzca y un agradable olor a tierra fresca.

Usos.- Los usos del compost en cafetales son:

- Para enriquecer el sustrato de los viveros.- Las fundas de polietileno deben contener tierra agrícola + compost mezclados, en una proporción 3:1; es decir, 3 partes de tierra agrícola + 1 parte de compost (por ejemplo: 3 carretilladas de tierra + 1 carretillada de compost).
- Al momento de plantar el café, cacao, plátano, forestales o frutales.- Se debe incorporar 1 kilo de compost por hoyo mezclando con la tierra superficial.
- En las plantaciones en producción.- La aplicación del compost estará en función de la condición del suelo y los requerimientos del cultivo, siendo apropiado usar de 1 a 3 kilos/planta/año.

7.9.2. Caldo microbiológico

El caldo microbiológico es un abono líquido que se obtiene mediante la fermentación aeróbica de estiércoles, hierbas y aditivos minerales, que al aplicarlo en las plantaciones mejora la nutrición y estimula el incremento de los rendimientos.

Condiciones del lugar.- El lugar donde se va a preparar el caldo microbiológico debe reunir las mismas condiciones indicadas para el compost.

Materiales.- Los materiales requeridos para elaborar caldo microbiano son:

- 30 kilos de estiércol fresco de ganado vacuno o porcino (1/4 de tanque).
- 4,0 kilos de tierra de bosque.
- 2,0 kilos de compost o humus de lombriz.
- 1 litro de leche o suero.
- Porción de hojas de plantas medicinales o aromáticas, finamente picadas.
- Porción de hojas de follaje de leguminosas, finamente picados.
- 4 litros de melaza ó 2,0 kilos de panela.
- 100 gramos de levadura.
- 2 kilos de pre-mezcla mineral (sales minerales sin antibióticos).
- 1 litro de vinagre.
- 100 litros de agua.

Herramientas.- Tanque plástico con capacidad para 200 litros, saco de yute, balde plástico y un metro de tela o lienzo.

Procedimiento.- El procedimiento de preparación del caldo microbiano es el siguiente:

- Colocar en el tanque plástico todos los materiales indicados y revolver intensamente hasta obtener una mezcla homogénea.
- Añadir agua hasta aproximadamente 20 centímetros bajo el nivel superior del tanque.
- Cubrir el recipiente con un saco de yute.
- Dinamizar la mezcla diariamente por 15 minutos (revolver), con la finalidad de oxigenar el preparado, durante la fase de fermentación.
- El proceso de fermentación aeróbica del caldo microbiológico dura entre 20 y 30 días.
- Al terminar el proceso de fermentación no se observará espuma en la superficie de la mezcla.
- Para emplear el caldo microbiológico se debe revolver intensamente el contenido del tanque y luego proceder a cernir usando una tela o lienzo.
- El caldo microbiológico, después de cernido, debe ser usado lo antes posible, pudiendo almacenarse por períodos cortos, en recipientes herméticamente cerrados (envases plásticos).

Usos.- Los usos del caldo microbiano en la caficultura son:

- En los viveros de café, cacao, frutales y forestales, se recomienda aplicar el "caldo microbiológico" en una dosis de 5% de concentración; es decir, 1 litro de caldo microbiológico + 19 litros de agua. Aplicar al follaje y al sustrato a una frecuencia mensual, combinando con otras alternativas de fertilización. El sustrato debe estar húmedo. Se debe usar una bomba aspersora manual o una regadera, para asperjar sobre el follaje y el sustrato.
- En las plantaciones en producción, se recomienda realizar tres aplicaciones: una a la entrada de las lluvias y las otras dos en intervalos mensuales, en una concentración del 20%; es decir, mezclando 4 litros de caldo microbiológico + 16 litros de agua. Las aspersiones deben dirigirse al follaje de las plantas, usando una bomba aspersora manual.

7.9.3. Biol

El biol es un abono líquido resultante de la fermentación anaeróbica de los estiércoles en un biodigestor, que actúa como regulador del crecimiento y estimula los rendimientos de las plantas.

Condiciones del lugar.- El lugar donde se va a preparar el biol debe reunir las mismas condiciones indicadas para el caldo microbiológico.

Materiales.- Los materiales necesarios para elaborar biol son:

- 30-60 Kilos de estiércol fresco de ganado vacuno o porcino (1/3-1/4 de tanque).
- 4 litros de melaza ó 2,0 kilos de panela.
- 1 litro de leche o suero.
- 300 gramos de levadura.
- 100 litros de agua.
- Porción de follaje verde de leguminosas y/o de hierbas aromáticas/repelentes.

Herramientas.- Tanque plástico de 200 litros con tapa hermética, dos metros de manguera plástica de media pulgada, una unión de media pulgada enroscable, una botella plástica, un balde plástico y un metro de tela o lienzo.

Procedimiento.- El procedimiento para elaborar biol es el siguiente:

- Colocar en el recipiente plástico los materiales: estiércol fresco, agua, melaza o panela, la leche o suero y la levadura.
- Revolver intensamente hasta obtener una mezcla homogénea.
- Agregar el follaje de hierbas finamente picadas.
- Añadir agua hasta aproximadamente 20 centímetros abajo del nivel superior del tanque.
- Sellar herméticamente el tanque y colocar la manguera, asegurándose de que uno de sus extremos desemboque en el espacio vacío del recipiente plástico y el otro dentro del líquido, en la botella transparente semillena de agua. La botella con agua sirve como válvula de escape para desfogar el gas ocasionado por la fermentación anaeróbica en el interior del tanque. Si no se observan burbujas, en los primeros días de la fermentación, es un indicativo de que los gases están escapando y el proceso es defectuoso.
- Dejar la mezcla en fermentación hasta que no se observen burbujas en la botella con agua, situación que se relaciona con el fin del proceso. La fermentación de biol dura de 30 a 45 días.
- Al concluir el proceso de fermentación, el contenido del tanque se debe revolver intensamente y luego cernirlo en un lienzo o pedazo de saco de yute.
- El producto obtenido mediante este proceso se denomina biol y es un abono orgánico líquido fermentado.
- El biol, después de cernido, debe ser usado lo antes posible, pudiendo almacenarse por períodos cortos, en recipientes herméticamente cerrados como envases plásticos.

Usos.- Los usos del biol en la caficultura son:

- Para fertilizar los viveros se recomienda usar el "biol" en dosis del 5% de concentración; es decir, 1 litro de biol + 19 litros de agua. Aplicar al follaje y al substrato a una frecuencia mensual, combinando con otras alternativas.
- En las plantaciones en producción, se recomienda realizar tres aplicaciones de biol al follaje: una a la entrada de las lluvias y las otras dos en intervalos mensuales, en una concentración del 20%; es decir, mezclando 4 litros de biol + 16 litros de agua, con el empleo de una bomba aspersora.



Enmiendas



Fertilización en viveros



Uso de humus de lombriz



Fertilización orgánica



Aplicación de enmiendas



Fertilización química

Foto 10. Alternativas de fertilización de cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

1. Amores P, F. 1993. Fertilización del café. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 99-117.
2. Blanco, JO. s.f. Acondicionadores y mejoradores del suelo (en línea). Instituto Colombiano Agropecuario. Consultado 30 mar. 2011. Disponible en http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006718153746_Acondicionadores%20y%20mejoradores%20de%20suelo.pdf
3. Cáceres R, JH. 1976. Recomendaciones de fertilización para los principales cultivos del Ecuador. Ed. I Tufiño. Quito, EC, Estación Experimental Santa Catalina del INIAP. p. 15, 48-52. (Boletín Técnico nº 18).
4. Carvajal, JF. 1984. Cafeto: Cultivo y fertilización. 2 ed. Costa Rica, Instituto Internacional de la Potasa. p. 85-87, 143-144.
5. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 2008. Sistemas de produção. Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia. Porto Velho, BR. 61 p.
6. Espinosa, J; Molina, E. 1998. Acidez y enclado de los suelos. Quito, EC, INPOFOS. 42 p.
7. Farfán Talledo, GD; Reyes Pilay CJ. 2003. Aislamiento, colonización artesanal e identificación de micorrizas nativas asociadas a la rizósfera de las plantas de café (*Coffea arabica* L.) en dos localidades de la provincia de Manabí. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, EC, Universidad Técnica de Manabí. 63 p.
8. Fischersworing Hömberg, B; Roßkamp Ripken, R. 2001. Guía para la Caficultura Ecológica. Ed. V Fischersworing. 3 ed. act. Colombia, GTZ. 153 p.
9. Guerrero Riascos, R. s.f. Manual Técnico: Propiedades generales de los fertilizantes (en línea). Consultado 30 mar. 2011. Disponible en <http://www.monmeros.com/descargas/dpmanualfertilizacion.pdf>
10. Hernández Gil, R. 2002. Libro Botánica On line. Nutrición mineral de las plantas (en línea). Consultado 14 jun. 2011. Disponible en <http://www.forest.ula.ve/~rubenhg/nutricionmineral/>
11. Imexcor. s.f.a. Cobre, esencial para diversos procesos en las plantas (en línea). Consultado 30 jun. 2011. Disponible en <http://www.imexcor.com.ar/cobre.htm>
12. Imexcor. s.f.b. Manganeseo, reactor del sistema metabólico de la planta (en línea). Consultado 30 jun. 2011. Disponible en <http://www.imexcor.com.ar/manganeseo.htm>

13. INFOAGRO. s.f. Los abonos y fertilizantes (en línea). Consultado 18 may. 2011. Disponible en http://www.infoagro.com/abonos/abonos_y_fertilizantes.htm
14. INPOFOS (Instituto de la Potasa y el Fósforo). 1993. Diagnóstico del estado nutricional de los cultivos. Quito, EC. 55 p.
15. IPNI (International Plant Nutrition Institute). 2011b. Muestreo de suelos y diagnóstico de la fertilización (en línea). US. Consultado 4 may. 2011. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/55A7FA9BA4AA070B03256A24006A36E5](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/55A7FA9BA4AA070B03256A24006A36E5)
16. IPNI (International Plant Nutrition Institute). 2011a. Deficiencias nutricionales en café (en línea). US. Consultado 30 jun. 2011. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/\\$webindex/3E97CE90FF5F0FE005256B480079DCDF](http://www.ipni.net/ppiweb/ltamn.nsf/$webindex/3E97CE90FF5F0FE005256B480079DCDF)
17. IVEX (Instituto Valenciano de la Exportación, CL). 2003. Fertilizantes en Chile (en línea). Chile. Consultado 4 may. 2011. Disponible en www.italcal.cl/pdf/fertilizantes%20en%20chile.pdf
18. Monroig Inglés, M. s.f. Deficiencias Nutricionales del Café (en línea). Consultado 30 jun. 2011. Disponible en <http://academic.uprm.edu/mmonroig/id25.htm>
19. Osorio, NW. s.f. Muestreo de suelos (en línea). Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Consultado 4 may. 2011. Disponible en <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf>
20. QuimiNet. 2006. Tipos de abonos y fertilizantes (en línea). Consultado 18 may. 2011. Disponible en http://www.quiminet.com/ar0/ar_RsDFarmadddsa-tipos-de-abonos-y-fertilizantes.htm
21. Roberts, TL; Henry, JL. 2000. El muestreo de suelos: Los beneficios de un buen trabajo (en línea). IPNI. Consultado 4 may. 2011. Disponible en [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/\\$webindex/55A7FA9BA4AA070B03256A24006A36E5](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/$webindex/55A7FA9BA4AA070B03256A24006A36E5)

PODAS DE LOS CAFETOS

8. PODAS DE LOS CAFETOS

*Luis Alberto Duicela Guambi
Willian Paul Chilán Villafuerte*

La poda consiste en la eliminación de las partes mal formadas, improductivas, plagadas o enfermas del cafeto que se hace con la finalidad de favorecer el desarrollo vegetativo y aumentar la producción.

Para tener buenos resultados productivos, en las podas hay que considerar los siguientes aspectos: la época adecuada, la desinfección previa de las herramientas, el tipo de poda, la protección de los cortes, la selección de los brotes y labores culturales en cafetales.

8.1. ÉPOCA DE LAS PODAS

La época de poda depende del estado fenológico del cultivo, del objetivo del productor y de las condiciones ambientales.

Las podas severas como recepa, descope y desbrote hay que realizarlas cuando el cafeto está con una actividad fisiológica reducida, situación que ocurre después de la cosecha.

Los deschuponamientos o desbrotes pueden hacerse periódicamente, pero son fundamentalmente necesarios antes de la época de floración y antes de la maduración de los frutos.

Algunos caficultores destacan las bondades de realizar las podas cuando la fase lunar está en menguante (semana inmediatamente después de la luna llena), que es cuando la mayor parte de la savia esta en las raíces. Se recomienda hacer las podas en los días no lluviosos y preferentemente en días soleados.

8.2. DESINFECCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS

Las herramientas requeridas para realizar las podas de los cafetos son: serrucho, motosierra pequeña, machete, sierra y tijera de podar (Figura 32).

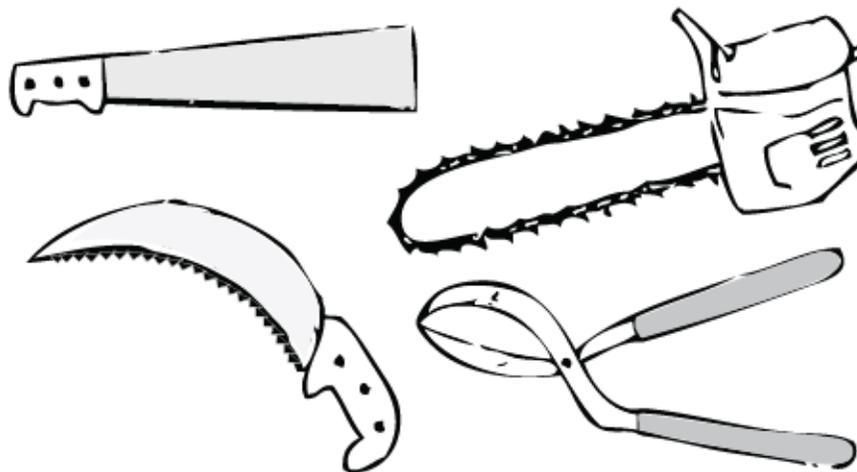


Figura 32. Herramientas para las podas.

La desinfección de las herramientas es una medida preventiva de enfermedades causadas por patógenos de las heridas como el Mal de machete.

Para desinfectar las herramientas se debe usar cloro comercial o alcohol. Cualquiera de estos productos se empapa en un pedazo de tela o franela y con ello se limpian los filos de las herramientas de corte (machete, hacha, serrucho, sierra, filos de la espada de la motosierra) que se usarán en las podas.

En un cafetal puede haber plantas con "mal de machete". En este caso, hay que podar primero las plantas sanas y posteriormente, eliminar las plantas enfermas que presenten síntomas de la referida enfermedad. Si durante la jornada de trabajo, se puso en contacto la herramienta con una planta enferma con "mal de machete", esta debe desinfectarse inmediatamente para evitar la transmisión de la enfermedad.

8.3. TIPOS DE PODAS

Los tipos de poda en los cafetos son: podas de formación, sanitarias y de producción. En la Foto 11, se indican algunos tipos de podas del cafeto.

8.3.1. Poda de formación

La poda de formación es aquella práctica que tiene como propósito modificar el tamaño, el número de ejes productivos, la apariencia y la forma de los cafetos, en cualquier edad y circunstancia (2, 6).

Entre los tipos de podas de formación más frecuentes se mencionan: despuntes de las plántulas, agobio, descope y desbrote.

8.3.1.1. Despunte de las plántulas en el vivero

Las plántulas de café en vivero o los cafetos de reciente establecimiento en el campo, pueden ser despuntados; esto significa que se elimina manualmente la yema apical, usando los dedos o una tijera de podar (Figura 33). Esta poda induce la formación de dos tallos productores desde el inicio del crecimiento vegetativo (5).



Figura 33. Formación de tallos múltiples mediante despuntes sucesivos.

8.3.1.2. Agobio de los cafetos

El agobio de los cafetos se puede realizar en dos circunstancias: 1) cuando se disponga de plántulas "pasadas" en el vivero y se planea su aprovechamiento; y, 2) como una forma de rehabilitación de los cafetos.

Agobio para aprovechar las plántulas "pasadas" en el vivero

El agobio de las plántulas de café que han permanecido mucho tiempo en el vivero y se consideran como "plantas pasadas" es una práctica orientada a aprovecharlas. Estas "plantas pasadas" se establecen en el campo, realizando una poda severa a las raíces, que se espera hayan rebasado las fundas de polietileno, usando un machete, cuchillo o tijera de podar.

Las "plantas pasadas", establecidas en el campo, inmediatamente se agobian, formando un ángulo de 45° en relación al nivel del suelo, y sostienen con una horqueta, gancho, piolas o latillas de caña.

Luego de dos o tres meses del agobio de la planta se habrán formado abundantes brotes en la parte basal, de los cuales se seleccionan entre tres o cuatro brotes sanos, vigorosos y bien formados, distribuidos en los primeros 20 centímetros del tallo. La eliminación de los brotes no deseables se realiza manualmente, con las yemas de los dedos o con la ayuda de una tijera de podar. Posteriormente, se eliminará la copa de la planta agobiada (Figura 34).

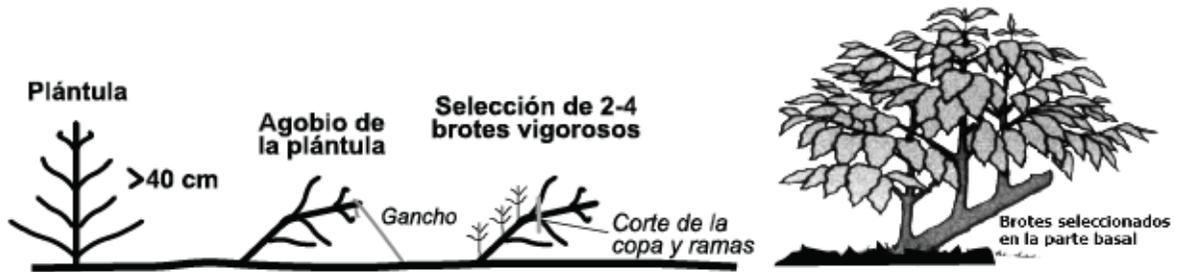


Figura 34. Agobio de las "plantas pasadas".

Agobio de los cafetos como método de rehabilitación

Cuando se constata en los cafetos un agotamiento de la producción, se puede agobiar las plantas para inducir la formación de nuevos tallos productivos; por lo que se considera como una práctica de rehabilitación de cafetales.

Esta labor incluye el siguiente procedimiento: el agobio del café con el potencial productivo disminuido. Para sostener la planta agobiada se pueden usar ganchos o piolas. Luego de tres o cuatro meses se realiza la preselección y selección de los brotes sanos, vigorosos y bien formados, ubicados en la parte basal. Posteriormente se realiza la eliminación de toda la copa del café viejo.

8.3.1.3. Descope del cafeto productivo

El cafeto en producción a los cuatro años de edad puede alcanzar una altura superior a los 3 metros. Luego de la tercera cosecha puede eliminarse la parte superior del cafeto con una tijera de podar, a una altura aproximada de 2,0 metros (1, 2, 3).

El descope del cafeto tiene el propósito de impedir que el cafeto continúe su crecimiento vertical y favorecer la emisión de las ramas secundarias y terciarias (Figura 35).



Figura 35. Descope del cafeto.

8.3.1.4. Deschuponamiento de los cafetos

Las plantas de café tienden a emitir brotes ortotrópicos denominados "chupones", pues los tallos principales se inclinan de manera natural, con el peso de la producción, propiciando la aparición de hijuelos que interfieren con la producción (1). Los chupones aparecen a lo largo del eje principal y ocasionalmente sobre las ramas plagiotrópicas primarias (4, 5).

La eliminación de los chupones se conoce como deschuponamiento o desbrote. Esta práctica debe ser periódica, preferentemente después de la cosecha antes de la floración y antes de la maduración. El desbrote se realiza manualmente o con el uso de una tijera de podar (Figura 36). Luego de deschuponar se deben proteger las heridas con una pasta cúprica o realizar una aspersión de caldo bordelés o azufre.

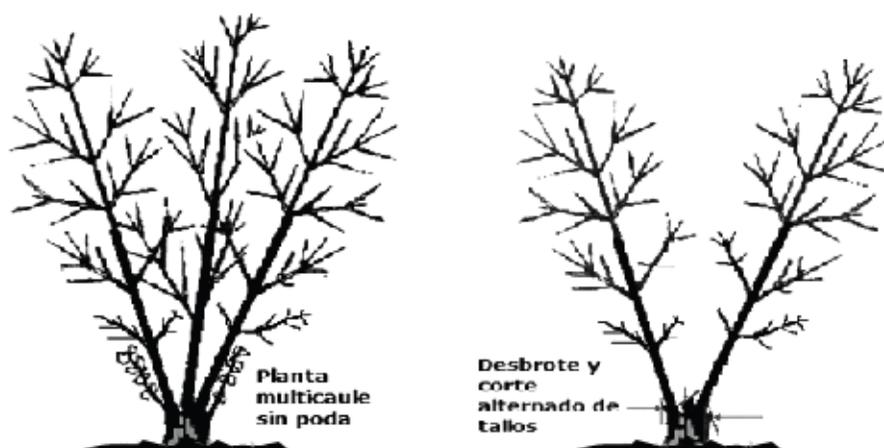


Figura 36. Deschuponamiento y manejo de tallos múltiples.

8.3.2. Poda sanitaria

La poda sanitaria consiste en limpiar el cafeto de todas aquellas partes del tallo, ramas o follaje afectados por problemas fitosanitarios o improductivos.

La eliminación de las ramas atacadas por el taladrador (*Xylosandrus morigerus*), la remoción manual de las ramas y hojas afectadas por mal de hilachas (*Corticium koleroga*) y la eliminación de las ramas secas e improductivas, en forma manual, constituyen las podas fitosanitarias que son indispensables para asegurar un buen estado sanitario de los cafetales (2).

Cuando se realizan las podas de formación (desbrote, descope y selección de brotes) simultáneamente se hace la limpieza fitosanitaria, por lo que esta práctica se conoce como poda de mantenimiento.

8.3.3. Poda de producción

La poda de producción consiste en la preparación de las condiciones vegetativas de los cafetos para favorecer la floración, fructificación y cosecha (3, 7). La poda de producción se orienta a mantener la planta en condiciones óptimas para favorecer la cosecha y se practica durante toda la vida útil del cafeto.

La poda de producción incluye el agobio de plantas con el potencial productivo disminuido y la recepa de cafetales decadentes.

8.3.3.1. Agobio

Los cafetos que muestran decadencia en la producción individual pueden ser agobiados, con el apoyo de ganchos y/o piolas para inducir la formación de brotes nuevos en la parte basal, que deben seleccionarse dejando de dos a cuatro tallos sanos, vigorosos y bien formados; posteriormente se elimina la "copa vieja" (Figura 37), protegiendo la herida con una pasta cúprica (1).



Figura 37. Agobio como práctica de rehabilitación.

8.3.3.2. Recepta

La recepta se considera una poda severa, donde prácticamente se corta el tallo principal para inducir la brotación de "chupones" donde se preseleccionan de 5 a 7 brotes, en una primera etapa; y luego se hace la selección definitiva, dejando de dos a cuatro brotes, bien distribuidos, ubicados hacia la parte media del tocón, que constituirán los nuevos tallos productivos (2, 4, 5). Este proceso se conoce como rehabilitación de cafetales.

8.4. REHABILITACIÓN DE CAFETALES

La rehabilitación de cafetales es el conjunto de prácticas orientadas a recuperar la capacidad productiva del cafetal a partir de una poda severa llamada recepta y la aplicación sistemática de la tecnología apropiada de manejo del cultivo.

La rehabilitación de cafetales se debe realizar obligatoriamente cuando se constate el agotamiento productivo (alrededor de 5 años de cosecha), en el propósito de mantener en forma constante elevados niveles de productividad (1).

8.4.1. Sistemas de rehabilitación

Los sistemas de rehabilitación se relacionan con la organización debiendo combinarse la recepta en bloques que es progresivo después del cuarto o quinto año de cosecha y la recepta de plantas individuales cuando se constate agotamiento o deterioro de cafetales (Figura 38).

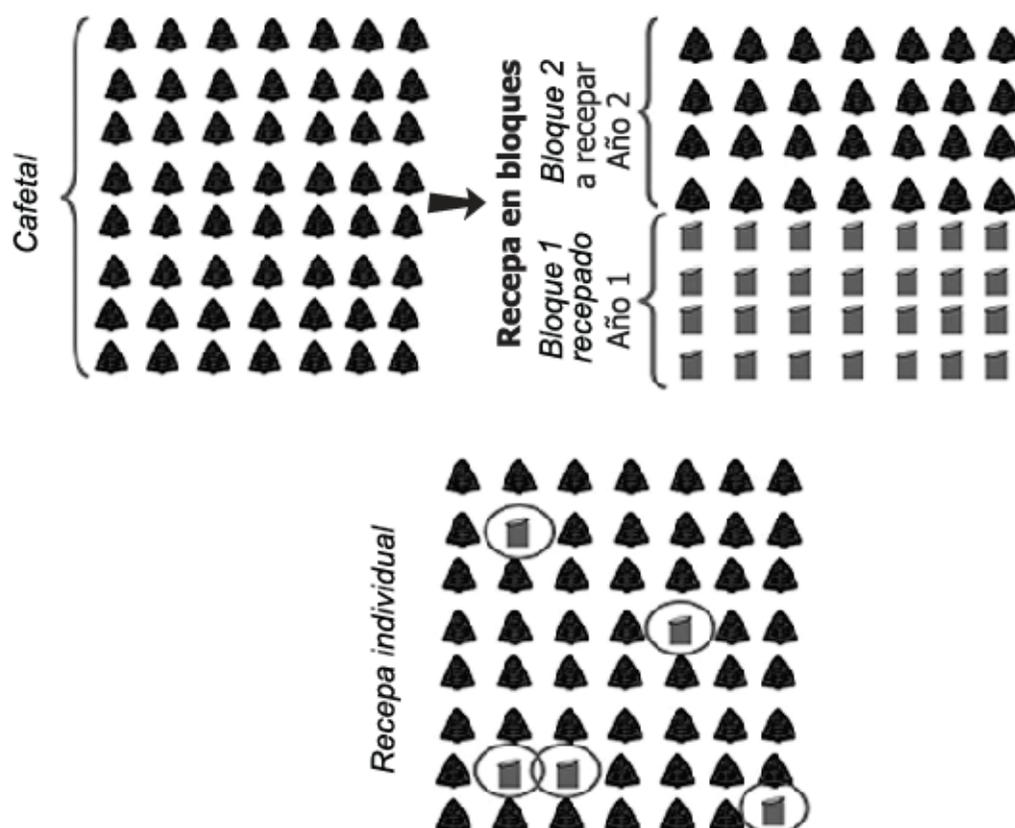


Figura 38. Sistemas de rehabilitación de cafetales.

8.4.2. Época de recepa

La recepa de los cafetos debe realizarse inmediatamente de concluida la cosecha más representativa. La humedad remanente del suelo favorece una rápida emisión de brotes en los cafetos recepados (6).

8.4.3. Herramientas para la recepa

Para la recepa de los cafetales se requiere de herramientas para cortar, como: motosierra, sierra de arco, serrucho de podar o machete (Foto 12). Además, se requiere de baldes, brochas, un pedazo de tela o franela y un pedazo de saco de yute o un cepillo de lavar ropa.

Las herramientas metálicas deben ser desinfectadas, antes de su uso, con alcohol o cloro comercial.

8.4.4. Proceso de recepa

El proceso de recepa de los cafetos es el siguiente:

- Eliminar las ramas y descopar los cafetos viejos (con un machete).
- Cortar los tallos del cafeto, ligeramente en bisel, a una altura de 30 a 40 centímetros del suelo, usando una motosierra o serrucho.
- Limpiar los tocones, para eliminar musgos, otras epífitas y basura, usando un pedazo de saco de yute, un pedazo de tela o un cepillo de lavar ropa.
- En el caso de haber ramas, abajo del punto de corte, éstas no deben eliminarse sino hasta el momento de la preselección de brotes. Las ramas que quedan abajo del punto de corte se llaman "ramas pulmones" y favorecen la brotación.
- Proteger los cortes usando una pasta cúprica.
- Las ramas y follaje de los cafetos recepados deben repicarse, dejando distribuidos en los espacios "entre hileras" para proteger el suelo de la luminosidad intensa, conservar la humedad e impedir el crecimiento de malezas.

En la Figura 39, se puede observar el corte del tallo y los brotes seleccionados.

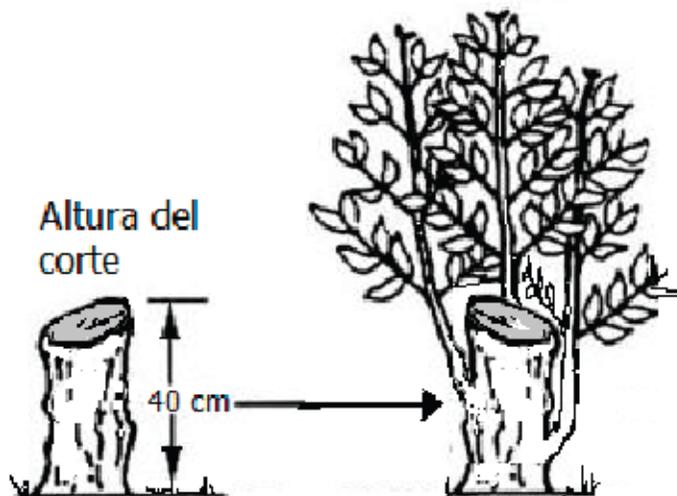


Figura 39. Corte del tallo principal y selección de brotes.

8.4.5. Protección de los cortes

La protección de los cortes debe realizarse inmediatamente después de la recepa usando una pasta cúprica. En el Cuadro 25, se indican los insumos y cantidades referenciales para preparar la pasta cúprica.

El proceso de preparación de la pasta cúprica es el siguiente: se disuelve la cal en un recipiente A; se disuelve el producto cúprico en otro recipiente B y posteriormente se añade todo el contenido del recipiente B (cúprico) sobre A (cal disuelta), agitando constantemente hasta homogeneizarla (Foto 13).

Cuadro 25. Insumos para preparar la pasta cúprica.

Producto	Unidad	Cantidad
Sulfato de cobre	Kilo	1,0 kilo
Cal apagada	Kilo	6,0 kilos
Agua	Litro	4,0 litros

Nota: En el caso de no disponer de sulfato de cobre se puede usar otro fungicida cúprico.

8.4.6. Selección de brotes

La selección de los brotes se realiza en dos etapas: una preselección y la selección definitiva (7).

Preselección de brotes.- Se hace después de dos a tres meses de efectuada la recepa, dejándose de 5 a 7 brotes sanos, vigorosos y bien formados, distribuidos en la parte media del tocón.

Selección definitiva.- Luego de un período de crecimiento prudencial de los brotes preseleccionados, que puede variar de uno a tres meses después de la preselección, se realiza la selección definitiva de los brotes (6).

En el tocón de la planta, solo deben dejarse de dos a cuatro brotes sanos, vigorosos y bien formados que constituirán los nuevos tallos productivos del cafeto. En cafetales de altas densidades se puede manejar dos brotes seleccionados por tocón. Lo conveniente es manejar alrededor de 4.400 tallos productores/hectárea en genotipos de porte alto y de hasta 8.000 tallos/hectárea en genotipos de café Conilón.

8.4.7. Labores culturales en cafetales recepados

Un cafetal recepado debe ser tratado como un cafetal nuevo; por lo tanto, hay que realizar oportunamente las labores de cultivo: fertilización, podas, regulación de sombra, control de problemas fitosanitarios, uso de coberturas y control de malezas, entre otras.

En la Foto 14, se indica el proceso de rehabilitación de cafetales.



Decope del cafeto



Cafeto descopado en producción



Deschuponamiento con tijera de podar



Deschuponamiento del cafeto



Cafetal podado y bien manejado

Foto 11. Podas del cafeto.





Agua, Cal y Sulfato de Cobre



Sulfato de Cobre disuelto



Cal disuelta



Mezcla del Sulfato Cobre y Cal



Pasta Cúprica



Aplicación de la Pasta Cúprica en los tocones

Foto 13. Elaboración y aplicación de la pasta cúprica.



Desrame del cafeto



Recepa con serrucho



Recepa con motosierra



Cafeto recepado



Limpieza del tocón



Protección de los cortes



Selección de brotes



Recepa en bloque



Cafeto rehabilitado

Foto 14. Proceso de rehabilitación de cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

1. COFENAC (consejo Cafetalero Nacional, EC). 2012. Mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías para la producción de café robusta, en el trópico seco del Litoral Ecuatoriano. Informe Técnico. Portoviejo, EC, Cofenac, Dublinsa. 179 p.
2. Duicela G, L; Sotomayor H, I. 1993. Poda del cafeto. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 83-88.
3. Duicela, LA. 2012. Manejo Sostenible de Fincas Cafetaleras. Portoviejo, EC, COFENAC, ANECAFE, CFC, OIC, p. 105-111.
4. EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, BR). 2008. Sistemas de produção. Cultivo dos Cafeeiros Conilon e Robusta para Rondônia. Porto Velho, BR. 61 p.
5. Haarer, AE. 1984. Producción Moderna de Café. Ed. L Hill. Trad. M Godínez. 2 ed. rev. México, Editorial Continental. p. 85-342.
6. Sotomayor H, I.; Duicela G, L. 1993. Rehabilitación de cafetales. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 89-98.
7. Villaseñor Luque, A. 1987. Caficultura Moderna en México. Ed. A Sáenz. Texcoco, MX, Sáenz Colín y Asociados. p. 133-155.

MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS INSECTILES DEL CAFETO



9. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS¹¹ INSECTILES DEL CAFETO

Gustavo Adolfo Enriquez Calderón

Luis Alberto Duicela Guambi

William Paul Chilán Villafuerte

Carlos Javier Reyes Pilay

En el cafetal ocurren en forma dinámica y permanente una serie de interacciones entre los factores bióticos y abióticos. Concebir los fenómenos y sus interacciones en forma global para tomar decisiones oportunas y efectivas que aseguren el crecimiento sano y vigoroso de las plantas cultivadas, constituye el fundamento del manejo integrado de plagas.

La estrategia apropiada para tener éxito en el combate de las plagas de los cafetales es la integración racional, dinámica y oportuna de los distintos métodos como:

- Medidas legales para evitar el ingreso de plagas exóticas (control legal).
- Uso de variedades resistentes (control genético).
- Manejo de los enemigos naturales (control biológico).
- Regulación de la sombra, fertilización y aplicación eficiente de otras labores de cultivo (control cultural).
- Uso de bioinsecticidas o insecticidas permitidos por los organismos oficiales de regulación y control (control químico).

El control legal es un conjunto de normas y regulaciones de AGROCALIDAD, que son de obligatorio cumplimiento por todas las personas vinculadas con la caficultura, orientadas a impedir el ingreso de plagas o enfermedades del café que no existen en el país; impedir o retardar su diseminación; propender a la erradicación cuando sea factible y limitar su desarrollo mediante la reglamentación. Se incluyen aquellas disposiciones que regulan la comercialización y el uso de los pesticidas. El control legal incluye las medidas de cuarentena, inspección, erradicación, reglamentación de cultivos y reglamentación del uso y comercio de los pesticidas.

El control genético de plagas se basa en que todas poblaciones de organismos vivos tienen genes que determinan su comportamiento en ambientes específicos. La intensidad de daños que ocasiona una plaga insectil a un cultivo como el café está en función del tamaño de la población del insecto-plaga y de la capacidad intrínseca de las plantas cultivadas para soportar los ataques.

Los genotipos de café pueden poseer genes que les permiten tolerar, en diferente medida, la presión de las poblaciones de insectos-plaga, lo cual aumenta las posibilidades de supervivencia.

En general, no se dispone de información sobre resistencia genética de los clones de café robusta a ciertas plagas insectiles; sin embargo, a nivel de campo, se constatan ataques diferenciados de ácaros, de taladrador y de otras plagas; situación que sugiere la existencia de probables fuentes de resistencia.

¹¹. En el presente documento este término se refiere a las plagas insectiles y nematodos. La palabra "plaga", en la agricultura se refiere a todos los animales, plantas y microorganismos que tienen un efecto negativo sobre la producción agrícola.

Los métodos indicados como control legal y control genético son referenciales para todas las plagas insectiles del café; las otras alternativas son tratadas de manera específica cuando se trata cada una de ellas.

Los insectos plaga de importancia en el café robusta son: La broca del fruto, el minador de la hoja, el taladrador de la ramilla, las cochinillas y los orozcos. Existen algunos otros de menor importancia económica como escamas, cochinillas y ácaros, que en determinadas condiciones pueden causar severos daños a los cafetales.

9.1. BROCA DEL FRUTO: *Hypothenemus hampei* Ferr.

Este insecto plaga pertenece al orden Coleóptera, familia Scolytidae. Es un pequeño escarabajo de origen africano que fue reportado en el Ecuador en 1981 y ataca a los frutos verdes, maduros, secos y almacenados (11).

El ciclo de huevo a adulto puede durar de 23 a 30 días (11). Las hembras tienen una longevidad de 74 a 133 días; mientras que los machos pueden vivir entre 40 y 60 días (11). La proporción de hembras y machos es de 10:1. Los machos miden de 1,00 a 1,25 mm y las hembras de 1,25 a 1,82 milímetros (11). Los insectos adultos juveniles son de color castaño y se tornan de color negro en la madurez; penetran por el disco o corona del fruto y ovipositan en el interior de las galerías (9). Los huevos eclosionan. El ciclo de vida pasa por los estados de huevo, larva, pupa y adulto, en el interior del grano. Las hembras ovipositan entre 10 y 120 huevos/día, durante 15 - 20 días.

La broca ataca a los frutos y destruye los granos de café en pergamino, en bola seca y en grano verde (café oro), ocasionando pérdidas en el peso y en la calidad. Por cada uno por ciento de frutos brocados, hay una reducción del 0,275% en el peso total de la cosecha. Esto significa que con 10% de infestación de broca, el rendimiento potencial se reduciría en el 2,7% del peso neto (15).

El mayor daño que ocasiona la broca es la afectación directa sobre la calidad física y organoléptica. Los granos brocados son considerados defectos físicos. Los orificios en el grano, causados por la broca, crean condiciones favorables para el ataque de hongos (4). Los cafés atacados por hongos tienen olor y sabor a moho, que es una afectación perjudicial a la calidad de taza. Además, cuando los granos de café son atacados por hongos, hay alto riesgo de incidencia de ocratoxina A (OTA).

Prevención y control

No hay genotipos de café robusta con resistencia a la broca del fruto, por lo tanto, hay que integrar los otros métodos de control.

En lo referente al **control biológico**, en todas las zonas cafetaleras se ha constatado la presencia del entomopatógeno *Beauveria bassiana*, un hongo nativo que parasita y mata las brocas adultas. Otros enemigos naturales como las avispidas introducidas de Uganda (*Prorops nasuta*) y de Togo (*Cephalonomia stephanoderis* y *Phymastichus coffea*) han sido liberadas en varias zonas cafetaleras y contribuyen a reducir las poblaciones de la plaga.

En cuanto al **control cultural**, cabe indicar que este insecto plaga ataca con mayor intensidad los cafetales excesivamente sombreados y poco ventilados internamente; por lo tanto, las podas y las deshieras, además de favorecer el incremento de la productividad, crean condiciones ambientales desfavorables para incidencia de la broca (11). La aplicación eficiente y oportuna de las buenas prácticas de cultivo como: fertilización, deshieras, riegos, entre otras, permite un desarrollo sano y vigoroso de los cafetales.

El **control etológico** se basa en el uso trampas artesanales cebadas con atrayentes para capturar brocas hembras colonizadoras, resultando ser una práctica eficiente para reducir las poblaciones de la plaga (9). Cabe destacar que cuando se usan trampas no es necesario recoger y eliminar las cerezas caídas al suelo ya que se captura a las brocas que emergen de estos frutos (12).

En la Foto 15, se expone algunos aspectos relacionados con los daños de la Broca del fruto y el control biológico.

Elaboración de trampas artesanales para capturar brocas del fruto.- Los materiales requeridos para la *construcción de las trampas* son los siguientes: Botellas vacías de plástico de dos o tres litros, frascos de vidrio o plástico de color oscuro, de 100 ó 200 centímetros cúbicos, una porción de café tostado y molido, alcohol metílico, alcohol etílico o aguardiente, agua, jeringuilla, estilete, cinta adhesiva y alambre.

La elaboración de las trampas incluye las siguientes etapas: la preparación del difusor, la preparación y distribución de las trampas en el cafetal, el conteo periódico de las brocas capturadas y la reposición del difusor.

Preparación del difusor.- En las tapas de los frascos de 100 centímetros cúbicos, de vidrio o de plástico, hacer una pequeña abertura para gasificar. Colocar en el interior del frasco, una mezcla de los alcoholes metílico (tres partes) y etílico (una parte), usando una jeringuilla (12). Otra alternativa para preparar el difusor consiste en colocar de 80 a 100 gramos de café tostado y molido en un litro de aguardiente, macerarlo (por 8 días) y mantenerlo en un lugar fresco hasta su incorporación a los frascos difusores.

Preparación de la trampa.- En la botella de plástico hacer una abertura rectangular hacia la parte superior, de 10 x 15 centímetros y colocar el *difusor* (mezcla de los alcoholes) dentro de la botella en forma invertida, pegado con un pedazo de cinta adhesiva o amarrado con un alambre; agregar agua dentro de la botella de plástico, en el espacio sobrante; y, adherir un alambre de forma que facilite colgarlo de un árbol o cafeto.

Distribución de las trampas de broca.- Colocar en el cafetal de 20 a 25 trampas/hectárea, distribuidos a 20 x 20 metros, en lugares sombreados, debajo de los cafetos frondosos. La trampa debe colocarse a una altura de 100 a 120 centímetros del suelo. Se recomienda codificar las trampas con un número.

Conteo periódico de las trampas.- Revisar las trampas cada 15 días, durante la época de desarrollo de los frutos, hasta después de la cosecha, evaluando los tamaños de las poblaciones, en función del código numérico de la trampa. Esto permite obtener información sobre la dispersión de la plaga dentro del cafetal.

Reposición del difusor.- Al momento del conteo de las brocas capturadas en las trampas hay que asegurarse de que el frasco del difusor contenga la mezcla de alcoholes; en el caso de que falte, hay que reponerlo. También hay que renovar periódicamente el contenido del agua en la botella de plástico.

En la Foto 16, se indica el proceso de construcción de trampas para la captura de la broca del café.

En cuanto al *control químico* de la broca del fruto, no se conocen productos insecticidas que sean eficientes para el combate de la plaga y que no afecten la inocuidad del café. Considerando que la broca del fruto se alimenta del grano colocándose en su interior, hace difícil el control usando insecticidas.

El uso de insecticidas en un cafetal puede provocar:

- Resistencia de la plaga al agroquímico.
- Persistencia de residuos de agrotóxicos en el grano.
- Contaminación del suelo y agua.
- Afectación a la fauna, en general, y a la entomofauna, en particular.

Cualquier insecticida o bioinsecticida que se use deberá ser de baja toxicidad, de bajo impacto ambiental y aplicado como última medida de combate. El insecticida botánico a base de aceite de semillas de nim, aplicado entre los 90 y 120 días después de la floración o cuando se evidencia el inicio de los ataques de la plaga es una alternativa de combate.



Ataque de la broca del café en frutos y en granos almacenados

Huevo
4-6 días



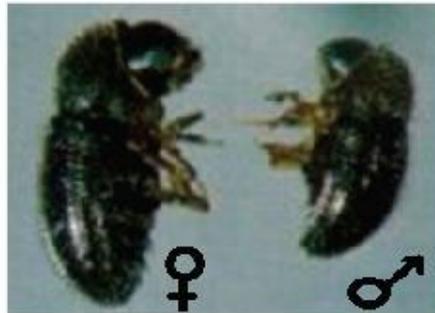
Larva
8-14 días

Pre-Pupa 2-5 días

Pupa 4-6 días



Adulto



Longevidad:

Machos: 40-60 días

Hembras: 74 - 133 días

Ciclo biológico de la Broca del fruto



Avispa *Phymastichus coffea* parasitando a la broca del café



Presencia de *Beauveria bassiana* parasitando brocas adultas

Foto 15. Daños, ciclo de vida y control biológico de la broca del café.



Materiales para elaborar trampa artesanal



Perforación del difusor



Mezcla de alcoholes metílico y etílico



Llenado del difusor con el atrayente



Preparación del envase para la trampa



Colocación de la trampa artesanal y captura de brocas en el cafetal

Foto 16. Elaboración y uso de trampas artesanales para el control de broca del fruto.

9.2. TALADRADOR DE LA RAMILLA: *Xylosandrus morigerus* Blandford

Esta plaga insectil originaria del sudeste de Asia e Indonesia es un pequeño escarabajo que afecta a las ramas del cafeto. En América fue detectada en 1959 y en el Ecuador en 1976. Perteneció al orden Coleóptera, familia Scolytidae. Las hembras realizan pequeñas perforaciones en los brotes tiernos y en las ramas primarias y secundarias, haciendo galerías internas donde ovipositan y se reproducen aceleradamente.

Son pequeños gorgojos que atacan brotes tiernos y ramas del café robusta y excepcionalmente las ramas de los cafés arábigos. Los adultos son de color oscuro, miden de 4 a 5 mm de longitud y tienen un ciclo de vida de 25 a 40 días. Las larvas se alimentan del tejido interno del brote o de la rama, impiden la circulación de la savia y provocan la muerte progresiva del cafeto (11).

Prevención y control

En todas las zonas cafetaleras se ha constatado la presencia del entomopatógeno *Beauveria bassiana*, un hongo nativo que parasita y mata a los insectos adultos de taladrador. En los cafetales se encuentran especies de predadores que se alimentan de huevos, larvas y pupas de taladrador como son: *Crematogaster spp.*, *Pheidole spp.*, *Solenopsis spp.*, *Pseudomirmex spp.* y *Leptothorax spp.* (11).

La poda sanitaria de las ramas y de los brotes infestados con taladrador, la remoción hacia un sitio fuera del cafetal y la incineración del material podado contribuyen a la reducción de las poblaciones de la plaga (3).

El uso de trampas con difusores preparados con alcohol metílico (tres partes) + alcohol etílico (1 parte) + una poción de aceite de clavo de olor, permite capturar hembras colonizadoras de esta plaga, reduciendo las poblaciones de la plaga (3).

9.3. MINADOR DE LA HOJA: *Perileucoptera coffeella* Guer. Men.

El Minador de la hoja es un insecto fitófago del orden Lepidóptera que causa defoliaciones en los cafetos (11). En su estado larval se hospeda en el interior de las hojas, alimentándose del tejido parenquimático y formando galerías (minas) visibles en el haz. Los cafetales más afectados por el minador de la hoja son aquellos con sobreexposición solar. Generalmente, durante la época seca ocurren los mayores ataques de Minador de la hoja que pueden provocar severas defoliaciones (2).

Prevención y control

En el Ecuador se han encontrado varios parasitoides y predadores que regulan las poblaciones de Minador de las hojas. Los parasitoides más comunes son: *Viridipyge letifer*, *Mirax sp.*, *Cirrospilus sp.*, *Zagrammosoma sp.*, *Pnigalio sp.*, *Tetrastichus sp.*, *Horismenus cupreus*, *Catolaccus sp.*, y *Trisopsis sp.* Entre las especies de predadores se encuentran: *Polistes sp.*, *Polybia sp.* y *Chrysopa sp.* (2).

La labor cultural apropiada para prevenir el ataque de Minador de la hoja en los cafetales en crecimiento es proporcionar sombra provisional con una especie de rápido crecimiento como el fréjol de palo (*Cajanus cajan*). En los cafetales robustas en producción hay un auto sombreado, por lo cual no es necesaria la sombra arbórea.

La aplicación de bioinsecticidas o insecticidas químicos no es necesaria para controlar las infestaciones de Minador de la hoja en los cafetales, pues el umbral económico se estima en el 30% de hojas infestadas.

9.4. COCHINILLA DE LA RAÍZ: *Dysmicoccus sp.*

La cochinilla de la raíz o piojo blanco es una plaga que pertenece al orden Homóptera, familia de los Pseudocóccidos (11). Las cochinillas de las raíces viven en simbiosis con las hormigas. Las hembras adultas y ninfas succionan la savia de las raíces, provocando un aniquilamiento gradual de las plantas. La plaga ataca preferentemente los cafetales sombreados y con excesiva humedad en el suelo (11).

Prevención y control

Buen drenaje del terreno, fertilización oportuna, regulación de sombra y colocación de mantillo en la parte basal de los cafetos modifican las condiciones predisponentes para el ataque de las cochinillas de la raíz.

9.5. GUSANOS DEFOLIADORES: *Automeris sp.*; *Eacles masoni*

Pertenecen al orden Lepidóptera, familia Saturnidae (11). En estado larval atacan a las plántulas a nivel de vivero, cortando los brotes en crecimiento y consumiendo las hojas desde el borde hacia la nervadura central (11). Los gusanos defoliadores no causan daños económicos significativos en los cafetales en producción (10).

Prevención y control

En los viveros, la aplicación oportuna de labores como la deshierba, previene el ataque de esta plaga. Para el control de gusanos defoliadores se recomienda la aplicación de insecticidas botánicos preparados con nim (*Azadirachta indica*); también se puede aplicar insecticidas a base de Clorpirifos o de Cipermetrina.

Elaboración del "bio insecticida nim".- El nim (*A. indica*) es un árbol originario de la India cuyas hojas y semillas tienen acción insecticida (6). El nim contiene varias sustancias como: Azadirachtina, Meliantriol, Salanina y Nimbim que tienen un efecto inhibitorio de la alimentación de los insectos (1). El insecticida botánico nim, se recomienda para el control de plagas como broca y gusanos defoliadores (13).

El nim actúa de diversas formas contra más de 165 especies de insectos, reduciendo la actividad alimentaria, con un efecto repelente y como regulador del crecimiento. En ciertas especies, impide la eclosión de los huevos, desfavorece la muda de las larvas y no permite la formación de crisálidas (1). El insecticida nim es de baja toxicidad y tiene poco efecto negativo sobre la fauna benéfica (14).

Los materiales necesarios para preparar el bioinsecticida son: Un kilo de semillas secas de Nim ó dos kilos de hojas frescas de nim y 20 litros de agua. Las herramientas requeridas son: Molino casero, mortero, bandejas plásticas, balde, colador o cernidero, balanza y medida litrera (1.000 mililitros).

El proceso de preparación con semillas es el siguiente:

- Recolectar los frutos de nim y secar a la sombra durante una semana.
- Pesarse un kilo de semillas secas, cantidad necesaria para formar una solución con 20 litros de agua.
- Moler las semillas finamente usando el molino casero.
- Colocar las semillas molidas en una porción de agua por un período mínimo de 12 horas.
- Filtrar el material macerado usando un cedazo o tela.

El proceso de preparación con hojas frescas es el siguiente:

- Recolectar dos kilos de hojas frescas de nim, cantidad necesaria para tener una solución con 20 litros de agua.
- Triturar las hojas frescas de nim, lo más fino posible.
- Colocar las hojas finamente trituradas en una porción de agua por un período mínimo de 12 horas.
- Filtrar el material macerado, usando un cedazo o tela.

El "bioinsecticida Nim" se puede usar para controlar gusanos defoliadores (en los viveros), broca del fruto, cochinillas, pulgones y escamas.

9.6. HORMIGA ARRIERA: *Atta spp.*

La hormiga arriera pertenece al orden Hymenóptera, familia Formicidae y a los géneros *Atta* y *Acromyrmex*. La hormiga arriera ataca a una gran cantidad de cultivos, árboles y malezas, provocando severas defoliaciones, especialmente cerca de áreas boscosas (11).

Estos insectos cortan el material vegetal y lo transportan a las cámaras subterráneas donde cultivan el hongo mutualista Basidiomyceto (Leucocoprineae; Basidiomycotina) como su fuente primaria de alimento. En este lugar, el material vegetal es triturado por las hormigas hasta tener una pulpa que es distribuida como sustrato donde cultivan el hongo del cual se alimentan (16).

Prevención y control

Para el control de las hormigas arrieras hay que combinar varias acciones: primero hay que identificar los hormigueros, luego se debe limpiar el área e introducir en los agujeros un insecticida preparado a base de nim (8) o de Clorpirifos.

La siembra de *Canavalia ensiformis* (especie leguminosa) en los alrededores de los hormigueros o intercalada en los cafetales, contribuye a la reducción de las poblaciones de la hormiga arriera, debido a que las hojas contienen una sustancia tóxica para el hongo cultivado por estos insectos (5).

La reducción de las poblaciones de la hormiga arriera también se logra con el uso de cebos preparados con cáscaras de frutas, una porción de azúcar o panela y levadura de pan. El cebo causa trastornos en la digestión de los insectos y la muerte de éstos.

El proceso de preparación del cebo antiarrieras es el siguiente:

- Recolectar cáscaras frescas de naranja, guineo o papaya
- Colocar sobre las cáscaras de las frutas, una porción de azúcar o panela granulada
- Añadir sobre el azúcar o la panela, una pequeña porción de levadura de pan.
- Distribuir los cebos en los linderos del cafetal, en los "camino de las hormigas arrieras" o alrededor de los hormigueros.

9.7. ESCAMA VERDE: *Coccus viridis*

Esta plaga del cafeto pertenece al orden Homóptera, familia Coccidae. Se localiza a lo largo de las nervaduras, en el envés de las hojas, brotes y frutos tiernos. Las escamas verdes en sus estados de ninfas y adultos succionan la savia de las plántulas causando un retraso en el crecimiento (11).

Las escamas verdes viven asociadas con las hormigas y se caracterizan por segregar una sustancia azucarada que recubre las hojas del cafeto sobre las cuales se desarrolla un hongo conocido como "Fumagina" dando una apariencia ennegrecida al follaje, situación que dificulta la fotosíntesis (11).

Las escamas se desarrollan sobre las hojas, ramas, brotes tiernos y tallos; las mismas chupan savia, produciendo secamiento de tallos y hojas en ataques severos.

Prevención y control

El control temprano de la escama verde y de las hormigas se logra con un buen manejo del cultivo, el uso de insecticidas botánicos a base de nim o la aplicación de insecticidas químicos como Clorpirifos, en dosis de 1,5 centímetros cúbicos/litro de agua.

9.8. COCHINILLA HARINOSA: *Planococcus spp.*

La cochinilla harinosa o piojo blanco es una plaga de los brotes, hojas tiernas y flores del cafeto. Las hembras, antes de llegar a su estado adulto, pasan por tres estadios ninfales y están recubiertas por una sustancia cerosa, blanca y pulverulenta que las protege.

Las colonias de esta plaga succionan la savia y provocan la caída de los órganos afectados. Estos insectos segregan una sustancia azucarada de la cual se alimentan las hormigas y donde se desarrolla el hongo *Capnodium sp.* que causa la enfermedad conocida como "Fumagina" (10).

Prevención y control

Las labores de cultivo, especialmente las podas sanitarias, contribuyen a prevenir la incidencia de esta plaga. Si el ataque de la cochinilla es inicial y localizado, se puede hacer una aplicación dirigida de agua jabonosa con una esponja. El control temprano con insecticidas químicos como Clorpirifos, en dosis de 1,5 centímetros cúbicos/litro de agua.

9.9. OROZCO: *Phyllophaga* spp.

Las gallinas ciegas u orozcos son las larvas de un insecto del Orden: Coleóptera; Familia: Scarabidae; Género: *Phyllophaga*; cuyo nombre científico es *Phyllophaga* spp. Esta plaga también se conoce como: cutzo, jogoto, chobote, orontoco, chorontoco, chicote, mayate o ronrón. Se distribuye ampliamente desde Estados Unidos hasta América del Sur.

Este insecto es una de las plagas que puede destruir la raíz; su larva vive en el suelo a profundidades variables, dependiendo de la temperatura y de la humedad. Las larvas viven enrolladas, son de color marrón claro a oscuro con tres pares de patas torácicas. Al atacar a las raíces, las heridas pueden ser la puerta de entrada a otros problemas sanitarios. Un síntoma característico es que la planta se marchita. Cuando atacan a las plántulas en el vivero, se destruye la raíz pivotante y llegan a morir.

Prevención y control

Esta plaga es de difícil control. El control biológico ocurre por la acción de un hongo del género *Metarhizium* sp. y otros enemigos naturales pertenecientes al orden Hymenóptera.

El control físico, mediante la colocación de trampas de luz blanca, cerca de los lotes de cultivo permite reducir significativamente las poblaciones de "orozco". No hay alternativas de control químico que sean eficientes para controlar esta plaga.

En la Foto 17, se pueden observar los daños causados por varias plagas insectiles, incluido de los orozcos.

9.10. Arañita o ácaro rojo: *Oligonychus* spp.

Las especies de ácaros fitófagos reportados en café, taxonómicamente se ubican en la familia Tetranychidae, género *Oligonychus*. Se conocen tres especies asociadas al cultivo: *Oligonychus coffeae* (Nietner) en África Occidental, *Oligonychus ilicis* (McGregor) en Brasil y *Oligonychus yothersi* (McGregor) en Colombia (7). Este ácaro mide aproximadamente medio milímetro de largo, de forma ovalada y de color rojo, es una plaga eventual que se presenta en épocas secas (10). Su presencia pasa desapercibida en los cafetales por su diminuto tamaño; sin embargo, cuando hay altas poblaciones se hace muy notoria por el color bronceado rojizo que toman las hojas afectadas.

La presencia de esta plaga está asociada a las altas temperaturas, alta luminosidad y falta de lluvias. Se presenta con mayor frecuencia a orillas de los caminos por la presencia de polvo. El daño lo ocasionan las ninfas y adultos de la arañita roja cuando introducen su estilete en la epidermis del haz de la hoja y succionan el contenido celular, causando la destrucción de las células. Cuando las poblaciones del ácaro son bajas, no se evidencia el daño, pero cuando éstas se incrementan, las hojas infestadas caen prematuramente (7).

Prevención y control

Esta plaga se regula con la presencia de lluvias, también se indica que existen depredadores de la familia Coccinelidae, Staphylinidae, Chysopidae y Hemerobiidae.

Dentro de las prácticas de manejo recomendadas se destaca el control oportuno de malezas, las podas y una adecuada fertilización. Si se realiza aplicación de acaricidas se recomienda la rotación de productos para evitar la resistencia.

Un producto natural, a base de Abamectina, de origen natural, procedente de la fermentación de la bacteria *Streptomyces avermitilis* ha resultado eficiente para el control de ácaros.

Como referencia para determinar, a nivel de campo, la incidencia de plagas insectiles, se indica a continuación un formato y las fórmulas para evaluar los respectivos porcentajes, en una muestra de tamaño $n=30$.



Daño de taladrador de ramilla



Cafeto atacado por taladrador de la ramilla



Minador de hojas



Cochinilla blanca



Daño de plantas de café por orozco



Daño por hormiga



Escama verde



Daño por ácaros

Foto 17. Daños de algunas plagas del cafeto.

LITERATURA CONSULTADA

1. ALECO (Aleconsult Internacional). 2009. Bio-neem (en línea). Consultado 22 jul. 2011. Disponible en <http://www.alecoconsult.com/index.php?id=bio-neem2>
2. Anchundia Muentes, LA. 1994. Estudio de la fluctuación poblacional del minador de la hoja del café, *Perileuoptera Coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) y sus enemigos naturales. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, EC, Universidad Técnica de Manabí. 85 p.
3. Arcos Sandoval, MA. 2008. Nueva broca del café: "taladrador de las ramas del café" *Xylosandrus morigerus* Blandford (en línea). Consultado 24 may. 2011. Disponible en <http://www.sntabaconasnamballe.gob.pe/Pro-SNTN/Archivos%20del%20Pro%20SNTN%20en%20la%20web/Nuevabroca.pdf>
4. Benito Sullca, JA. s.f. Paquete tecnológico de manejo integrado del café (en línea). Perú, Ministerio de Agricultura, INIA. Consultado 10 may. 2011. Disponible en <http://www.inia.gob.pe/cafe/PAQUETE%20%20TECNOL%C3%93GICO%20-%20CAFE.pdf>
5. Domínguez, JC. 2004. Canavalia, más que un frijol blanco (en línea). Colombia. Diario El Tiempo. oct. 6. Consultado 24 may. 2011. Disponible en <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1571997>
6. Fernández, R. 1984. El nim: Un insecticida fabricado por la naturaleza (en línea). Consultado 22 jul. 2011. Disponible en <http://www.envio.org.ni/articulo/877> (Envío n° 151).
7. Giraldo, M; Galindo, LA; Benavides, P. 2011. La arañita roja del café, biología y hábitos. (en línea) Caldas, CO, Cenicafe. Consultado 10 oct. 2013. Disponible en <http://cenicafe.org/modules/News/documents/avt403.pdf> (Avance Técnico n° 403).
8. Gruber, AK; Valdix, JK. 2003. Control de *Atta spp.* con prácticas agrícolas e insecticidas botánicos (en línea). Manejo Integrado de Plagas y Agroecología. Costa Rica n° 67. Consultado 11 may. 2011. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1999E/A1999E.PDF>
9. Mendoza Mora, JR. 1991. Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semioquímicos. Tesis Mag. Sc. Minas Gerais, BR. Universidade Federal de Viçosa. 44 p.
10. Muñoz Hernández, RI. s.f. Plagas insectiles del cafeto (en línea). Tegucigalpa, HN, IHCAFÉ. Consultado 11 may. 2011. Disponible en http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/tec_guia_plagas.pdf

11. Páliz S, V; Mendoza Mora, J. 1993. Plagas del cafeto. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 144-174.
12. PROMECAFE (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la caficultura en Centroamérica, Panamá, República Dominicana y Jamaica). 2007. Manejo Integrado de la broca del café diseñado con tres componentes (en línea). IICA. Consultado 10 may. 2011. Disponible en http://www.iica.org.gt/promecafe/boletines/mib/boletin2_mib.pdf
13. Valarezo C, O. 2008. Controlando plagas con el nim. *El Agro* nº 132:45-48.
14. Valarezo C, O; Cañarte B, E; Navarrete C, B. 2008. El nim insecticida botánico para el manejo de plagas agrícolas (en línea). Ecuador, INIAP. Consultado 22 jul. 2011. Disponible en [http://issuu.com/bernardo75/docs/boletin_tecnico_del_nim_2007_correcciones_y_fotos_\(Boletín_divulgativo_nº_336\)](http://issuu.com/bernardo75/docs/boletin_tecnico_del_nim_2007_correcciones_y_fotos_(Boletín_divulgativo_nº_336)).
15. Vega, M. 1993. Estimación de las pérdidas ocasionadas por la broca (*Hypothenemus hampei*), en la producción de *Coffea arabica* y *Coffea canephora* a nivel de campo. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, EC, Universidad Técnica de Manabí. 86 p.
16. Villalba Mosquera, R; Villegas Ramírez, LE. s.f. Hormiga arriera, biología, ecología y hábitos (en línea). Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Universidad Tecnológica del Chocó. Consultado 24 may. 2011. Disponible en http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/20061127161619_Hormiga%20arriera%20parte%20uno.pdf (Cartilla nº 1).

CONTROL INTEGRADO DE ENFERMEDADES DEL CAFETO



10. CONTROL INTEGRADO DE ENFERMEDADES DEL CAFETO

*Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi
Gianni Rubén Corral Castillo
Willian Paul Chilán Villafuerte*

Una enfermedad se define como toda alteración morfo-fisiológica de un organismo vivo o de una población vegetal; resultado de la dinámica interacción entre planta-patógeno-ambiente-hombre (5, 9).

Las enfermedades en los cultivos pueden ser endémicas y epidémicas. Es endémica cuando la enfermedad ataca con baja intensidad, en una determinada región, afectando a pocos individuos. Una enfermedad es epidémica cuando se manifiesta con alta intensidad, debido a que el patógeno se introduce en una nueva zona, se adapta y expande rápidamente o las plantas cultivadas no tienen la resistencia adecuada, por lo que afecta a un elevado número de individuos o a toda una población.

Los factores que determinan la intensidad de ataque de una enfermedad son de naturaleza genética, las condiciones ambientales, el estado fenológico de las plantas cultivadas y la intervención del hombre.

El factor genético del cafeto se refiere al grado de resistencia o de susceptibilidad del genotipo cultivado frente a un patógeno; así como, al grado de patogenicidad del agente causal de la enfermedad sobre el cultivo. En el Ecuador, se han seleccionado genotipos de café robusta con resistencia genética a la roya y a los nematodos.

Las condiciones ambientales de las localidades cafetaleras, en general, o de los cafetales, en particular, pueden ser favorables o desfavorables para el ataque de los hongos fitopatógenos. Entre los elementos ambientales que se relacionan con el nivel de incidencia de enfermedades del cafeto se encuentran: humedad del suelo (si es excesiva y prolongada causa pudriciones de la raíz); humedad relativa alta y temperatura elevada (inciden en la germinación de las esporas de hongos fitopatógenos); persistente presencia de agua líquida en las hojas (desarrollo de hongos), exposición solar (a plena exposición mayor ataque de cercosporiosis).

El estado fenológico se relaciona con el crecimiento vegetativo del tallo y ramas, la formación y caída de las hojas, la floración, la fructificación, la cosecha y el "descanso fisiológico" de los cafetos, etapas que siempre están asociadas a las condiciones ambientales y a las formas de manejo del cultivo.

La intervención del hombre se expresa en el manejo del cultivo, en todas sus fases, integrando las medidas de prevención y combate de las enfermedades como parte de las buenas prácticas agrícolas, en el propósito de obtener una óptima productividad del cafetal.

Las principales enfermedades que afectan la caficultura ecuatoriana son: Mal del talluelo (en semilleros y viveros), Mal de hilachas, Roya, Ojo de gallo, Mancha de hierro, Cáncer del tronco o mal de machete y Quema o "derrite" del café (9, 10).

10.1. MAL DEL TALLUELO

El "mal del talluelo", "mal del tallito", "mal de almácigos", "rhizoctoniosis" o "damping off" es una enfermedad que afecta a los semilleros y viveros de café y es causada por un complejo de hongos como: *Rhizoctonia solani* (Kühn), *Pellicularia filamentosa* (Pat) Regers, *Fusarium sp.* y *Phyitium sp.*

La enfermedad se distingue por el apareamiento de manchas necróticas hundidas, de color oscuro y aspecto rugoso, que empieza a nivel del cuello de la plántula y se extiende hasta cubrir el tallito y las hojas cotiledonales; la epidermis de la plántula se seca y frecuentemente se dobla y cae. Este daño causa la paralización de la circulación de la savia, una severa marchitez y el volcamiento de la plántula (9). En ocasiones, hay un ataque en pre-emergencia, que causa la pudrición de la raíz de tal manera que la plántula no llega a emerger.

Prevención y control

La prevención del "mal del talluelo" comprende las siguientes medidas:

- Uso de arena de río cernida (no reutilizada) como sustrato del semillero.
- Desinfección de los sustratos para semilleros y viveros mediante la solarización, el uso de agua hirviendo, la aplicación de vapor de agua caliente, el uso de hongos benéficos o el uso de fungicidas.
- Eliminación de las plantitas afectadas por mal del talluelo
- Aplicación de una porción de cal en las áreas contaminadas de los semilleros o viveros, donde fueron extraídas las plántulas enfermas.
- Aplicación de fungicidas (Benomil, Captan o Clorotalonil) en los semilleros o viveros, entre una a dos aplicaciones.

Un aspecto clave de la prevención del mal del talluelo es la desinfección de los sustratos. Para solarizar la arena, se debe colocar en los germinadores o fuera de éstos, el espesor de la capa debe ser 20 centímetros; humedecer ligeramente, cubrir con un plástico transparente y mantener en estas condiciones por un período de 1 a 4 semanas. La elevación de la temperatura, dentro del plástico, destruye los huevos de insectos, las semillas de malezas y los hongos fitopatógenos.

La desinfección del sustrato mediante la aplicación de agua hirviendo, se hace usando una regadera o un recipiente de aluminio, vertiendo directamente sobre la arena o la tierra. No se puede aplicar este método en fundas de polietileno llenadas con sustrato; pues, hay que desinfectar antes de llenar las fundas.

Para la desinfección de los sustratos con vapor de agua hay que usar equipos especiales y una infraestructura diseñada y construida para ese propósito.

La desinfección de los sustratos para semilleros y viveros con fungicidas se realiza aplicando fungicidas como: Benomil, Captan o Clorotalonil (en dosis de 1 a 2 gramos/litro de agua), una semana antes de la siembra.

En los semilleros o viveros, cuando se observen síntomas de las enfermedades foliares (cercosporiosis, mal de hilachas, roya) o mal del talluelo, también se deben realizar aplicaciones de los fungicidas mencionados.

El uso de hongos benéficos como *Trichoderma harzianum*, que actúa como antagonista de los hongos fitopatógenos del suelo (3), tiene muchas perspectivas de

uso en substratos para semilleros y viveros de café.

10.2. ROYA DEL CAFETO

La roya del cafeto es una enfermedad fungosa cuyo agente causal pertenece al Orden: Uredinales; Familia: Pucciniaceae; Genero: *Hemileia*; Especie: *vastatrix* y su Nombre científico: *Hemileia vastatrix* Berk & Br. Esta enfermedad, también se la conoce como roya anaranjada, herrumbre, roya común, roya oriental o enfermedad oriental de la hoja (6, 9).

El agente causal de la roya del cafeto es el hongo *Hemileia vastatrix*, un parásito obligado que solo puede crecer en las hojas del cafeto. Esta enfermedad se vuelve más severa en las zonas cálidas, lluviosas y de baja altura. La roya es la enfermedad que más daño causa a la caficultura a nivel mundial (7).

En América se observó la enfermedad por primera vez en Brasil, en 1970. En el Ecuador fue descubierta en 1981, en el cantón Chinchipe, provincia de Zamora Chinchipe. Pese a la acción cuarentenaria del Ministerio de Agricultura, en 1984, se la encontró afectando cafetales arábigos, en casi todo el país.

En el 2013, la roya fue observada en cafetales de la especie robusta, en las provincias de Sucumbíos y Guayas. Esta situación indica que los genotipos de *C. canephora*, de reciente introducción al Ecuador, han perdido los genes de resistencia o hay el apareamiento de nuevas razas fisiológicas en el país, que están afectando a esta especie de café.

La diseminación de las esporas del hongo *H. vastatrix*, de un cafetal a otro o de un territorio a otro, puede ocurrir por acción del viento, la salpicada de las lluvias, pero principalmente por movilidad de los animales y del hombre.

El proceso infectivo de la roya empieza cuando hay uredosporas en el ambiente o en las hojas (inóculo residual), las temperaturas son mayores a 20°C y se constata agua líquida en la lámina foliar. En estas condiciones, las uredosporas localizadas en el envés de las hojas, germinan en un lapso aproximado de 6 horas. Luego se desarrollan las hifas y la parte extrema de la hifa del hongo parásito, llamada haustorio, penetra en el estoma de la hoja e invade internamente, extrayendo los jugos celulares y provocando un colapso de las células. Más adelante, se forman las pústulas polvorientas, redondas de color amarillo-anaranjado, en un inicio; que más tarde se tornan en anaranjadas y hasta rojizas. En el haz de la hoja se nota una mancha amarilla circular en el lado opuesto de la pústula situada en el envés (Foto 18).

Las pústulas con el tiempo se van juntando y forman manchas de color marrón, necrosadas, que pueden cubrir todo el envés. Cuando las pústulas maduran, las uredosporas se diseminan hacia otras hojas de la misma planta o de las plantas vecinas, incrementando la infección y los daños a los cafetos (7).

La roya provoca la defoliación prematura de los cafetos, la reducción de la capacidad de fotosíntesis y, consecuentemente, la caída drástica de la productividad. La maduración de los frutos se vuelve irregular y la calidad del grano disminuye por falta de una adecuada nutrición (4). Cabe indicar que basta una pústula de roya localizada cerca de la nervadura central y del pecíolo para provocar la caída de la hoja.

Prevención y control

En la prevención y control de la roya deben considerarse las siguientes medidas:

Uso de variedades resistentes.- La utilización de genotipos resistentes es la forma más económica de combatir la roya del cafeto. Existen fuentes de resistencia a la roya en *C. canephora* y en los híbridos interespecíficos Híbrido de Timor, Arabusta e Icatú (*Coffea canephora* x *Coffea arabica*). Los clones de café robusta seleccionados en el Ecuador por el INIAP y el COFENAC tienen un alto grado de resistencia a la roya del cafeto.

Manejo tecnificado del cultivo.- Las mayores incidencias de roya ocurren en cafetales excesivamente sombreados y con deficiente aireación interna; por lo tanto, resulta indispensable prácticas como: regulación de la sombra (5), deshierbas oportunas, podas periódicas y fertilización adecuada.

Control biológico.- En los ecosistemas cafetaleros se han identificado dos hongos hiperparásitos asociados a la Roya: *Verticillium spp.* y *Cladosporium sp.* El hongo benéfico *Verticillium sp.*, crece sobre las manchas necrosadas de roya, como un tejido blanquecino, que provoca el colapso de las uredosporas; por lo tanto, hay una disminución de la cantidad de inóculo.

Aplicación de fungicidas protectores.- En cafetales altamente productivos, se justifica realizar aplicaciones de fungicidas protectores a base de cobre (óxido cuproso, sulfato de cobre, oxiclورو de cobre) o preparados como el caldo bordelés. La primera opción es aplicar cualquiera de los fungicidas indicados, cuando se constata la formación de la mayor proporción de hojas nuevas; condición fenológica del cafeto que normalmente ocurre durante los 30 primeros días de la época lluviosa; por lo tanto, es el momento adecuado para realizar la primera aplicación. Más adelante, si la incidencia de roya o de cualquier otra enfermedad foliar, es igual o mayor al 5%, se debe realizar una segunda aplicación de fungicida; aunque también, se puede realizar preventivamente después de 4 a 6 semanas de la primera, independientemente del nivel de incidencia.

Aplicación de fungicidas sistémicos.- En cafetales de alto potencial productivo se pueden aplicar fungicidas sistémicos, alternados con los fungicidas protectores. Solo si la incidencia inicial de roya supera el 5% de hojas enfermas, el programa de combate debe empezarse con la aplicación de un producto sistémico. Los fungicidas sistémicos más adecuados para el combate de la roya pertenecen al grupo de los triazoles y estrobilurinas como: Cyproconazole, Azoxistrobina + Difenconazol, Propiconazol + Tebuconazol. Las dosis de estos fungicidas varían en función de la edad del cafetal y de su área foliar, pudiendo aplicarse de 0,25 a 0,75 litros de ingrediente activo/hectárea/año. En cada caso, hay la necesidad de evaluar la eficacia de los productos en distintos ambientes y de hacer un análisis comparativo de los costos y beneficios económicos.

A nivel de pequeños y medianos productores, se recomienda la preparación artesanal y uso del caldo bordelés. Para preparar el caldo bordelés se usa: Cal apagada (1 kg), Sulfato de Cobre (1 kg) y agua (100 litros). El caldo bordelés se prepara de la siguiente manera: En un recipiente (A), en una porción de agua, se



Distribución de la roya del café en el mundo



Síntomas en el haz de la hoja



Síntomas en el envés de la hoja



Daño causado por la roya del café



Control biológico: *Verticillium* sp.



Control químico: aplicación de fungicida

Foto 18. Distribución, síntomas, daño y control biológico y químico de la roya del café.

disuelve la cal agrícola; en un recipiente (B), en otra porción de agua, se disuelve el Sulfato de Cobre; luego se mezclan, vertiendo el producto cúprico disuelto sobre la cal disuelta, agitando constantemente. Posteriormente se afora a la cantidad de agua, previamente determinada y se agita el preparado intensamente hasta homogeneizar la mezcla. De esta manera el caldo bordelés está listo para su aplicación. En una hectárea se recomienda 3,0 kg de sulfato de cobre/aplicación; es decir, 300 litros/hectárea, en cafetales en producción. El volumen a usarse puede variar en función a la cantidad de follaje de los cafetos.

10.3. MAL DE HILACHAS

El mal de hilachas es una enfermedad causada por un hongo que pertenece al Orden: Corticales; Familia: Corticaceae; Genero: *Pellicularia*; Especie: *koleroga* y su nombre científico es *Pellicularia koleroga* Cook Von. Hoehnee. Los sinónimos son: *Corticium koleroga* y *Koleroga noxia* Donk.

El agente causal del mal de hilachas, comúnmente llamada arañera, koleroga o quemazón, es el hongo *Corticium koleroga*. Esta enfermedad foliar se inicia a partir de las hifas adheridas al tallo, que progresivamente invaden las partes apicales del tallo y ramas; cubriendo las hojas y frutos tiernos con un tejido blanquecino-sedoso (micelio del hongo), cuando las condiciones ambientales son predisponentes. El micelio del hongo, al inicio de la infección, tiene una coloración blanquecina y cuando madura se torna negruzca. En los estados avanzados de la enfermedad, se secan todas las partes infectadas: ramas, brotes, hojas y frutos (8).

Un síntoma característico del mal de hilachas es que las hojas presentan un aspecto polvoso y cuando están secas se quedan pendientes (colgadas) de hilachas conformadas por las hifas del hongo, adheridas a las ramas del cafeto (Foto 19). Mientras más tiernos sean los frutos la vulnerabilidad a la enfermedad es mayor, llegando incluso a provocar una momificación total.

Prevención y control

No hay variedades resistentes al mal de hilachas ni se conoce de la presencia de hiperparásitos. Se han observado ataques de mal de hilachas diferenciados en distintos genotipos, lo cual indica que hay posibilidad de encontrar tolerancia a esta enfermedad.

Para prevenir el mal de hilachas se debe:

- Realizar la poda fitosanitaria, eliminando el follaje enfermo de los cafetos, después de la cosecha, simultáneamente con las podas.
- Regular la sombra en los cafetales arbolados.
- Podar los cafetos para proporcionar una adecuada aireación interna al cafetal.
- Deshierbar oportunamente.
- Fertilizar el cafetal.
- Aplicar fungicidas protectores como: Azufre humectable, Oxicloruro de Cobre, Óxido Cuproso, Sulfato de Cobre o Caldo bordelés. Las dosis máximas permitidas son de 3,00 kilos de ingrediente activo/hectárea/año.

La aplicación del caldo bordelés o de cualquiera de los fungicidas mencionados, contribuye a prevenir el ataque del mal de hilachas (8), cuando se

aplica al inicio de la época lluviosa o cuando la incidencia empieza a superar el 8% de hojas enfermas. Es conveniente realizar una segunda aplicación, después de cuatro o seis semanas de la primera aspersión. Si la incidencia de mal de hilachas es localizada en pocas plantas y los síntomas son iniciales, se puede aplicar el fungicida localizadamente. Considerando que las hifas del hongo sobreviven adheridas al tallo principal y a las ramas viejas, es conveniente que las aspersiones de fungicida no solo se realicen en las hojas sino también se dirijan hacia el tallo.

10.4. OJO DE GALLO

El ojo de gallo es una enfermedad fungosa cuyo agente causal pertenece al Orden: Agaricales; Familia: Tricholomataceae; Género: *Mycena*; Especie: *citricolor* y su nombre científico es *Mycena citricolor* Berk y Curt. Sacc (fase perfecta). También se la conoce con los sinónimos: *Omphalia flavida* Maublanc y Rangel (fase imperfecta). El ojo de gallo se conoce también como: gotera, argenio, mancha de la hoja, mancha americana y ojo de pollo.

Esta enfermedad afecta las hojas, brotes tiernos y frutos en todos sus estados de desarrollo. Los primeros síntomas se manifiestan como pequeñas manchas circulares o ligeramente ovaladas, llegan a alcanzar hasta 15 o 18 mm de diámetro, de color pardo que en su estado avanzado se torna gris ceniza.

El tejido afectado, en ocasiones, llega a desprenderse de las hojas, dejando unos orificios o perforaciones. En condiciones de alta humedad relativa y elevada temperatura, se pueden observar los cuerpos fructíferos del hongo, en forma de pequeñas cabezuelas de color amarillento, creciendo sobre las lesiones (Foto 20). Los cafetales afectados por el ojo de gallo sufren fuertes defoliaciones y consecuentemente provoca una considerable reducción de las cosechas.

Prevención y control

No hay variedades resistentes al ojo de gallo, ni se conoce de la presencia de hiperparásitos. La presencia de hojas enfermas (inóculo del patógeno), la excesiva sombra en los cafetales y la falta de aireación interna crean las condiciones predisponentes para el ataque de la enfermedad.

Para prevenir la incidencia del ojo de gallo se recomienda:

- Realizar las podas de los cafetos para favorecer la aireación interna del cafetal.
- Regular la sombra en los cafetales arbolados.
- Deshierbar oportunamente.
- Fertilizar el cafetal.
- Aplicar preventivamente fungicidas protectores como: Azufre humectable, Oxiclورو de Cobre, Óxido Cuproso o Sulfato de Cobre.

10.5. MANCHA DE HIERRO

La mancha de hierro es una enfermedad causada por un hongo fitopatógeno que pertenece al Orden: Moliliales; Familia: Dematiaceae; Genero: *Cercospora*; Especie: *coffeicola* y su nombre científico es *Cercospora coffeicola* Berk. & Cooke. La mancha de hierro se conoce también como: cercóspora, cercosporiosis, chasparria (en Centro América) y mancha parda de las hojas y de los granos.

Esta enfermedad fungosa afecta los brotes, hojas tiernas y frutos de los cafetos (Foto 21). En algunos casos, esta enfermedad es parte del complejo que destruye los semilleros y viveros, especialmente cuando están a la intemperie. Esta enfermedad provoca varios daños. Cuando ataca a las hojas causa defoliaciones prematuras, reducción de la capacidad fotosintética y pérdida de las cosechas; cuando afecta a los brotes tiernos detiene el crecimiento y si ataca a los frutos provoca daños a la calidad física del grano y a la calidad organoléptica de la bebida.

Las mayores incidencias de la mancha de hierro ocurren en cafetales donde se conjugan tres condiciones: sobre exposición solar, falta de humedad y carencia de nitrógeno asimilable.

Prevención y control

Se recomienda las siguientes acciones para prevenir la mancha de hierro:

- Proveer al cafetal en crecimiento una sombra provisional como guandul (fréjol de palo), evitando la sobre exposición a la luz solar.
- Establecer árboles de leguminosas en los linderos, especialmente guabas (*Inga spp.*); poró o bombón (*Erythrina poeppigiana*); mata ratón (*Gliricidia sp.*), porotillo (*Erythrina velutina Willd.*).
- Fertilizar en forma oportuna, en base del análisis químico del suelo y los requerimientos del cafetal.
- Mejorar el suelo con la adición de compost o caldo microbiano.
- Aplicar fungicidas como Benomil (0,5-1,0 kg/hectárea) en cafetales de alta producción.

10.6. MAL DEL MACHETE

Esta enfermedad pertenece al Orden: Microascales; Familia: Ceratocystidaceae; Genero: *Ceratocystis*; Especie: *fimbriata* y su nombre científico es *Ceratocystis fimbriata* (Ellis, Halst.) Hunt. Antiguamente se lo clasificó como: Ceratostomela.

El mal de machete se conoce también como: cáncer del tronco, mal de macana, llaga macana y llaga del tronco.

Esta enfermedad fungosa afecta a los cafetos y a otras especies arbóreas. Es una enfermedad muy común en zonas con alta humedad relativa y cuando hay residuos vegetales en descomposición.

El mal de machete se desarrolla en las heridas causadas accidentalmente en las rozas o en los cortes de los cafetos cuando se realizan las podas y no se han protegido con cicatrizantes. Puede atacar las plantas jóvenes y las adultas. Las plantas afectadas muestran necrosis en el sitio de las lesiones o heridas por desgarraduras del tronco. Esta enfermedad infecta el tejido del floema y progresivamente invade hacia el resto de los tejidos. Cuando las heridas se han ocasionado en el cuello de la raíz la enfermedad avanza hacia el sistema radical. En esta situación las hojas de los cafetos se tornan amarillentas y flácidas, observándose una pudrición de la raíz y muerte progresiva de las plantas (Foto 22).

Prevención y control

La prevención del ataque del mal del machete involucra las siguientes medidas:

- Realizar las podas de mantenimiento y producción (recepta) en la época seca.
- Desinfectar las herramientas usadas en las podas y recepta con cloro comercial o alcohol.
- Evitar lesiones a los cafetos al momento de rozar (con el machete o la motoguadaña).
- Proteger los cortes en los cafetos, podados o receptados, con una pasta cúprica preparada a base de cal, Sulfato de Cobre y agua.

Cuando se observan cafetos con mal de machete se debe proceder de la siguiente manera: a) eliminar la planta enferma, desde la raíz; b) incinerar la planta enferma fuera del cafetal; c) añadir una porción de cal agrícola en el sitio donde se extrajo la planta enferma; y, d) aplicar las medidas de prevención.

10.7. VIRUELA DEL CAFÉ

Esta enfermedad es causada por un hongo fitopatógeno que pertenece al Género: *Colletotrichum*; Especie: *gloeosporioides* y su nombre científico es *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc.

Esta enfermedad fungosa afecta principalmente al café robusta; fue observada por primera vez en el Ecuador en 1986, afectando plantaciones de *C. canephora* en Santo Domingo de los Colorados (9).

El hongo ataca a las hojas tiernas, brotes y frutos en todos los estados de desarrollo, desde flores hasta cerezas maduras.

Prevención y control

La prevención de la viruela involucra las siguientes medidas:

- Realizar una adecuada regulación de sombra, promoviendo una adecuada aireación de la plantación y penetración de luz para provocar la reducción de agua líquida en el follaje y tejidos susceptibles (9).
- Cultivar en una adecuada densidad poblacional. Los cafetales muy densos son mas vulnerables.
- Manejo tecnificado del cafetal que incluye control oportuno de arvenses y una adecuada recolección de frutos (2).
- Aplicar fungicidas cúpricos (Óxido Cuproso, Oxidocloruro de Cobre, Sulfato de Cobre) o caldo bordelés, especialmente en los cafetales en crecimiento.

10.8. ANTRACNOSIS DEL CAFÉ

Esta enfermedad es causada por un hongo que pertenece al Género: *Colletotrichum*; Especie: *kahawae* y su nombre científico es *Colletotrichum kahawae*. Antiguamente se lo clasificó como: *C. coffeanum*.

La antracnosis afecta a las hojas, ramas y frutos. En las hojas produce manchas de color café, de forma irregular. Tanto en hojas jóvenes como maduras, las manchas tienen orillas bien definidas de color café (9). El hongo afecta especialmente a las plantas mal nutridas y debilitadas por otra enfermedad. Las hojas se tornan amarillentas. Los factores que predisponen al cafeto al ataque del patógeno son: períodos prolongados de lluvia, exposición directa a la luz solar y suelos con desequilibrios nutricionales (2).

Prevención y control

La prevención de la antracnosis comprende las siguientes medidas:

- Realizar una adecuada regulación de sombra, promoviendo una adecuada aireación de la plantación y penetración de luz (9).
- Aplicar fungicidas de la familia de los Triazoles cuando se constaten niveles altos de incidencia de la enfermedad.

10.9. FUMAGINA

Esta enfermedad es causada por un hongo que pertenece al Orden: *Cardonodiales*; Familia: *Capnodiaceae*; Género: *Capnodium*: Su nombre científico es *Capnodium spp.*

La Fumagina se desarrolla sobre las secreciones azucaradas de insectos chupadores como son: pulgones, áfidos y cochinillas. En el haz de las hojas se observa como una mancha corchosa de color negro, donde hay un polvo negro con aspecto de hollín (Foto 23).

Prevención y control

La prevención de la Fumagina se basa en el control de los insectos chupadores que en las épocas secas atacan a los cafetales.

Para el control químico de la fumagina se recomienda:

- Aplicar insecticidas como Dimetoato 40 EC, en dosis de un gramo/litro de agua, para controlar los insectos chupadores.
- Aplicar fungicidas a base de Azufre o de Cobre para combatir al hongo.

Una alternativa de control es la aplicación de aceite agrícola solo, cuando el ataque es inicial; o combinado con el insecticida Dimetoato, cuando la enfermedad está establecida y la incidencia es alta (1).

Como referencia para determinar, a nivel de campo, la incidencia de enfermedades foliares del cafeto, se indica a continuación un formato y las fórmulas para evaluar los respectivos porcentajes, en una muestra de tamaño n=30.

Recuento de Enfermedades Foliares																											
Caficultor:		Variedad:																									
Ubicación de la finca:		Edad del cafetal:																									
Fecha de evaluación:		Estado general del cafetal:																									
ENFERMEDADES	SITIO 1			SITIO 2			SITIO 3			SITIO 4			SITIO 5			Total	Incidencia (%)										
	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas	Plantas												
Hojas con Roya	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	25	-
Hojas con Roya + <i>Verticillium sp.</i>																											
Hojas con Mal de hilachas																											
Hojas con Ojo de gallo																											
Hojas con Mancha de hierro																											
Hojas con Viruela																											
<i>Total de hojas/rama</i>																											
<i>Total de hojas sanas</i>																											
<i>Total de hojas enfermas</i>																											
Estado sanitario del café en Escala ordinal: (-) 1-2-3-4-5 (+).																											
Observaciones:																											
(*) INSTRUCCIONES:																											
1. Cada sitio de muestreo está conformado por 5 cafetos tomados sucesivamente en un hilera aleatoria.																											
2. En cada café se evalúa una rama.																											
3. Las ramas de evaluación se toman alternadamente en el tercio medio y en el tercio superior.																											
4. La evaluación de enfermedades se hace mediante conteo directo del número de hojas total y del número de hojas con síntomas visibles de la enfermedad.																											
5. La evaluación de las plagas se hace mediante conteo directo del número de hojas total y del número de hojas con incidencia de la plaga insectil.																											
6. La evaluación de la incidencia de la broca se hace mediante conteo directo del número de frutos/rama y del número de frutos con daños de la broca.																											
7. En <i>observaciones</i> anotar la presencia de cualquier otro problema fitosanitario no indicado en el formato y su nivel de incidencia, época de ataque u otra información.																											
8. El <i>Estado sanitario del café</i> se evalúa mediante la escala ordinal de Muy Bueno (MB), Bueno (B), Regular (R) y Malo (M). En la celda correspondiente al total se anota la suma de los cafetos en condiciones Muy buenas y Buenas.																											

$$\text{Incidencia (\%)} = \frac{\text{Número de hojas con síntomas}}{\text{Número Total de hojas}} \times 100$$



Foto 19. Planta atacada por mal de hilachas. Nótese los micelios en el envés de las hojas.



Foto 20. Frutos y hojas atacados por el ojo de gallo.



Foto 21. Frutos y hojas atacados con la mancha de hierro.



Foto 22. Tronco atacado por el mal de machete.



Foto 23. Hojas y ramas afectadas por fumagina.

LITERATURA CONSULTADA

1. COFENAC. 2012. Mejoramiento genético y desarrollo de tecnologías para la producción de café robusta, en el trópico seco del Litoral Ecuatoriano. Informe Técnico. Portoviejo EC, Cofenac, Dublinsa. 179 p.
2. Gil Vallejo, L; Varzea V. M; Ceu Silva, M. 2002. La enfermedad de las cerezas del café-CBD-causada por *Colletotrichum kahawa* (en línea). Gerencia técnica, Programa de investigación científica. Cenicafe. Consultado 15 oct. 2013. Disponible en www.cenicafe.org/es/publications/avt0298.pdf(Avance Técnico n° 298).
3. Guilcapi Pacheco, ED. 2009. Efectos de la *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* en la producción de plantas de café (*Coffea arabica*) variedad Caturra a nivel de vivero. Tesis Ing. Agr. Riobamba, EC, ESPOCH. 86 p.
4. Macías Tronconi, N. s.f. Principales enfermedades del cultivo del cafeto (en línea). Tegucigalpa, HN, IHCAFÉ. Consultado 11 may. 2011. Disponible en http://www.cafedehonduras.org/ihcafe/administrador/aa_archivos/documentos/tec_guia_enfermedades.pdf
5. Ortiz, O. 2001. La información y el conocimiento como insumos principales para la adopción del manejo integrado de plagas. Costa Rica n° 61:12-22.
6. Programa Cooperativo ICAFE-MAG. 1989. Manual de recomendaciones para el cultivo del café. 6 ed. San José, CR, ICAFE. 122 p.
7. Rivilla, CA; Leguizamon, J; Gil, LF; Duque, H. 2005. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia (en línea). Caldas, CO, Cenicafé. Consultado 10 may. 2011. Disponible en <http://cenicafe.org/modules/News/documents/bot019-1.pdf> (Boletín Técnico n° 19).
8. Silva Acuña, R; Gil Leblanc, R; Velásquez Bello, L. 2009. Metodología innovadora para controlar el Mal de hilachas del cafeto (en línea). INIAHOY. Consultado 10 may. 2011. Disponible en http://www.inia.gob.ve/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&qid=1002&Itemid=28
9. Sotomayor H, I. 1993. Enfermedades del cafeto. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 118-143.
10. Sotomayor Herrera, I; Duicela Guambi, L. 1995. Control integrado de las principales enfermedades foliares del cafeto en el Ecuador. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. 78 p.

MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS



11. MANEJO INTEGRADO DE MALEZAS

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi
Ciro Eduardo Verduga Avellán

Las malezas son plantas indeseables que interfieren en el uso de la tierra, en la producción agrícola, y generalmente no tienen valor económico. Las malas hierbas pueden ser herbáceas y arbustivas que se establecen en un sitio, finca o lote de cultivo y compiten con las plantas cultivadas por espacio, agua, luz y nutrimentos.

Una lista de las principales especies vegetales que constituyen malezas de los cafetales en el Ecuador, se expone en el Cuadro 26.

Las malas hierbas o malezas están presentes en el agro ecosistema acompañando a los cafetos y pueden constituir, en diverso grado, un factor limitante del desarrollo vegetativo y productivo. Generalmente en los cultivos se encuentran arvenses perennes y otras anuales que se desarrollan formando colonias.

El manejo integrado de malezas en cafetales comprende la combinación de las siguientes prácticas: deshierba manual, asociación de cultivos, uso de mantillo, fomento de las coberturas nobles y control químico (3).

11.1. DESHIERBA MANUAL Y MECÁNICA

La deshierba consiste en la limpieza del cafetal, usando herramientas, cuando se evidencia que las malezas han crecido significativamente.

Las herramientas que se pueden usar para deshierbar son: machete, moto guadaña, azadón o lampa.

La chapia debe hacerse a una altura de cinco centímetros del suelo, eliminando manualmente las hierbas agresivas y arbustos agresivos. Hay que considerar que si se usa azadón o lampa para eliminar las malezas, construir terrazas individuales, zanjas de desviación o cualquier otra labor, se debe tener el cuidado de no afectar el sistema radical de los cafetos.

Cuando hay malezas agresivas que se reproducen vegetativamente o que tienen la capacidad de rebrotar como: la "caminadora" (*Rottboellia exaltata*), "Camacho" (*Xanthosoma* y *Colacassia*) (Foto 24), "hierba de pajarito" de los géneros (*Phoradendron*, *Lorantus* y *Phihirusa*); especies de enredaderas o bejucos, hay que eliminarlas manualmente, usando la herramienta adecuada (6).

Cuadro 26. Especies de "malas hierbas" que afectan los cafetales.

Nombre común	Nombre científico	Referencias
Abrojo	<i>Tribulus cystoides</i> L.	MAG y GTZ 1986
Achochilla	<i>Momordica charantia</i> L.	Sotomayor y Duicela 1995
Anil	<i>Indigofera hirsuta</i> L.	MAG y GTZ 1986
Betillas	<i>Ipomoea</i> sp.	Sotomayor y Duicela 1995
Bledo	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	MAG y GTZ 1986
Bledo espinoso	<i>Amaranthus spinosus</i> L.	MAG y GTZ 1986, Sotomayor y Duicela 1995
Cadillo	<i>Triumphetase mitriloba</i>	MAG y GTZ 1986
Camacho	<i>Xanthosoma</i> sp.	Sotomayor y Duicela 1995
Camacho blanco	<i>Colacasi esculenta</i> Schott	COFENAC 2011
Camacho paleta de pintor	<i>Colacasis bicolor</i> Schott	COFENAC 2011
Caminadora, paja brava	<i>Rottboellia exaltata</i> L.F.	MAG y GTZ 1986
Camotillos	<i>Convolvulus</i> sp.	MAG y GTZ 1986
Causa mozo, botoncillo	<i>Borreria lavevis</i> (Lam) Griseb	MAG y GTZ 1986
Cola de zorro, gusanillo	<i>Setaria geniculata</i> (Lam). Beauv.	MAG y GTZ 1986
Coquito	<i>Cyperus rotundus</i> L.	Duicela et al. 2003
Cordoncillo	<i>Piper bogotense</i> L.	MAG y GTZ 1986
Cordoncillo	<i>Piper aduncum</i> L.	COFENAC 2011
Diente de león	<i>Taraxacum officinale</i> L.	
Escoba	<i>Sida</i> sp.	Sotomayor y Duicela 1995
Escoba negra	<i>Sida rhombifolia</i> L.	Duicela et al. 2003
Espino	<i>Mimosa pigra</i> L.	MAG y GTZ 1986
Frescura	<i>Peperomia pellucida</i> (L) HBK	COFENAC 2011
Globitos	<i>Bryophyllum crenatum</i>	MAG y GTZ 1986
Gramá común, hierba agria, pasto horqueta	<i>Paspalum conjugatum</i> Swartz	MAG y GTZ 1986
Gramalote	<i>Paspalum fasciculatum</i> Willd	Sotomayor y Duicela 1995
Granadilla	<i>Panicum fasciculatum</i> SW	Sotomayor y Duicela 1995
Guardarocio	<i>Digitaria sanguinalis</i> Scop.	MAG y GTZ 1986, COFENAC 2011
Guardarocio	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz) Koel	Duicela et al. 2003
Helecho trepador o helecho alambre	<i>Lygodium japonicum</i> (Thunb.) Sw.	
Heliconia o Platanillo	<i>Heliconia bihai</i> (L.) L.	
Hierba de pajarito	<i>Phoradendron longarticulatum</i>	Sotomayor y Duicela 1995
Hierba de papagayo	<i>Blechnum pyramidatum</i> (Lam) Urban	MAG y GTZ 1986
Hoja del aire	<i>Bryophyllum pinnatum</i> Lam.	MAG y GTZ 1986
Lechuga de platanero	<i>Talinum paniculatum</i> (L.) Gaertn	MAG y GTZ 1986
Mangona, suelda con suelda	<i>Commelina elegans</i> Bur f.	Sotomayor y Duicela 1995
Monte de alacrán	<i>Heliotropium indicum</i> L.	MAG y GTZ 1986
Mala capa	<i>Prestonia mollis</i> HBK	
Ortiga	<i>Laportea aestuans</i> / <i>Fleurya aestuans</i> (L.) Gaud.	Sotomayor y Duicela 1995, COFENAC 2011
Ortiga de monte	<i>Phenaxiaae vigatus</i> Wedd. / <i>Phenaxhirtus</i>	MAG y GTZ 1986
Ortiga grande, ortiga	<i>Urtica urens</i> L.	MAG y GTZ 1986
Ortiga macho, ortiga de caballo	<i>Urtica baccifera</i> (L) Gaud.	MAG y GTZ 1986, COFENAC 2011
Ortiga negra, chine chiquito	<i>Urtica dioica</i> L.	MAG y GTZ 1986
Pacunga	<i>Galinsoga curacazana</i> (P.DC.) SB	MAG y GTZ 1986
Paico	<i>Chenopodium murale</i> L.	MAG y GTZ 1986
Paja brava	<i>Aspalum paniculatum</i> L.	MAG y GTZ 1986, Sotomayor y Duicela 1995
Paja de virgen, pasto bermuda, uña de gato	<i>Cynodon dactylon</i> (L.) Pers.	MAG y GTZ 1986
Paja peluda,	<i>Oplimenus burmanii</i> (Retz) P. Beauv	COFENAC 2011
Paja de conejo	<i>Panicum trichoides</i> Swartz	COFENAC 2011
Palitaria	<i>Chenopodiu malbum</i> L.	MAG y GTZ 1986
Papa china	<i>Caladium</i> spp.	Sotomayor y Duicela 1995
Pata de gallina, paja de burro	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertner	MAG y GTZ 1986, Sotomayor, Duicela 1995 y COFENAC 2011
Pedorrera	<i>Ageratum conyzoides</i> (L) Graud.	MAG y GTZ 1986, COFENAC 2011
Pega-Pega	<i>Boerhaavia decumbens</i> Vahl	MAG y GTZ 1986
Rabo de zorro, verbena	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> DC	MAG y GTZ 1986
Ramoncillo, zorrilla	<i>Lantana camara</i> L.	MAG y GTZ 1986
Saboya, Pasto guinea, chilena	<i>Panicum máximum</i> Jacq.	MAG y GTZ 1986, Sotomayor y Duicela 1995
Sacha yuca	<i>Cleome spinosa</i> Jacq	MAG y GTZ 1986
Salvia	<i>Salvia hirtella</i> L.	MAG y GTZ 1986
Setaria	<i>Setaria glauca</i> (L.) P. Beauv.	MAG y GTZ 1986
Santa María	<i>Pothormorphe peltata</i> (L) Miq	COFENAC 2011
Siempre viva	<i>Commelina diffusa</i> Burn F.	MAG y GTZ 1986, COFENAC 2011
Rabo de gato	<i>Achyranthes aspera</i> L.	COFENAC 2011
Verbena	<i>Verbena littoralis</i> L.	MAG y GTZ 1986
Verbena	<i>Verbena littoralis</i> HBK	Duicela et al. 2003
Yaguachi	<i>Tradescantia debilis</i> HBK	MAG y GTZ 1986
Yaragua	<i>Melinis minutiflora</i> P. Beauv.	MAG y GTZ 1986
Yuruza	<i>Paspalum depauperatum</i> Presl.	MAG y GTZ 1986



Momordica charantia L.
Achochilla



Sida sp.
Escoba



Heliotropium indicum L.
Monte de alacrán



Colacasia bicolor Schott.
Camacho paleta de pintor



Colacasia esculenta Schott.
Camacho blanco



Loranthus leptostachyus HBK
Hierba de pajarito



Ipomoea sp.
Betillas



Taraxacum officinale L.
Diente de león



Rottboellia exaltata L.F.
Caminadora, paja brava

Foto 24. Algunas malezas de los cafetales.

11.2. ASOCIACIÓN DE CULTIVOS

El cafetal, hasta los primeros 18 meses de edad, se considera que está en la etapa de crecimiento. Arriba de esta edad se considera como un cultivo en producción. Durante el crecimiento de los cafetos, se constata que hay espacios de terreno entre las hileras que debe aprovecharse sembrando especies de ciclo corto como: maíz, arroz, fréjol, maní u hortalizas.

Si no se cultiva nada en esos espacios, entonces las malas hierbas ocuparán ese vacío para germinar, crecer y multiplicarse. Cuando se realizan las labores culturales en los cultivos asociados al cafetal, se beneficia directamente a todo el sistema. Por ejemplo: si se fertiliza el cafetal, parte de esos nutrientes son aprovechados por el plátano, el arroz, el maíz, la yuca u otro cultivo asociado; o si se deshierba al maíz asociado, se benefician los cafetos.

La siembra de fréjol de palo (*Cajanus cajan*) en los espacios entre hileras del cafetal es una práctica efectiva para proteger los cafetos en crecimiento, proporcionando sombra adecuada en la época seca (Foto 25). La siembra de esta leguminosa debe realizarse a la salida de la época lluviosa (abril o mayo). Estas plantas de guandul, luego de haberlas cosechado (noviembre y diciembre); al iniciar la nueva época lluviosa, deben ser cortadas e incorporadas en los espacios entre hileras del cafetal. El aporte de biomasa de guandul es una forma de abono verde.

El objetivo de la asociación de cultivos es lograr que las poblaciones de malezas se mantenga en niveles aceptables, reduciendo el número de propágulos, el número de plantas que emergen, la sobrevivencia y la competencia entre las malezas.

El cultivo de plátano, de guineo y de papaya son otras alternativas de asociación temporal, especialmente por su contribución a la alimentación de las familias, a la generación de ingresos y al aporte de biomasa al terreno.

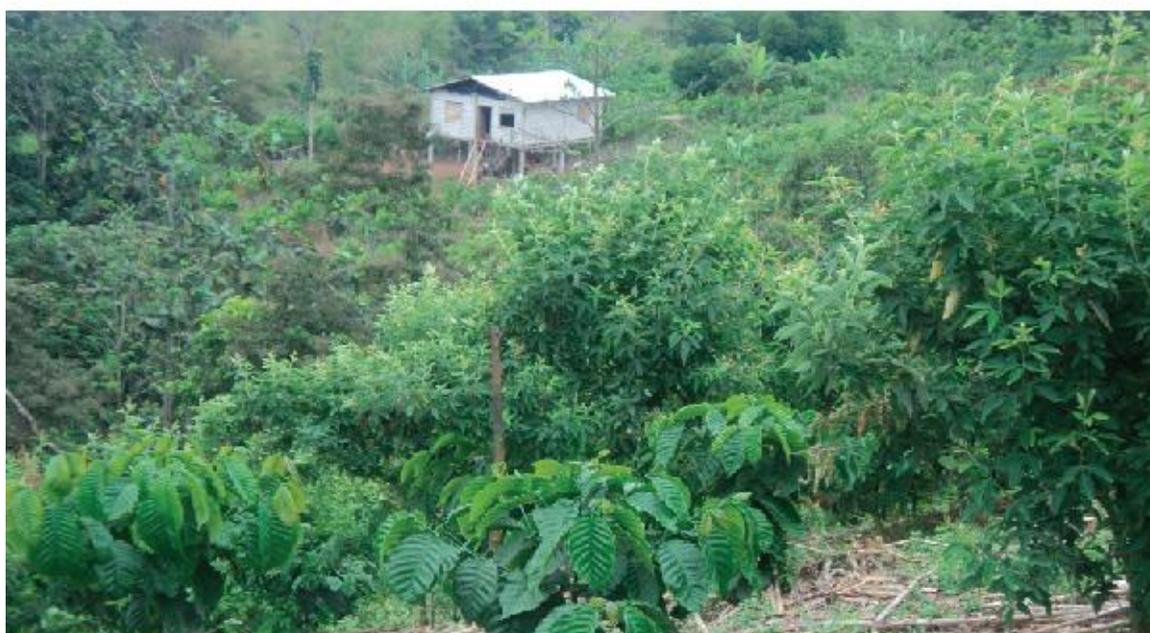


Foto 25. Cafetal en crecimiento con sombra provisional de Guandul.

11.3. CAMBIOS EN EL GRADO DE ACIDEZ DEL SUELO

Se ha constatado una estrecha relación entre el grado de acidez de los suelos y la presencia de algunas plantas indicadoras, muchas de ellas malezas muy agresivas y de difícil control, que desaparecen luego de haber modificado el pH de los suelos.

Por ejemplo: La llamada escoba (*Sida* sp.) está presente en suelos ácidos y pobres en nutrientes y materia orgánica. En este caso, aplicando la cal agrícola o la cal dolomita al suelo, se corrige el pH y se modifica la composición de las malezas. Lo mismo ocurre cuando se aplican estiércoles descompuestos o compost; pues, al aumentar el contenido de materia orgánica se provoca una modificación en la composición de las malas hierbas. En estas condiciones es frecuente el apareamiento de varias especies de hierbas nobles.

Las aplicaciones sucesivas de herbicidas y de fertilizantes químicos también modifican la composición de las hierbas presentes en los cafetales, según las condiciones agroecológicas específicas de cada localidad. Si se usan herbicidas selectivos para gramíneas¹², empezará a incrementarse la frecuencia de malezas de hoja ancha. De igual manera, si se usan sulfatos como abonos, la composición de las hierbas presentes en el cafetal va a modificarse.

En consecuencia, se debe considerar que si hay un espacio libre en el cafetal, este será ocupado por una especie o varias especies de hierbas (malas hierbas y hierbas nobles). Si las condiciones del suelo o de clima se modifican, también se modifica la composición florística de las hierbas.

11.4. USO DE MANTILLO O ACOLCHADOS

El uso de mantillo alrededor de los cafetos, con residuos vegetales y subproductos de las cosechas, es una práctica de aportación de biomasa al terreno, que tiene significativos beneficios en la mejora de la fertilidad, reducción de la erosión del suelo, retención de humedad, control de malezas, balance de la temperatura y aumento de la fauna y flora microbiana.

En la actualidad, en la producción de café se está usando acolchados con láminas de plástico, de polietileno negro, de baja densidad, colocados a lo largo de las hileras de los cafetales, cubriendo la parte basal de los cafetos, en el propósito de hacer un uso más eficiente del agua y de los fertilizantes, la reducción de la erosión y la prevención de la aparición de las malas hierbas. Sin embargo, el incremento de la temperatura puede causar efectos negativos, especialmente si no hay una adecuada provisión de agua.

Las perspectivas de usar plásticos biodegradables es promisorias para la caficultura; pues los riesgos de afectación al ambiente con basura se reducen; ya que estos son degradados por las bacterias del suelo, liberando agua, CO₂, metano y residuos no tóxicos.

¹². El H1-Súper es un herbicida selectivo para controlar malezas de hoja angosta o gramíneas.

11.5. FOMENTO DE COBERTURAS NOBLES

La cobertura vegetal viva constituye ese conjunto de plantas herbáceas que cubren total o parcialmente la superficie del terreno (Foto 26). Las coberturas vegetales pueden conformarse con una sola especie o mediante mezclas heterogéneas de hierbas nobles.

En los cafetales, especialmente en los dos primeros años de crecimiento, es recomendable aprovechar las hierbas nobles nativas (Cuadro 27). Como cobertura vegetal, en los espacios entre hileras, además, se pueden usar algunas variedades de fréjol (caupí, panamito y fresa).

El uso del maní forrajero como cobertura viva en cafetales no es conveniente, porque afecta severamente la producción, debido a probables efectos alelopáticos o a la competencia por nutrimentos (3).

Cuadro 27. Características botánicas de las hierbas nobles presentes en los cafetales.

Nombre Científico	Familia	CARACTERÍSTICAS						
		Ciclo	Raíz	Tallo	Hojas	Inflorescencia	Fruto	Propagación
<i>Centrosema sp.</i>	Fabaceae	Anual	Pivotante	Erecto Glabro leñoso	Pinadas compuestas con folíolos opuestos y en número par	Racimos terminales o axilares con flores amarillas	Legumbre aplanada	Semilla
<i>Commelina diffusa</i>	Commelinaceae	Anual	Fibrosa	Rastrero	Envainadoras y lanceoladas	Cimas axilares, pedunculadas con flores azules	Cápsula	Semilla y vegetativo
<i>Commelina erecta</i>	Commelinaceae	Anual	Fibrosa	Tendido decumbente	Alternas, envainadoras	Cimas	Cápsula	Semilla y vegetativo
<i>Chamaesyce hirta</i>	Euphorbiaceae	Anual	Pivotante	Semi-erecto	Opuestas y oblongas	Cabezuelas axilares	Cápsula	Semilla
<i>Desmodium sp.</i>	Fabaceae	Anual	Pivotante	Delgado y pubescente	Terminales y trifoliadas, con folíolos ovalados	Panicula	Legumbre	Semilla
<i>Desmodium tortuosum</i>	Fabaceae	Anual	Pivotante	Delgado y pubescente	Terminales y con folíolo terminal más grande	Panicula	Legumbre dehiscente	Semilla
<i>Drymaria cordata</i>	Caryophyllaceae	Anual	Fasciculada	Rastrero, ramificado	Pecioladas, acorazonadas o reniformes	Cimas terminales o axilares	Cápsula trivalvulada	Semilla
<i>Floscopa robusta</i>	Commelinaceae	Anual	Fibrosa	Tendido decumbente	Alternas, envainadoras y con pecíolos cortos	Cimas	Cápsula	----
<i>Floscopa sp.</i>	Commelinaceae	Anual	Fibrosa	Tendido decumbente	Alternas, envainadoras y con pecíolos cortos	Cimas	Cápsula	----
<i>Oxalis corniculata</i>	Oxalidaceae	Anual	Pivotante	Rastrero	Trifoliadas con pecíolo largo	----	Cápsula pubescente	Semilla
<i>Panicum trichoides</i>	Poaceae	Anual	Fibrosa	Decumbente y ramificado	Ovaladas, lanceoladas	Panicula	Cápsula pubescente	Semilla

Fuente: Duicela et al. 2003.



Drymaria cordata



Commelina difusa



Boerhaavia decumbens



Floscopa sp.



Commelina elegans



Oplismenus burmanii

Foto 26. Algunas hierbas nobles que requieren ser protegidas y multiplicadas.

11.6. CONTROL QUÍMICO¹³

Las deshierbas en el vivero preferentemente deben hacerse en forma manual. En los casos de escasez de mano de obra, puede emplearse el herbicida Oxyfluorfen (Goal), que es un producto selectivo para el cultivo de café.

El control de malezas se hace integrando todos los métodos. Algunos aspectos del control de malezas, se indican en la Foto 27.

A nivel de cafetales en crecimiento puede usarse herbicidas, como complemento de los otros métodos de control (2). El control químico de malezas en cafetales, especialmente en los dos primeros años de crecimiento, involucra la aplicación de los herbicidas Glifosato, Fluazifopbutil u Oxyfluorfen, según las circunstancias locales (Cuadro 28).

El **Glifosato**¹⁴ es un herbicida sistémico de amplio espectro que controla malezas de hoja ancha y angosta, su acción es postemergente y no es selectivo. En la aplicación del herbicida se debe evitar todo contacto del producto con las plantas cultivadas.

El **Fluazifopbutil**¹⁵ es un graminicida postemergente recomendado específicamente para combatir las malezas gramíneas anuales, perennes y agresivas como coquito y Saboya (4, 5).

El **Oxyfluorfen**¹⁶ es un herbicida preemergente y postemergente, selectivo para el cultivo de café, que puede usarse para el control de malezas de hoja ancha, gramíneas (cyperaceas) en viveros o como en los cafetales establecidos (5).

En los cafetales en crecimiento, se puede usar el Oxyfluorfen (Goal, Galigan 2,5), alrededor de los cafetos, en corona, mientras que en las calles se puede aplicar Glifosato (Round up) usando el aplicador selectivo de herbicida o un aspersor manual con protector en la boquilla.

El Aceite Agrícola¹⁷ es un coadyuvante de uso agrícola para ser utilizado en mezclas con herbicidas. Este aceite es un concentrado emulsionable, que disminuye la evaporación de las gotas pulverizadas, reduciendo pérdidas y ayudando al herbicida a depositarse sobre las plantas. De esta forma se dispone de más tiempo para la absorción de la fase líquida, facilitando la penetración del herbicida a través de las superficies tratadas.

Para controlar epífitas como los musgos que están adheridos a los tallos de los cafetos, especialmente en las zonas de alta humedad relativa, se aplican aceite agrícola solo o mezclado con carbonato de calcio.

¹³ . El uso de herbicidas está prohibido en la agricultura orgánica.

¹⁴ . El glifosato se encuentra en el mercado como: Roundup, Coloso, Glifocol.

¹⁵ . Fluazifopbutil es el ingrediente activo del H1 Súper.

¹⁶ . Oxyfluorfen es el ingrediente activo del Goal, Galigan.

¹⁷ . Aceite agrícola emulsificado, es el ingrediente activo del Agricol

Cuadro 28. Algunos herbicidas usados en la caficultura.

Nombre genérico del producto	Nombre comercial	Clasificación química	Formulación del producto	Concentración del producto comercial	Mecanismo de acción	Uso recomendado del producto	Categoría Toxicológica
ACEITE AGRÍCOLA (Parafínico)	Aceite agrícola	Aceite	LS	800 gramos/litro	Actúa por asfixia	Combate de epífitas (musgo), solo o en mezcla con cal. También se usa como coadyuvante.	IV- ligeramente tóxico
FLUAZIFOPBUTIL	H1-Súper	Aril Oxifenoxi propionato	CE	350 gramos/litro	Afecta los tejidos meristemáticos aéreo y subterráneos	Combate de malezas gramíneas en cafetales en crecimiento	III- ligeramente tóxico
GLIFOSATO	Glifosato Roundup Coloso Glifocor	Gilisina	LS	480 gramos/litro	Inhibe la mutasa corísmítica y la deshidratasa pre-fénica, enzima que intervienen en la síntesis del ácido químico, precursor de la síntesis de los aminoácidos aromáticos.	Combate de malezas en cafetales en crecimiento	IV- ligeramente tóxico
OXIFLUORFÉN	Goal	Dipenileter	CE	240 gramos/litro	Incrementa la peroxidación de los lípidos en la membrana celular, lo que causa un daño irreversible en plantas sensibles.	Combate selectivo de malezas en viveros y en cafetales en crecimiento	IV- ligeramente tóxico
	Galgan						

Nota: LS = líquido soluble, CE= concentrado emulsionable.

Fuente: Garzón y Galarza (1993).

Construcción del "Aplicador selectivo de herbicidas"

El "Aplicador selectivo de herbicidas" o azadón químico es una herramienta construida artesanalmente con tubos de PVC, que se usa para la aplicación dirigida de herbicidas sistémicos como glifosato y constituye una alternativa para el combate selectivo de malezas (1).

Para la construcción del azadón químico se requiere:

Materiales

- 1,50 metros de tubo de PVC de 2 pulgadas de diámetro.
- 2 adaptadores de 2 pulgadas, de plástico.
- 1 tapa enroscable de 2 pulgadas, de plástico.
- 1 reductor de 2,0 pulgadas a 0,5 pulgadas de diámetro, de plástico.
- 1 unión de 0,5 pulgadas, de plástico.
- 1 T de 0,5 pulgadas de diámetro, de plástico.
- 2 tubos de PVC de 25 centímetros de largo y 0,5 pulgadas de diámetro.
- 2 tapas de plástico de 0,5 pulgadas.
- 1 tela esponjosa de 50 centímetros de ancho x 40 centímetros de largo.
- 1 piola de nylon.
- 1 rollo de teflón.

Procedimiento de construcción

- Colocar en los extremos del tubo de PVC de 2 pulgadas los adaptadores de 2 pulgadas.
- En un extremo del tubo, adecuar la tapa enroscable.
- En el otro extremo, colocar el reductor de 2 a 0,5 pulgadas, asegurado con el teflón.
- Colocar la válvula de paso en el reductor, asegurado con el teflón.
- Colocar la unión de 0,5 pulgadas entre la válvula y la T.
- Colocar en los extremos de la T, los tubos de PVC de 25 centímetros.
- Colocar las tapas de los extremos de los tubos de PVC.
- Envolver la tela esponjosa a los tubos de PVC que corresponden a la parte inferior del aplicador selectivo de herbicida.
- Amarrar la tela esponjosa al tubo con piola de nylon.
- El aplicador selectivo de herbicida así construido tiene una capacidad de 3 litros.

Uso del Aplicador selectivo de Herbicidas

- Preparar el herbicida en dosis del 1% (30 centímetros cúbicos/3 litros de agua).
- Asegurarse de que la llave de paso del aplicador esté cerrada completamente.
- Incorporar el preparado de herbicida en el interior del tubo de PVC.
- Colocar, sin presión, la tapa enroscable en la parte superior del tubo.
- En el lote y punto de la aplicación, abrir la llave de paso hasta humedecer la tela esponjosa e inmediatamente iniciar la aplicación del herbicida.
- Terminada la aplicación del herbicida, contenido en el tubo de PVC, se cierra la llave de paso hasta que sea recargada.
- Los tres litros de preparado de herbicida con el aplicador selectivo alcanzan para un área aproximada de 100 metros cuadrados.



Deshierba manual; eliminación de malezas agresivas



Protección y conservación de las hierbas nobles



Chapia



Uso de motoguadaña



Cobertura vegetal con malezas nobles



Uso de residuos vegetales



Construcción del aplicador de herbicidas



Uso de "aplicador selectivo de herbicidas"

Foto 27. Control de malezas en cafetales.

LITERATURA CONSULTADA

1. Bermúdez, H; Miranda, A. 1981. Uso del Azadón químico en el control de malezas en cafetales (en línea). *In* IV Simposio Latinoamericano sobre caficultura. Guatemala, IICA. p. 160-165. Consultado 20 may. 2011. Disponible en <http://books.google.com.ec/books?id=QNoOAQAIAAJ&pg=PA160&lpg=PA160&dq=azadon+quimico+IICA&source>
2. COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC) 2011, Efecto de diferentes dosis del herbicida glifosato con el uso del "Aplicador Selectivo de Herbicidas" (ASH). Informe Técnico. Portoviejo, EC. p. 66-67. *Mimeografiado*.
3. Duicela Guambi, LA; Corral Castillo, R; Cedeño Guerra, L; Romero Romero, F. 2003. Identificación de arvenses en los principales ecosistemas del Ecuador. *In* Tecnologías para la producción de café arábigo orgánico. Manta, EC, COFENAC, PROMSA. p. 231-264.
4. Edifarm & Cía. 2008. Vademécum agrícola. Ecuador. p. 159, 666, 683, 819.
5. Garzón, I; Galarza, C. 1993. Control de malezas. *In* Manual del cultivo del café. Ed. I. Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 167-174.
6. Sotomayor Herrera, I; Duicela Guambi, L. 1995. Inventario tecnológico del cultivo de café. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. 106 p.

CONSERVACIÓN DEL SUELO, AGUA Y BIODIVERSIDAD

12. CONSERVACIÓN DEL SUELO, AGUA Y BIODIVERSIDAD

Gustavo Adolfo Enríquez Calderón
Luis Alberto Duicela Guambi

Los recursos naturales son todos los bienes que ofrece la naturaleza a la humanidad para su uso y aprovechamiento directo o pasando por procesos de transformación.

Los recursos naturales se clasifican en renovables y no renovables. Los *recursos renovables* cumplen un ciclo de producción y recuperación. Si estos recursos fuesen administrados adecuadamente, habría disponibilidad suficiente para toda la humanidad. El suelo, el agua y la biodiversidad son recursos naturales renovables pero las fuertes presiones del hombre y un uso irracional ha provocado una situación de alarma a nivel global.

Los *recursos no renovables* son aquellos que no se forman en ciclos regulares o no se regeneran después de su extracción. Entre estos recursos se encuentran los minerales metálicos (p.e.: oro, plata y cobre), las rocas (p.e.: piedra de construcción y fertilizantes de minas) y los energéticos (p.e.: carbón, petróleo y uranio).

Los caficultores deben orientar el manejo de sus fincas hacia la aplicación cotidiana de un principio de la sostenibilidad: "producir conservando y conservar produciendo". En este propósito se recomienda aplicar algunas medidas de conservación del suelo, del agua y de la biodiversidad.

12.1. PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DEL SUELO

El manejo sostenible del suelo debe direccionarse a una administración adecuada para que las futuras generaciones tengan igual oportunidad de uso y explotación (1).

La conservación del suelo consiste en incorporar prácticas de protección y mejoramiento, de tal forma que se minimicen los impactos de los procesos erosivos, se incremente la riqueza biológica y aumente la fertilidad. Toda práctica que contribuye a aumentar la velocidad de formación del suelo y reducir la velocidad de desgaste, es una medida de conservación.

Entre las prácticas de conservación del suelo en las fincas cafetaleras se deben considerar: La siembra en curvas a nivel, establecimiento de barreras vivas, zanjas de desviación, uso de cobertura vegetal viva y mantillo, uso de acolchados sintéticos y biodegradable, construcción de terrazas individuales, siembra de cortinas rompe vientos y protección de las zonas de amortiguamiento.

12.1.1. Cultivo en curvas a nivel o en contorno

Esta práctica se aplica a los terrenos de ladera y consiste en cultivar el café en hileras transversales a la pendiente, llamadas también en curvas a nivel. Cada hilera plantada en contorno se constituye en un obstáculo que se opone al flujo del agua de escorrentía. De esta manera se disminuye la velocidad del agua y el arrastre de suelo agrícola.

El grado de pendiente o gradiente es la inclinación del terreno respecto del nivel horizontal tomado como referencia. La pendiente se considera un factor determinante en la restricción del uso de la tierra. En suelos con pendientes pronunciadas, se dificultan las labores de manejo del cultivo y la erosión es mayor.

Para determinar la gradiente de un terreno se puede emplear el clinómetro, con el cual se realiza una lectura directa de los grados de inclinación de la pendiente.

12.1.2. Siembra de barreras vivas a nivel o en contorno

Las barreras vivas son hileras de plantas de crecimiento rápido y denso, que se siembran entre las hileras del cafetal, en curvas a nivel con el objetivo de formar un obstáculo al paso del agua y evitar el arrastre del suelo en terrenos de ladera.

Las especies más recomendadas como barreras vivas son: hierba luisa (*Cymbopogon citratus*), piña (*Anona comosus*), vetiver (*Vetiver iazizanoides*) u otro pasto. Estas plantas se siembran en la parte inferior de las zanjas receptoras de agua, o zanjas de desviación, que deben tener una ligera inclinación para evacuar el agua y evitar desbordamientos. Los sistemas de cultivo con barreras vivas son muy beneficiosos para los cafetales (2).

12.1.3. Construcción de zanjas de desviación

En zonas donde el período de lluvias es intenso se recomienda la construcción de zanjas o canales de desviación, con una ligera inclinación, de modo que se conduzca el agua hacia los desagües naturales. La implementación de barreras vivas sobre el borde inferior de las zanjas de desviación, complementa esta práctica de conservación de suelos.

La distancia entre las zanjas dependerá del grado, de la longitud y uniformidad de la pendiente.

12.1.4. Uso de cobertura vegetal viva

La cobertura vegetal viva consiste en mantener una cubierta densa de plantas herbáceas, cultivadas o nativas, en forma permanente. Es importante que las hierbas de cobertura tengan sistemas radicales superficiales y aporten biomasa al suelo, sin competir con el cultivo por espacio, agua, luz y nutrimentos.

La agricultura ecológica considera a las hierbas del cafetal no como malezas sino como plantas acompañantes del sistema. El manejo de las arvenses o hierbas acompañantes del cultivo forman lo que se denomina cobertura noble.

En el Ecuador se han identificado varias especies arvenses con potencial de cobertura noble, entre ellas: *Centrosema sp.*, *Commelina diffusa*, *Commelina erecta*, *Chamaesyce hirta*; *Desmodium spp.*, *Desmodium tortuosum*, *Floscopa sp.*, *Floscopa robusta*, *Oxalis corniculata*, *Panicum trichoides* y *Drymaria cordata*.

12.1.5. Uso de cobertura vegetal muerta o mantillo

La cobertura vegetal muerta o mantillo se conforma con los residuos vegetales de la finca, el follaje de árboles y arbustos frescos o en proceso de descomposición u otros residuos orgánicos incorporados en los espacios entre hileras de los cafetales.

La utilización de coberturas en el suelo trata de solucionar dos problemas: la necesidad de preservar la humedad del suelo y la búsqueda de sistemas de producción sostenibles. El uso de la cobertura mejora las características físico-químicas del suelo, evita la erosión hídrica y favorece el incremento de la producción.

El uso del mantillo conformado por los residuos vegetales (de fréjol o maní, bagazo y hojas de caña de azúcar, seudotallos de plátano, tamo de arroz y soya, panca de maíz), aplicado en los espacios entre hileras del cafetal, tiene un efecto significativo sobre el incremento de la producción.

12.1.6. Uso de acolchados sintéticos y biodegradables

El uso de coberturas vegetales o mantillo es principalmente útil en la fase de crecimiento de los cafetos. Esta cobertura vegetal con residuos puede ser reemplazada con acolchados a base de láminas de materiales plásticos, normalmente polietileno de diversos espesores (entre 10 y 150 μ), siendo lo más usual de 15 a 40 micras y de color negro.

En la actualidad también se dispone de los bioacolchados fabricados con polímeros biodegradables que al finalizar su vida útil son asimilados por los microorganismos y progresivamente descompuestos en H₂O, CO₂ y materia orgánica.

Los principales beneficios de los acolchados en el cultivo son los siguientes:

- Impide el crecimiento de malas hierbas.
- Reduce la evaporación del agua y mantiene la humedad del suelo.
- Aumenta el equilibrio de las condiciones térmicas en el sistema radical.
- Reduce la pérdida de los fertilizantes por la lixiviación.
- Evita la erosión y la compactación del suelo.

12.1.7. Construcción de terrazas individuales

Las terrazas individuales son pequeños terraplenes alrededor de los cafetos, con inclinación contraria a la dirección de la pendiente del terreno. Estas obras pueden hacerse al momento de la siembra o en cafetales establecidos con el uso de herramientas como azadón o pala.

Además, se pueden usar ramas y troncos del cafetal o de otros árboles, arbustos o caña guadua, que se ubican a manera de una cerca, en forma transversal, en la parte inferior de los cafetos, afirmándolo con estacas. Esta práctica favorece la acumulación de materia orgánica, la retención de agua y adecúa el espacio alrededor del cafeto para la aplicación de abonos.

12.1.8. Establecimiento de cortinas rompevientos

La cortina rompevientos es una barrera de vegetación constituida por diferentes estratos con varias especies de arbustos y/o árboles, generalmente localizada en los linderos de la finca y de los lotes, contra la dirección dominante del viento. Su función principal es la de disminuir o neutralizar el efecto perjudicial del viento sobre los cultivos y el suelo, pero tienen beneficios múltiples como la producción de frutos, biomasa, madera, leña y otros productos forestales, dependiendo de las especies que se utilicen.

Las especies que se recomiendan emplear como cortinas rompevientos son: cítricos (*Citrus sp.*), achiote (*Bixa orellana*), algarrobo (*Proposis sp.*), guaba (*Inga spp.*), pachaco (*Schizolobium parahybum*), teca (*Tectona grandis*), laurel (*Cordia alliodora*), cedro (*Cedrela odorata*), guachapelí (*Albicia guachapele*), fernán sánchez (*Triplaris cuminngiana*), mata ratón, palo negro o gliricidia (*Gliricidia sp.*), amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), caoba (*Persea theobromifolia*), entre otras.

12.1.9. Protección de las zonas de amortiguamiento

Las zonas de amortiguamiento son aquellas franjas de cobertura vegetal natural o establecida conformada por hierbas, arbustos, árboles o guaduales, localizadas a lo largo de los ríos, esteros, vertientes y lagos; a la orilla de los caminos; en los linderos externos o internos de las fincas y en las áreas expuestas a la erosión. Para la certificación del café "amigable con las aves" se requiere que las franjas de amortiguamiento a cada lado de los esteros o ríos, sean de 5 y de 10 metros, respectivamente.

Estas zonas de amortiguamiento se deben mantener y proteger para brindar un hábitat apropiado a las diferentes especies de la flora y fauna nativa; reducir los riesgos de la erosión y evitar contaminaciones desde las fincas vecinas.

En la Foto 28, se pueden observar algunas prácticas de conservación de los suelos cafetaleros.

12.2. PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

El uso eficiente del agua tiene beneficios significativos para el ambiente, la salud y la economía (4).

Los sistemas agroforestales cafetaleros tienen un efecto directo y positivo en una cuenca hidrográfica, regulando el régimen hídrico, manteniendo o mejorando la calidad del agua, controlando la erosión y la sedimentación, reduciendo la salinización de los suelos, contribuyendo a mantener los ecosistemas acuáticos saludables y proporcionando un espacio para la sobrevivencia de las especies nativas de la fauna y flora.

En esta perspectiva, a nivel de las fincas cafetaleras, se recomiendan las siguientes prácticas:

- Reforestación de la finca con arbustos, árboles nativos y caña guadua.
- Protección de las zonas de amortiguamiento de los ríos, esteros, vertientes y lagunas con la siembra de especies frondosas, guaduales, árboles diversos y arbustos nativos.
- Protección de los terrenos de ladera con cobertura arbórea y arbustiva.
- Construcción de pozas de infiltración de las aguas mieles del café.
- Prevención de la contaminación de las fuentes de agua con agroquímicos.
- Limpieza periódica de las áreas aledañas a los esteros.
- Prevención o mitigación de la contaminación de las fuentes de agua con subproductos o desechos agrícolas, pecuarios, industriales o domésticos.

En la Foto 29, se pueden apreciar una zona de amortiguamiento de estero y la siembra de caña guadua.



Cobertura vegetal muerta o mantillo



Cobertura vegetal viva



Construcción de terrazas individuales



Construcción de zanjas de desviación

Foto 28. Algunas prácticas de conservación de suelos.



Protección de las zonas de amortiguamiento



Protección de las vertientes de agua



Reservorio de agua

Foto 29. Conservación del agua.

12.3. PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

Por biodiversidad se entiende a “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte...” (Naciones Unidas 1992).

Existen tres conceptos claves relacionados con la conservación de la biodiversidad: Biodiversidad, ecosistema y utilización sostenible.

La *biodiversidad*, según la Red Internacional de Bosques Modelos (6), está conformada por tres componentes: la diversidad genética (genes), la diversidad taxonómica (especies u otras categorías taxonómicas) y la diversidad ecológica (ecosistemas en cualquier nivel geográfico).

Un *ecosistema* es un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una unidad funcional (5).

La *utilización sostenible* se refiere al aprovechamiento de los componentes de la diversidad biológica de un modo y a un ritmo que no ocasione la disminución a largo plazo, con lo cual se mantienen las posibilidades de satisfacer las necesidades y las aspiraciones de las generaciones actuales y futuras (5).

Los cafetales en sistemas agroforestales conservan una gran diversidad de formas de vida. Al mantener los ecosistemas sanos se protege a los enemigos naturales de los insectos plaga, se favorece la polinización de las plantas cultivadas, se crean condiciones adecuadas para el turismo de bajo impacto y se amplía el secuestro de dióxido de carbono (3).

El valor de los servicios ambientales del bosque cafetalero es propio de cada localidad y sus beneficios son múltiples tanto a nivel local como global (Foto 30).

Las principales prácticas de conservación de la biodiversidad, que se recomiendan son las siguientes:

- Reforestación de las fincas, especialmente con especies nativas y caña guadua.
- Manejo de cultivos en sistemas agroforestales.
- Reciclaje de la materia orgánica.
- No contaminación del suelo y del agua con elementos físicos, químicos o biológicos.
- No a la caza, ni a la pesca irracional.
- No a la depredación de la flora nativa.



Loro



Charapas



Insectos



Tapir



Protección del bosque

Foto 30. Protección de la fauna y flora nativa.

LITERATURA CONSULTADA

1. Brack, A; Mendiola, C. s.f. La conservación del suelo (en línea). Enciclopedia Ecología del Perú. Consultado 24 jul. 2011. Disponible en http://www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t14.htm
2. Cifuentes LE. 1997. Un enfoque de sistemas para la caficultura sostenible. Panel de agricultura sostenible. *In* XVIII Simposio latinoamericano de caficultura. San José, CR. p. 99-119.
3. Duicela Guambi, LA; Corral Castillo, R. 2009. Café y Ambiente: Reflexiones sobre la contribución de la caficultura en la conservación de los recursos naturales. Manta, EC, COFENAC. p. 2-24.
4. EPA (Environmental Protection Agency). s.f. Usando el agua eficientemente: Ideas para las comunidades (en línea). Consultado 24 jul. 2011. Disponible en http://www.epa.gov/watersense/docs/community_sp508.pdf
5. Naciones Unidas. 1992. Convenio sobre la diversidad biológica (en línea). Consultado 7. jun. 2011. Disponible en <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>
6. RIBM (Red Internacional de Bosques Modelos). 2010. Conservación de la biodiversidad (en línea). Consultado 4 abr. 2011. Disponible en <http://www.imfn.net/?q=es/node/111>

COSECHA Y POSCOSECHA DEL CAFÉ ROBUSTA



13. COSECHA Y POSCOSECHA DEL CAFÉ ROBUSTA

*Jorge Enrique Guamán Aguilar
Luis Alberto Duicela Guambi
Diana Sofía Farfán Talledo*

El genotipo, el ambiente y los procesos precosecha y poscosecha determinan en la productividad, la calidad física del grano, la calidad organoléptica de la bebida y la inocuidad del producto hasta este punto de la cadena. El proceso poscosecha comprende la transformación del café maduro en café verde (café en grano con una humedad del 10-13%).

La poscosecha del café robusta, en el Ecuador, se realiza en su mayor parte por el método de beneficio conocido como vía seca. Actualmente, especialmente algunas organizaciones de productores, empiezan a comercializar los cafés robustas lavados y semilavados, como cafés diferenciados, principalmente por sus atributos en la taza.

13.1. BENEFICIO DEL CAFÉ POR LA VÍA SECA

El beneficio por la vía seca es un proceso de transformación del café cereza a café natural (6). Este método de beneficio se basa en la deshidratación de los frutos del café hasta un contenido de humedad del 10 al 13 por ciento. Luego del secado, se tiene el llamado "café bola" o "bola seca". Las envolturas del café "bola seca" se eliminan en una piladora, para dar como producto el "café natural".

Para obtener cafés naturales de calidad se benefician solo los frutos maduros; por tanto, el boyado del café, es opcional y depende de los requerimientos de la demanda (alternativas A y B de la Figura 40). Si se toman en consideración los principios de higiene y de buenas prácticas agrícolas en la poscosecha, se pueden obtener cafés naturales de alta calidad. Sin embargo, por la vía seca, se pueden beneficiar todos los frutos cosechados, en diferentes grados de madurez incluyéndose los pintones, sobre maduros y frutos secos (Foto 31).

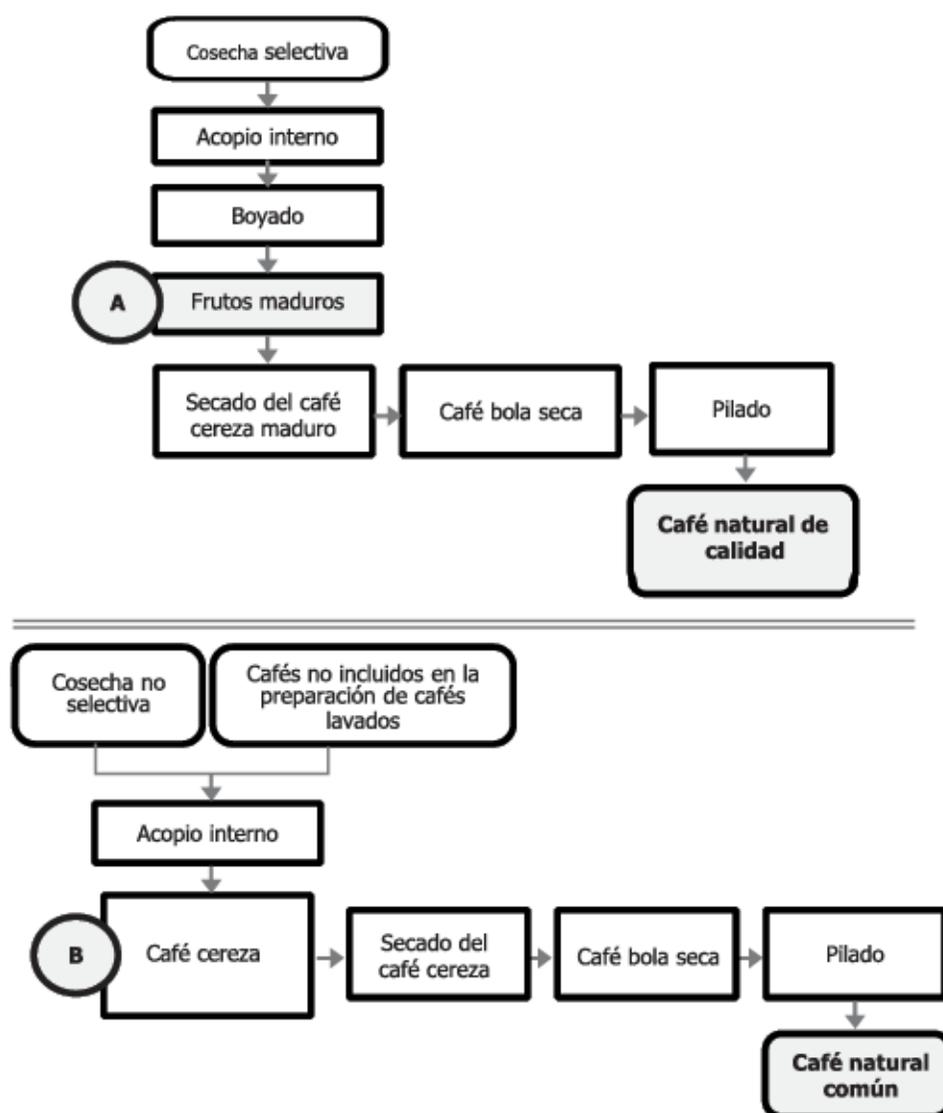


Figura 40. Esquema del proceso de beneficio por la vía seca:
A: Café natural de calidad; y, B: Café corriente.

Plan de cosecha y poscosecha

Antes de la cosecha hay que preparar un plan de cosecha y poscosecha que comprende las siguientes acciones básicas:

- Determinar el potencial esperado de producción por lote de cultivo.
- Estimar la fecha aproximada del inicio de la época de cosecha.
- Adecuar, arreglar o construir el espacio para el acopio del café.
- Adecuar y dar mantenimiento a las instalaciones eléctricas.
- Adecuar, arreglar o construir los tendales o marquesinas.
- Identificar a los colaboradores para la cosecha y el beneficio del café.
- Capacitar a los cosechadores y beneficiadores en los aspectos de buenas prácticas de cosecha y beneficio, prevención de Ocratoxina A (OTA) y sobre la calidad física y organoléptica.

Cosecha

En la cosecha del café se deben considerar los siguientes aspectos:

- Determinar el estado de madurez de los frutos, según los genotipos.
- Recolectar los frutos sobre lonas tendidas en el suelo, especialmente cuando se usan cosechadoras mecánicas.
- Realizar las recolecciones de café cereza, las veces que sean necesarias, a medida que vayan madurando los frutos.
- Evitar que los frutos cosechados entren en contacto con el suelo.
- Colocar el café cereza en sacos de yute o cabuya limpios para su traslado al lugar de acopio interno.

La cosecha de los frutos inmaduros reduce la cantidad en peso de la producción potencial esperada y causa un detrimento en la calidad de la taza (2), por lo que debe evitarse esta práctica. Cuando se cosecha el 100% de frutos inmaduros, el peso de la producción potencial se reduce en un 33 por ciento.

En los casos donde se constate mezclas de los frutos maduros con los tiernos y sobre maduros, se debe proceder a la clasificación manual por el estado de madurez. Esta clasificación se puede realizar en forma manual o usando equipos especializados para la separación de los frutos de acuerdo a su madurez.

Acopio interno del café cereza

El acopio interno del café cereza se refiere a la movilización del producto cosechado desde el cafetal hasta el punto de recepción a nivel de la finca. En esta labor hay que considerar lo siguiente:

- Receptar el café cereza y colocarlo sobre lonas, tendales o entablillados de madera o caña guadua que tengan adecuada ventilación.
- Evitar que el café cereza entre en contacto directo con el suelo.
- No amontonar el café cereza por períodos mayores a tres horas, ni expuesto al sol.
- Evitar la presencia de los animales domésticos en los lugares de acopio del café cereza.
- Asegurar la limpieza del lugar de acopio del café cereza; hay que evitar el contacto con la basura, piedras, vidrios y plásticos (contaminaciones físicas) y con los agroquímicos y derivados de petróleo (contaminación química).
- Evitar que el café se contamine con hongos y bacterias (contaminación biológica).
- Asegurar que las personas encargadas de procesar el café tengan un buen estado de salud.

Secado del café cereza

El secado tiene el objetivo de deshidratar las cerezas hasta un rango de humedad del 10 al 13 por ciento. Para secar el café cereza se deben usar tendales de cemento, entablillados de madera, zarandas de plástico o de malla metálica, secadores solares (marquesinas) o secadores artificiales.

La infraestructura debe estar limpia y protegida de probables contaminantes. No se debe mezclar los granos de diferentes porcentajes de humedad, en ningún caso. Hay que proteger los granos en proceso de secado con lonas o láminas plásticas durante las noches o cuando haya riesgo de lluvias.

En el secado hay que evitar el rehumedecimiento de los granos para prevenir el ataque de hongos. El secado debe hacerse esparciendo los granos en capas delgadas de 3 a 5 centímetros de espesor y removiendo de 3 a 5 veces al día.

El café "bola seca" es el producto resultante de este proceso.

Pilado del café "bola seca"

El pilado consiste en la eliminación de todas las envolturas del grano de café. El producto resultante de este proceso es el café natural.

Almacenamiento y transporte

Para el almacenamiento y transporte del café bola seca o del café pilado, se recomienda:

- El café bola seca o el café pilado con una humedad del 10 al 13%, puede ser almacenado en sacos de yute o cabuya limpios, en lugares secos y ventilados, donde la temperatura sea inferior a los 20°C y la humedad relativa del 65 al 70%; separados de la pared y el suelo; sobre estibas de madera o plástico.
- En el transporte del café bola seca hacia la piladora o los centros de acopio se debe proteger del polvo y de la lluvia; así como, de toda forma de contaminación con agentes físicos, químicos y biológicos.



Cosecha



Boyado de los frutos



Secado en marquesinas



Secado en tendal

Foto 31. Proceso de beneficio por la vía seca.

13.2. PREPARACIÓN DE LOS CAFÉS LAVADOS

Los métodos de beneficio que se usan para obtener los cafés lavados son: Beneficio por la vía húmeda, beneficio sub húmedo o ecológico y beneficio húmedo enzimático (Figura 41).

Para realizar correctamente el beneficio húmedo se deben aplicar un conjunto de recomendaciones durante todo el proceso, desde la elaboración del plan hasta el almacenamiento y transporte (3).

Las recomendaciones generales para la preparación de los cafés lavados incluyen: plan de cosecha y poscosecha, cosecha selectiva, acopio interno del café cereza y boyado.

El boyado es una actividad que se realiza para la separación física de las hojas y palos; así como, de los frutos vanos y secos de toda la masa de frutos cosechados, dejando aparte los frutos maduros (no vaneados) usando un recipiente con agua. En este proceso se deben considerar las siguientes recomendaciones:

- Garantizar que los recipientes plásticos o tanques de cemento, donde se realizará el boyado, estén limpios.
- Asegurarse de que el agua a usarse en el boyado sea limpia.
- Colocar agua en los recipientes o tanques hasta alrededor de 2/3 de la capacidad.
- Introducir en los recipientes o tanques con agua una cantidad adecuada del café cosechado y agitar la masa de frutos.
- Retirar los frutos vanos, tiernos y secos, la basura y las hojas que se encuentren flotando sobre el agua del recipiente o tanque, usando un tamiz.
- Recoger los frutos maduros que por su mayor densidad quedarán asentados en el fondo del recipiente.
- Con los frutos maduros clasificados en el boyado, continuar el proceso de beneficio por la vía húmeda, ecológico o húmedo enzimático.

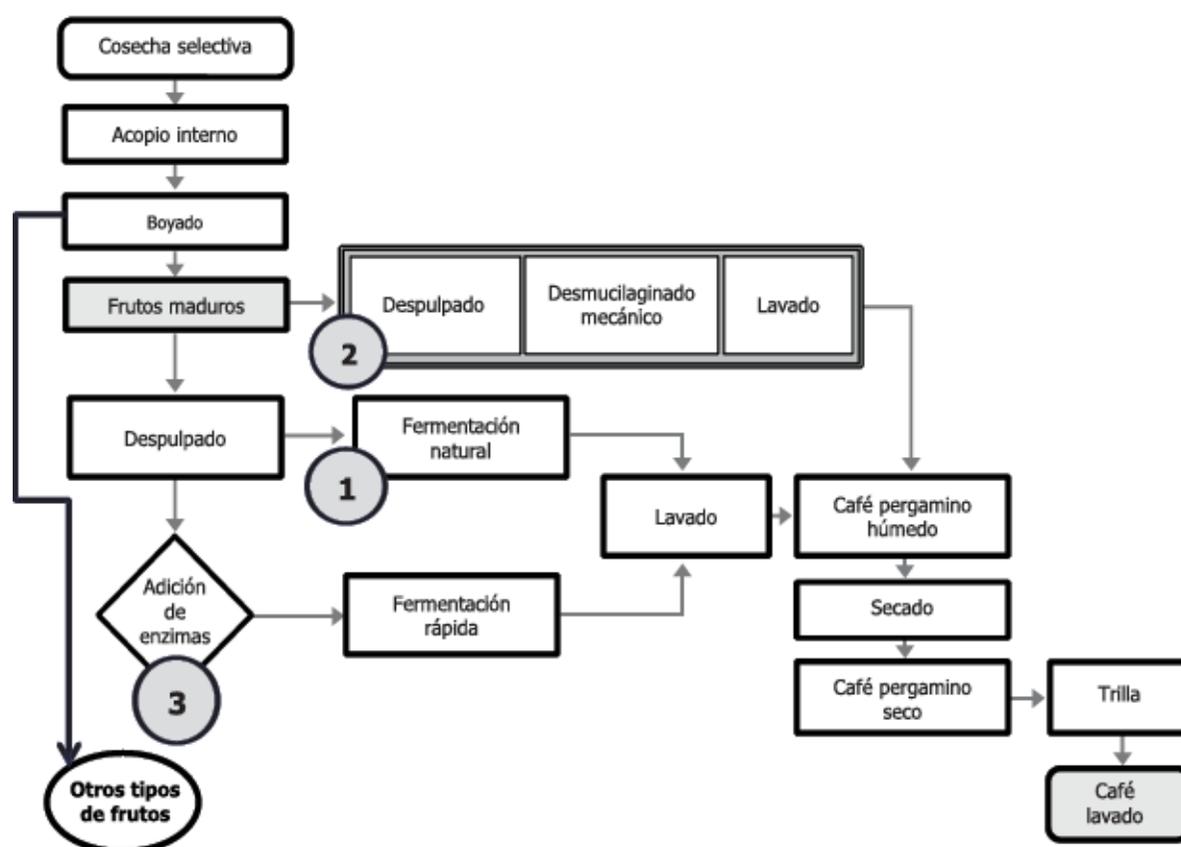


Figura 41. Esquema de los métodos de beneficio para preparar cafés lavados: 1) Beneficio por la vía húmeda; 2) beneficio ecológico; y, 3) beneficio húmedo enzimático.

13.2.1. Beneficio del café por la vía húmeda

El beneficio húmedo convencional es un proceso de transformación del café cereza maduro al café pergamino húmedo que involucra el boyado, despulpado, fermentación y lavado (Foto 32).

El café pergamino húmedo luego del secado se transforma en café pergamino seco, posteriormente se trilla y da como producto el café lavado (4).

Despulpado

El despulpado es la acción de eliminar la cáscara del fruto (epidermis) y una parte de la pulpa o mesocarpio, usando equipos especiales que se denominan despulpadoras.

En este proceso se recomienda lo siguiente:

- Los frutos maduros de café deben despulparse el mismo día de la cosecha.
- Eliminar la cáscara y parte del mucílago (pulpa del café) usando una despulpadora.
- La despulpadora debe estar bien calibrada, de acuerdo al tamaño de los frutos.
- El café despulpado o "café baba" debe ser colocado en tanques tinas de cemento o en recipientes de plástico limpios, para el proceso de fermentación.

- Los tanques tinas de cemento o los recipientes de plásticos o madera conteniendo el "café baba", deben protegerse en su alrededor para evitar contaminaciones.

Fermentación natural del café despulpado

Para la remoción del mucílago del café despulpado se usan varios métodos tales como: fermentación natural, fermentación con la adición de enzimas, métodos químicos, agua caliente y por fricción.

La fermentación natural es un proceso biológico donde intervienen en primer lugar las enzimas presentes en el mucílago y luego hongos, levaduras y bacterias (microorganismos) aportadas por las paredes de los tanques, agua usada y de la superficie exterior de los frutos, que empiezan a crecer en grandes cantidades, suficiente para formar enzimas pécticas similares a las iniciales las cuales continúan con el proceso de fermentación. El tiempo de fermentación en café robusta, varía de acuerdo a la temperatura de la localidad entre 20 y 27 horas.

Las recomendaciones para una buena fermentación son:

- No usar recipientes metálicos para la fermentación del "café baba".
- Depositar el "café baba" en los tanques tinas de cemento o en los recipientes plásticos o de madera.
- Asegurar que la fermentación de los granos llegue a su nivel óptimo.
- Evitar la "sobre fermentación" del café porque causa manchas en el pergamino y tiene efectos negativos sobre las cualidades físicas y organolépticas.
- Evitar la "fermentación incompleta" porque provoca un aspecto sucio del pergamino y deteriora la calidad de taza.
- Determinar el "punto óptimo" de fermentación frotando una cantidad de granos con las manos. Si al tacto, los granos se sienten ásperos y al friccionar entre ellos se siente un sonido a cascajo, la fermentación ha concluido y el café está listo para iniciar el lavado.
- Otra forma de probar el punto óptimo de fermentación es mediante la introducción de un palo en la masa de café fermentado; si deja huella sin desmoronarse, el proceso ha concluido.

La construcción del tanque tina para la fermentación de café se realiza en mampostería revestida con cemento. Las medidas del tanque dependen del volumen de producción de la finca. Para fincas de pequeños productores, el tanque puede tener 1,80 metros de largo x 0,80 metros de ancho y 0,60 metros de profundidad. Las esquinas del fondo del tanque deben ser redondeadas para facilitar su limpieza. El fondo debe tener una pendiente del 2% hacia el escurridor. El desagüe debe ser amplio para que las aguas mieles salgan con facilidad en el lavado.

Los materiales que se requieren para la construcción son: tres sacos de cemento, 45 metros de alambre de púa; 0,75 metros de tubo PVC de 4"; 1,50 metros de tubo PVC de 3"; 16 tablas para formaleta (3,0 x 0,2 m); 9 carretilladas de arena; 4 carretilladas de gravilla; 3 carretilladas de piedra de tamaño de un puño y una zaranda metálica plana.

Lavado del café fermentado

Después de haber determinado el punto óptimo de fermentación, el proceso de lavado tiene que ser llevado a cabo lo más rápido posible para evitar que el excesivo número de microorganismos aporten sabores indeseables al café.

El lavado tiene el propósito de eliminar el mucílago fermentado, adherido al pergamino; así como, todas las otras sustancias solubles formadas durante la fermentación.

Para el lavado del café fermentado se recomienda lo siguiente:

- Usar agua limpia.
- Iniciar el lavado del café fermentado en los mismos recipientes donde se realizó la fermentación.
- Lavar el grano de café varias veces, restregando fuertemente con las manos o con otros implementos, hasta que el pergamino quede sin rastros de mucílago.
- Construir sistemas de lavado del café en canalones y usar instrumentos especiales para remover el mucílago, cuando hay altos volúmenes de café cosechado.
- El café pergamino húmedo es el producto resultante de este proceso.

Secado del café pergamino húmedo

El secado del café pergamino húmedo tiene el propósito de disminuir el contenido de humedad del grano hasta un rango del 10 al 13 por ciento. El café pergamino húmedo para secarse requiere aproximadamente de 40 a 50 horas de sol.

Para el secado del café pergamino húmedo, se recomienda:

- Usar tendales de cemento, entablillados de madera, zarandas de plástico o de malla metálica inoxidable, camas africanas, secadores solares o secadores artificiales.
- Los lugares e infraestructura de secado deben estar limpios y protegidos de los animales y de otros posibles contaminantes (basura, polvo, humo).
- No se debe mezclar los granos con diferentes grados de humedad, en ningún caso.
- Proteger los granos en proceso de secado cuando sea pertinente con lonas o plásticos, durante las noches o cuando haya riesgo de lluvias.
- Evitar el rehumedecimiento de los granos de café durante el secado porque favorece el ataque de hongos. La presencia de hongos causa deterioro en la calidad física de los granos y en la calidad organoléptica de la bebida; además, constituye un riesgo para la incidencia de la Ocratoxina A (OTA)¹⁸.
- El secado debe hacerse esparciendo los granos en capas delgadas de 5 centímetros de espesor y removiendo de 3 a 4 veces al día.
- El tiempo de secado al sol depende de las condiciones climáticas, del espesor de la capa de café en secamiento y de la frecuencia de remoción de la masa.
- El café pergamino seco es el producto resultante de este proceso.

¹⁸. Una toxina es una sustancia venenosa o tóxica. Mico=hongos. Por lo tanto: micotoxina es una sustancia venenosa causada por hongos. En el caso de la Ocratoxina A es una micotoxina causada por los hongos *Aspergillus ochraceus*, *Aspergillus carbonarius* y *Penicillium verrucosum*.

Almacenamiento y transporte

Para el almacenamiento y transporte del café pergamino seco, se recomienda:

- El café pergamino seco, con una humedad del 10 al 13%, puede ser almacenado en fundas (tipo Grain Pro SGB) o en sacos de yute o cabuya limpios, en lugares secos y ventilados, donde la temperatura sea inferior a los 20°C y la humedad relativa del 65 al 70%; separados de la pared y el suelo; sobre estibas de madera o plástico.
- En el transporte del café pergamino hacia la piladora o los centros de acopio se debe proteger del polvo y de la lluvia; así como, de toda forma de contaminación con agentes físicos, químicos y biológicos.

Trillado del café pergamino seco

El trillado consiste en la eliminación del pergamino seco y de la película plateada que recubren el almendro o grano. El producto que resulta de este proceso es el café lavado.

En el trillado del café pergamino seco se debe considerar lo siguiente:

- El café pergamino seco puede ser comercializado directamente o puede ser sometido al trillado en máquinas piladoras de café.
- La piladora debe ser revisada y calibrada periódicamente para que los granos no se quiebren o maltraten.



Cosecha selectiva



Selección manual de frutos



Boyado del café



Despulpado del café



Fermentado



Lavado



Secado de café en zaranda



Café oro



Almacenamiento

Foto 32. Proceso de beneficio por la vía húmeda.

13.2.2. Beneficio ecológico

El beneficio ecológico o subhúmedo es un proceso de transformación del café cereza a café pergamino húmedo usando un equipo especial llamado "módulo de beneficio ecológico" que está integrado por una despulpadora, un desmucilaginator mecánico y un sistema de lavado. El café pergamino húmedo, luego del secado y trillado da como producto el café lavado (5, 8).

El café cosechado, luego de la separación de los frutos maduros mediante el boyado, es procesado en el "módulo de beneficio ecológico".

Despulpado-desmucilaginado-lavado

El "módulo de beneficio ecológico" está integrado por un sistema dinámico y secuencial donde se despulpa el café cereza, se remueve el mucílago adherido por fricción en un desmucilaginator y simultáneamente se realiza el lavado (por fricción y adición de agua). Mediante este método se obtiene directamente el café pergamino húmedo.

Secado, trillado, almacenamiento y transporte

Para el secado, trillado, almacenamiento y transporte del café se deben tomar en consideración todas las recomendaciones indicadas para el beneficio por la vía húmeda. El producto resultante de este proceso es el café pergamino seco.

13.2.3. Beneficio húmedo enzimático

El beneficio húmedo enzimático es un proceso de transformación del café cereza a café pergamino húmedo, usando enzimas pectolíticas¹⁹ que aceleran la fermentación del café despulpado (Foto 33). En la perspectiva de masificar la oferta de café lavado, este método resulta muy conveniente por cuanto el mismo día de la cosecha, se puede fermentar, lavar y poner a secar.

El café cereza maduro, luego del boyado, se despulpa en un equipo mecánico (despulpadora) y sobre este café despulpado se añade el producto enzimático.

Adición del producto enzimático

En la adición del producto enzimático, a la masa de café despulpado, hay que considerar lo siguiente:

- El café despulpado "café baba" debe colocarse en tanques de cemento o recipientes adecuados de plástico. No debe usarse recipientes metálicos.
- Asegurarse de que el producto comercial enzimático²⁰ sea el específico para acelerar la fermentación del café despulpado.
- La dosis adecuada del producto enzimático es de un centímetro cúbico por cada 10 kilos de café cereza (22 libras de café cereza). Esto equivale a 100 centímetros cúbicos por 1.000 kilos de café cereza (22 quintales de café cereza). En consecuencia, con un litro de producto enzimático se puede fermentar 10.000 kilos de café cereza (220 quintales de café cereza con el que se puede obtener 44 quintales de café oro.

¹⁹. El producto enzimático está compuesto de pectinasas; son un grupo de enzimas capaces de descomponer o separar sustratos de polisacáridos encontrados en la pulpa del café.

²⁰. Granozime café es el nombre comercial del producto enzimático usado en este proceso de beneficio.

- Aplicar el producto enzimático de acuerdo al siguiente procedimiento:
 - Disolver el producto enzimático, en la dosis adecuada, en un pequeño recipiente con agua (p.e.: botella plástica).
 - Agregar la solución enzimática sobre la masa del café despulpado.
 - Agitar continuamente la masa de café despulpado con las enzimas, para que ocurra una completa dispersión del producto enzimático.
 - Asegurar que la fermentación del café despulpado llegue a su nivel óptimo. De acuerdo a la dosis recomendada y a la temperatura de la localidad, el tiempo puede variar de 15 a 30 minutos.
- Determinar el punto óptimo de fermentación frotando una pequeña cantidad de granos con las manos. Si al tacto, el grano resulta áspero y al friccionar entre ellos se siente un sonido como de cascajo, la fermentación ha concluido y el café está listo para iniciar el proceso de lavado.

Lavado del café fermentado con enzimas

En el lavado del café deben considerarse todas las recomendaciones referidas para el beneficio por la vía húmeda. El café pergamino húmedo es el producto resultante de este proceso.

Secado, trillado, almacenamiento y transporte

El café pergamino húmedo debe secarse cuidadosamente en tendales de cemento, marquesinas, camas africanas o secadores artificiales. El café pergamino seco luego del trillado da como producto el café lavado. Las recomendaciones para el almacenamiento y transporte del café, referidos en el proceso de beneficio húmedo, también se aplican en este método de beneficio.



Fermentación con la adición de enzimas



Lavado del café fermentado con enzimas



Secado del café pergamino

Foto 33. Proceso de beneficio húmedo enzimático.

13.3. BENEFICIO SEMIHÚMEDO

El beneficio semihúmedo es un proceso de transformación del café cereza maduro a café pergamino seco "con miel", que involucra el despulpado y secado del "café con todo el mucílago" (Figura 42).

El café pergamino seco "con miel", luego del trillado da como producto final el café semilavado (1, 4, 7).

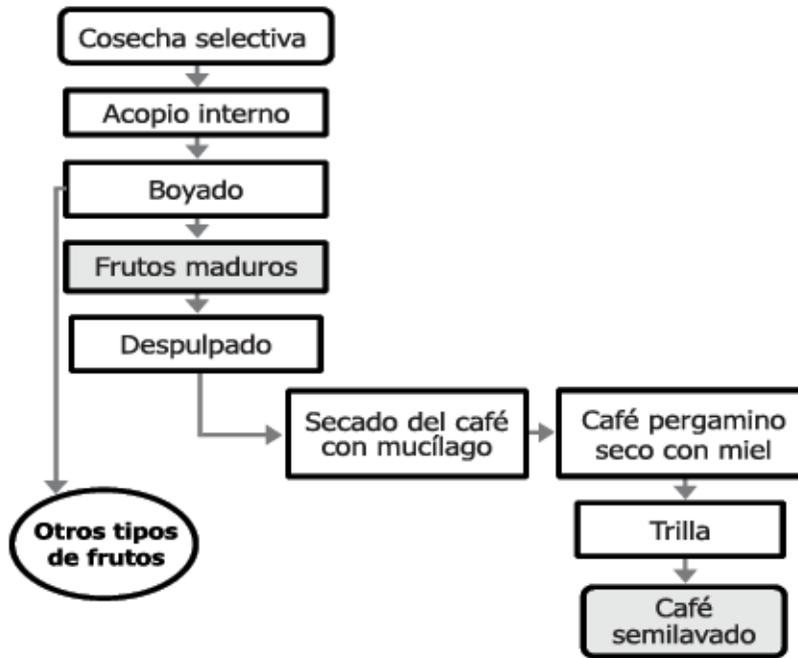


Figura 42. Esquema de la preparación del café semilavado.

Secado del café pergamino con mucílago

El secado del "café baba" tiene el propósito de deshidratar el grano, pero manteniendo el mucílago, hasta un rango del 10 al 13% de humedad.

En el secado del café con mucílago debe considerarse los siguientes aspectos:

- El café recién despulpado debe ser colocado inmediatamente en los tendales de cemento, secadores solares, zarandas o camas africanas.
- Los tendales, zarandas y secadores solares deben estar limpios y protegidos de potenciales contaminantes como: polvo, basura y animales domésticos.
- El secado debe hacerse esparciendo los granos en capas delgadas de 3 centímetros de espesor y removiendo de 6 a 10 veces al día.
- No mezclar granos con diferentes grados de humedad, en ningún caso.
- Proteger los granos, con lonas o láminas de plástico, durante las noches o cuando haya riesgo de lluvias.
- Evitar el rehumedecimiento de los granos, controlando todas las posibles causas, para evitar el ataque de hongos que provocan un rápido deterioro de la calidad.
- El tiempo del secado al sol puede variar en función del clima, del espesor de la capa de café y de la frecuencia con la que se remueva la masa de grano.
- El café pergamino seco "con miel" es el producto resultante de este proceso.

El almacenamiento, transporte y trillado del café pergamino seco "con miel" debe merecer atención preferencial, pues cualquier ligero rehumedecimiento provoca el ataque de hongos y el deterioro acelerado de la calidad. Se recomienda almacenar en sacos de yute o cabuya limpios, en lugares secos y ventilados, sobre estibas o pallets de madera o de plástico, con contenidos de humedad del 10 al 13 por ciento. En el transporte del café pergamino, hacia la piladora o los centros de acopio, se debe proteger del polvo, de la lluvia y de los contaminantes físicos, químicos y biológicos.

El café pergamino seco "con miel" puede ser comercializado directamente o ser sometido al trillado en las máquinas piladoras de café para la eliminación del pergamino y de la película plateada que recubren el almendro o grano. El producto resultante de este proceso es el café semilavado, conocido también como "café honey".

En la Foto 34, se observa el proceso de beneficio semihúmedo.



Café maduro



Café despulpado



Café secado con mucilago



Café semilavado (honey)

Foto 34. Beneficio semihúmedo del café.

LITERATURA CONSULTADA

1. COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC) / Solubles Instantáneos CA, EC. 2010. Influencia de métodos de beneficio sobre la calidad organoléptica del café robusta: Informe Técnico. Portoviejo, EC. 53 p.
2. Duicela G, L; Sotomayor H, I. 1993. Cosecha y beneficio. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 198-211.
3. Duicela Guambi, LA; Farfán Talledo, DS; García Rodríguez, J; Corral Castillo, R; Chilán Villafuerte, W. 2004. Postcosecha y calidad del café arábigo. Manta, EC, COFENAC, ELCAFE, PROMSA. p. 5-23.
4. Duicela Guambi, LA; Guamán Aguilar, J; Corral Castillo, R; Farfán Talledo, D. 2010. Métodos de beneficio del café robusta. Manta, EC, COFENAC, Solubles Instantáneos CA. 16 p. (Boletín Divulgativo nº 07).
5. Farfán Talledo, DS. 2000. Comparación de tres procesos postcosecha sobre la calidad organoléptica del café (*Coffea arabica* L.) variedad Caturra rojo en la Provincia de Manabí. Tesis Ing. Agric. Portoviejo, EC, Universidad Técnica de Manabí. 82 p.
6. Haarer, AE. 1984. Producción Moderna de Café. Ed. L Hill. Trad. M Godínez. 2 ed. rev. México, Editorial Continental. p. 343-393.
7. Ormaza Ponce, JM; Valeriano Ponce, DI. 2008. Evaluación de los efectos causados por seis métodos de beneficio en la calidad física y organoléptica de dos variedades de café arábigo (*Coffea arabica* L.) en la zona sur de la provincia de Manabí. Tesis Ing. Agr. Portoviejo, EC, Universidad Técnica de Manabí. 86 p.
8. Roa M, G; Oliveros T, CE; Álvarez G, J; Ramírez G, CA; Sanz U, JR; Dávila A, MT; Álvarez H, JR; Zambrano F, DA; Puerta Q, GI; Rodríguez V, N. 1999. Beneficio ecológico del café. Ed. HF Ospina. Chinchiná, CO, CENICAFE. p. 51-143.

CALIDAD E INOCUIDAD DEL CAFÉ ROBUSTA



14. CALIDAD E INOCUIDAD DEL CAFÉ ROBUSTA

*Luis Alberto Duicela Guambi
Diana Sofía Farfán Talledo
Fernando Aquiles Morocho Villamar*

La calidad del café está en función de las necesidades, preferencias y gustos de los consumidores. Proviene del material genético, la topografía, el clima, el cuidado con el que el café se cultiva, cosecha, almacena y transporta; así como, el proceso de transformación a café tostado y molido o a café soluble y, la forma de preparación de la bebida.

Cuando las personas, responsables de todos los procesos, realizan bien las labores de producción y de transformación, se tiene como resultado un café de alta calidad. Se considera como de alta calidad a los cafés que reúnen tres atributos básicos: a) buena calidad física, b) excelente calidad organoléptica; y, c) inocuidad del producto.

14.1. CALIDAD FÍSICA DEL GRANO

El análisis físico del café se inicia con la información acerca del origen, del productor y del método de beneficio utilizado.

La calidad física es la valoración de las características de los granos de café como: color, olor, forma, contenido de humedad, tamaño y densidad. Entre las características físicas también se consideran la cantidad de defectos físicos y de materias extrañas (1).

14.1.1. Color de los granos

El color de los granos permite conocer el tipo de beneficio empleado y el grado de envejecimiento. Los cafés robustas beneficiados por la vía seca presentan un color marrón dorado, mientras que los cafés beneficiados por la vía húmeda tienden a ser de color verde. Mediante el beneficio semihúmedo se obtiene el "café honey" que se distingue por una coloración rojiza del grano.

El color de los granos brinda información del tiempo que puede tener un café después de su cosecha y beneficio. Los cafés frescos tienen la característica de un color verde o marrón dorado. Los cafés envejecidos pierden progresivamente su color original hasta alcanzar una completa decoloración o blanqueamiento del grano.

14.1.2. Olor del café verde

Un café limpio, bueno y fresco tiene un olor intenso y agradable. Con el envejecimiento de los granos, las características aromáticas del café se van desvaneciendo, hasta percibir únicamente un olor similar a la madera.

Todos los olores ajenos al característico del café son indicio de pérdida de calidad. El olor del café puede sufrir cambios desfavorables si es almacenado o transportado junto con productos contaminantes como agroquímicos o derivados de petróleo (1). En el caso del café lavado, el agua que se usa para lavar el grano debe ser limpia para asegurar la calidad del producto.

14.1.3. Forma de los granos

El café verde tiene diferentes formas y se puede clasificar en granos normales y anormales. Los granos normales tienen la forma plano-convexa, ranura recta y dependiendo del material genético pueden ser redondeados, ovalados o elípticos con puntas pronunciadas. Los granos anormales, se clasifican en granos caracoles o caracolillos, granos triángulos o triangulares y en granos monstruos o elefantes. Los granos anormales no deterioran la calidad de la taza, siempre que se realice una clasificación.

14.1.4. Humedad del grano

El rango aceptado de humedad del grano es de 11 a 13 por ciento²¹. Para determinar el porcentaje de humedad y realizar controles periódicos se debe utilizar siempre determinadores de humedad calibrados correctamente.

El contenido de humedad del grano varía en función de la humedad relativa del ambiente donde se encuentre almacenado. En un ambiente muy húmedo, el café absorbe humedad y es susceptible al ataque de hongos, mientras que en un ambiente muy seco, el café libera humedad en forma de vapor. En los dos casos se provoca una alteración en el color del grano (11, 20).

Los granos de café fresco, con una humedad adecuada, se caracterizan por tener gran consistencia. Al cortar el grano con un cuchillo, longitudinalmente, las dos partes se separan elásticamente, quedando las mitades enteras, debido a que la superficie es consistente.

La característica de grano quebradizo con un color blanquecino es un indicativo de que el café es de cosecha vieja²² y que la humedad del grano está muy baja. Además, las partículas desprendidas tienen un aspecto opaco, sin el color original del café (3).

14.1.5. Tamaño de los granos

El tamaño del grano depende del clon o material genético, de la fertilidad del suelo y del clima.

La clasificación del café por el tamaño de los granos se basa en la norma internacional ISO 4150 (16). Para este procedimiento se usan los tamices o zarandas que están numerados en función del diámetro de los orificios (1).

En el Cuadro 29, se indica la descripción de los orificios de los tamices usados para el análisis granulométrico.

²¹. Según la Norma NTE INEN 285:2006.

²². "Cosecha vieja" es el grano de café que ha sido cosechado y beneficiado hace más de seis meses.

Cuadro 29. Descripción de los tamices para la clasificación por tamaño.

Nº zaranda (Tamiz)	Tamaño del orificio (mm)	
	Diámetro nominal	Tolerancia
20	8,00	± 0,09
19	7,50	± 0,09
18	7,10	± 0,09
17	6,70	± 0,08
16	6,30	± 0,08
15	6,00	± 0,08
14	5,60	± 0,07
12 ½	5,00	± 0,07
12	4,75	± 0,07
10	4,00	± 0,06
7	2,80	± 0,05

Fuente: Norma ISO 4150.

Prueba de tamizaje

La prueba de tamizaje o análisis granulométrico tiene el propósito de determinar las proporciones de los granos, según los tamaños, en una muestra representativa de café verde.

El procedimiento para realizar la prueba de tamizaje (Foto 35), según la norma NTE INEN 290 (12), es el siguiente:

- Se pesan 300±5 gramos de café oro en una balanza de precisión.
- Se seleccionan y ordenan los tamices, en forma secuencial, según su número, de mayor (arriba) a menor (abajo).
- Los 300 gramos de café oro se colocan sobre el juego de tamices.
- Se agita manualmente el juego de tamices que contienen los granos, con un movimiento oscilatorio horizontal, durante 3 minutos, para que los granos se distribuyan uniformemente sobre las superficies perforadas de los tamices.
- Se golpea ligeramente el juego de tamices en forma vertical para que los granos retenidos en los agujeros caigan al tamiz siguiente.
- Se toma el peso de los granos de café retenidos en cada uno de los tamices, según su número, teniendo cuidado de sacar los granos que quedan retenidos en las perforaciones de los tamices; dichos granos pertenecen al tamiz en el cual quedaron retenidos.
- Este proceso se repite por tres veces para cada muestra de café y luego se calcula un promedio.
- Los resultados del peso por tamiz, se expresan en porcentaje.

14.1.6. Densidad del café

La densidad de los granos tiene relación con el origen botánico y en menor grado en su contenido de humedad, el cual debe ser del 11 al 13% para una buena conservación. La densidad del café robusta es más elevada que la del café arábigo. Independientemente del factor agua, la densidad de los granos puede variar en función del estado de madurez en el momento de la cosecha, de los ataques parasitarios y alteraciones de los tejidos (18).

La densidad está expresada como la relación de la masa por unidad de volumen (g/l; Kg/m³). La densidad del café se determina en base del peso de los granos contenidos en la medida de un litro. El café de "cosecha actual"²³ tiene como característica una estructura del grano más densa comparada con el café de "cosecha vieja". La densidad para el café verde es aproximadamente de 645 g/l a 750 g/l. Las densidades de masa que sobrepasan los 645 gramos/litro, representan una alta densidad de los granos del café (1, 18).

El procedimiento para determinar la densidad del café, mediante el método "peso/litro" es el siguiente:

- Tomar una muestra representativa del café en grano.
- Introducir los granos de café oro en un recipiente que tenga como volumen "un litro".
- Golpear ligeramente, por espacio de un minuto, los granos en el recipiente, para que la muestra se compacte.
- Completar con granos de café hasta el "nivel del litro" y repetir este proceso hasta que quede compactado y no baje del nivel.
- Los granos contenidos en la medida de un litro, se colocan en otro recipiente y se pesan en una balanza de precisión.
- Anotar los datos de densidad en el formato de resultados.

En la Foto 36, se expone el proceso de análisis de densidad del grano.

14.1.7. Defectos físicos del café verde

El término "defecto" es el nombre que se da a los granos carentes de las cualidades físicas consideradas normales y a las materias extrañas y partículas no deseadas en el café verde (17).

Para evaluar los defectos físicos del café verde, se debe basar en la norma NTE INEN-ISO 10470:2012²⁴ (15), cuyo procedimiento reemplaza al descrito en la norma INEN 285/2006 (14). Como referencia para el análisis **comparativo** se toma en cuenta un grano normal (Foto 37).

Esta Norma Internacional proporciona una tabla que enlista cinco categorías de defectos considerados como potencialmente presentes en el café verde comercializado en todo el mundo, cualquiera que sea su especie, variedad y procesamiento después de la cosecha.

²³. "Cosecha actual" es el grano de café de hasta seis meses de haber sido beneficiado.

²⁴. La Norma Internacional ISO 10470 fue preparada por el Comité Técnico ISO/TC 34, *Productos alimenticios*, Subcomité SC 15, *café*. Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).

La influencia de dichos defectos se da en dos aspectos: en la pérdida de masa y en el impacto sensorial, para lo cual se usan los coeficientes: 0 (Sin impacto; 0,5 (Mediano impacto) y, 1 (Alto impacto sensorial).

A cada defecto se le asigna uno de estos valores dependiendo de la gravedad con la que afecte las características antes mencionadas.

De este modo, la evaluación final puede convertirse en una herramienta útil para las partes comerciales involucradas y también brinda un buen indicador al comprador en relación a la calidad del café verde que va a comprar (NTE INEN-ISO 10470:2012).



300 gramos de café verde en el juego de tamices

Clasificación por tamaño de grano

Peso de cada proporción retenida en los tamices

Foto 35. Prueba de tamizaje.



Llenar el recipiente de un litro con granos de café

Pesar los granos contenidos en el volumen de un litro

Registrar la información

Foto 36. Prueba de densidad del grano.

Categorías de defectos de café verde

Se distinguen cinco categorías de defectos en el café verde, de acuerdo con la norma NTE INEN-ISO 10470:2012²⁵ (14).

1. Defectos relacionados con materias extrañas (Foto 38).

- | | |
|---|--|
| 1.1. <u>Piedras</u> | Piedra de cualquier tamaño encontrada en un lote de café verde. |
| 1.2. <u>Palos</u> | Palos de cualquier tamaño encontrado en un lote de café verde. |
| 1.3. <u>Terrones</u> | Partículas de tierra aglomeradas. |
| 1.4. <u>Materias metálicas</u> | Partículas metálicas tales como las encontradas en el área de secado de café y/o después del deterioro de los equipos. |
| 1.5. <u>Otras materias extrañas distintas a las mencionadas anteriormente</u> | Materias extrañas tales como colillas de cigarrillos, partículas de plástico, partículas de saco, hilos, etc. |

2. Defectos que no se originan en el grano pero que provienen del fruto de café (Foto 39).

- | | |
|------------------------------------|--|
| 2.1. <u>Grano en pergamino</u> | Grano de café envuelto completa o parcialmente en su pergamino (endocarpio). |
| 2.2. <u>Fragmento de pergamino</u> | Fragmento de endocarpio seco (pergamino). |
| 2.3. <u>Cereza seca (coco)</u> | Fruto seco de la planta de café el cual comprende sus envolturas externas y uno o más granos. |
| 2.4. <u>Fragmento de cáscara</u> | Fragmento de la envoltura exterior seca (pericarpio).
<i>NOTA: Pueden ser divididos en fragmentos pequeños, medianos o grandes.</i> |

3. Defectos relacionados con granos de forma irregular (Foto 40).

- | | |
|---|--|
| 3.1. <u>Grano deforme; concha y oreja</u> | Grano de café cuya forma anormal lo hace claramente distinguible.
<i>NOTA: Esta categoría incluye:</i>
* <i>Concha: grano deforme que presenta una cavidad.</i>
* <i>Oreja: grano deforme en forma de oreja. Ambos tienen su origen en el grano elefante.</i> |
| 3.2. <u>Fragmento de grano</u> | Fragmento de un grano de café de volumen inferior al de medio grano. |

²⁵ La codificación que acompaña a los defectos en el texto, está en relación con la Norma NTE INEN-ISO 10470:2012.

- 3.3. Grano quebrado Fragmento de un grano de café de volumen igual o superior al de medio grano.
- 3.4. Grano dañado por insectos Grano de café dañado interior o exteriormente por el ataque de insectos.
- 3.5. Grano infestado por insectos Grano de café el cual contiene uno o más insectos muertos o vivos en cualquier estado de desarrollo.
- 3.6. Grano mordido durante el despulpado; grano cortado Grano de café procesado por vía húmeda, cortado o magullado durante el despulpado, el cual muestra frecuentemente manchas marrones o negruzcas.
NOTA: a veces puede aparecer un sabor a fermento.

4. Defectos relacionados con apariencia visual (Foto 41).

- 4.1. Grano negro y grano parcialmente negro Grano de café cuyo interior es parcial o completamente negro (endospermo).
- 4.2. Grano negro-verde Grano de café inmaduro, a menudo con una superficie rugosa, de color verde oscuro casi negro y una cutícula brillante.
- 4.3. Grano marrón "ardido" Grano de café con una gama de colores: marrón-rojizo muy claro, marrón-negro, verde amarillento a marrón rojizo oscuro y marrón oscuro internamente (endospermo).
NOTA 1: Al ser tostado y preparado en infusión, produce un sabor agrio desagradable (fétido).
NOTA 2: Estos granos no deberán ser confundidos con el grano foxy silverskyn, el cual interiormente es de color verde normal, apreciable al raspar suavemente la superficie, y no produce sabor desagradable en la taza.
- 4.4. Grano ámbar Grano de café de color amarillo, generalmente semitransparente.
- 4.5. Grano inmaduro; grano "quaker" Grano de café inmaduro, a menudo con una superficie rugosa, con una película verdosa o metálica; las paredes celulares y la estructura interna no están completamente desarrolladas.
NOTA: A veces puede aparecer un sabor astringente.
- 4.6. Grano ceroso Grano de café con apariencia cerosa traslúcida y una gama de colores que van desde un verde amarillento hasta un marrón rojizo oscuro, que es el más típico. Las células y la superficie tienen una apariencia fibrosa deteriorada.
NOTA: Genera sabor a fermento.
- 4.7. Grano jaspeado; grano manchado Grano de café que presenta manchas irregulares de coloración verdosa, blanquecina o a veces amarillenta.

- 4.8. Grano marchitado Grano de café con apariencia rugosa y de baja densidad.
- 4.9. Grano esponjoso Grano de café de consistencia similar a la de un corcho (es decir, cuyo tejido puede hundirse con la presión de la uña), y generalmente de color blanquecino.
- 4.10. Grano blanco Grano de café con superficie blanquecina.

5. Defectos más evidentes en la catación

- 5.1. Grano que produce un mal olor o sabor a fermento Grano con apariencia normal pero con un sabor desagradable detectado en la taza como a fermento, agrio o fétido.
NOTA: Cuando el grano se raspa o corta presenta un olor muy desagradable.
- 5.2. Grano que produce otros sabores extraños Grano que tiene una apariencia normal pero en la taza puede detectarse sabores desagradables a: moho, fétido, sucio, tierra, madera, río, fenólico o a saco de yute u otros.



Foto 37. Grano normal.

Foto 38. Materias extrañas en muestras de café.



Foto 39. Defectos que no se originan en el grano pero que provienen del fruto de café.

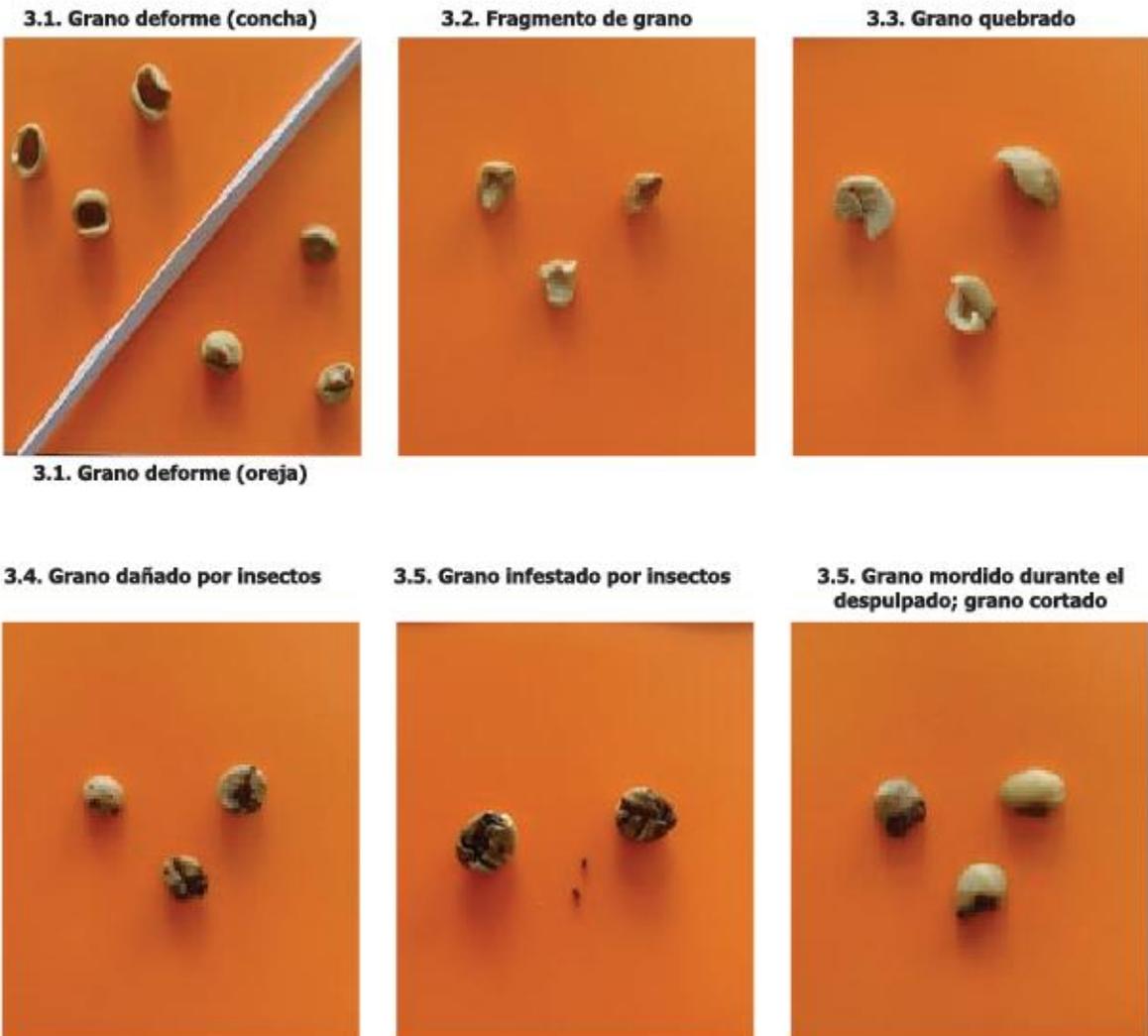


Foto 40. Granos de forma irregular.

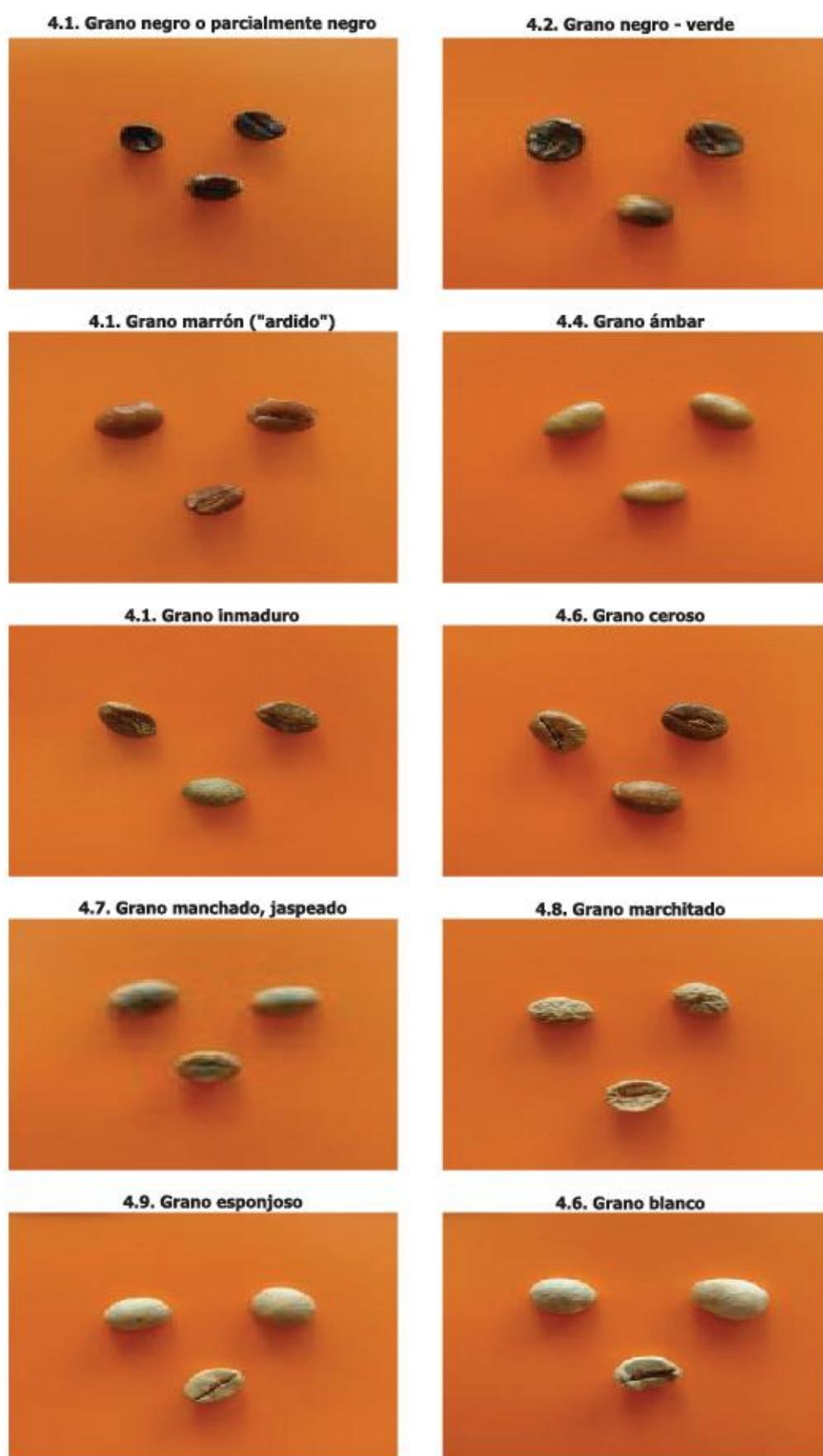


Foto 41. Granos relacionados con la apariencia visual.

Las empresas exportadoras de café en grano, aplican esta y otras normas de clasificación de defectos, según los acuerdos comerciales con los importadores de café. Las normas más usadas son: La norma de la Asociación de Cafés Especiales de América (21) y la Norma NTE INEN 285 (13).

14.2. CALIDAD ORGANOLÉPTICA

La calidad organoléptica del café depende de las características sensoriales que se manifiestan en la taza y está relacionada con la aceptación de los consumidores y la opinión de los expertos catadores.

Las características organolépticas deseables de mayor importancia son: fragancia, aroma, gusto y cuerpo. Se considera que en algunos genotipos de café robusta se encuentra una ligera acidez.

14.2.1. Fragancia/Aroma

La característica fragancia/aroma se evalúa sobre base seca y húmeda. Al inicio de la evaluación sensorial se valora el olor del café molido en seco. Después de hacer la infusión con agua, se evalúa el tipo e intensidad del aroma en húmedo.

El aroma describe la impresión olfativa general de las sustancias volátiles de un café. Esta cualidad se relaciona con los olores que desprende la bebida y está dado por el contenido de aceites finos y más de setecientas sustancias como: aldehídos, cetonas, ésteres e hidrocarburos de bajo peso molecular (1, 3, 19).

Algunos aromas que habitualmente se encuentran en los robustas finos son: rosa de té, limón, flor del cafeto y miel; vainilla mantequilla, cacao, caramelo y nuez; malta; mientras que en los cafés robustas comerciales se pueden encontrar aromas a patata, guisante verde, maní pimienta y tabaco (2).

14.2.2. Gusto

El gusto representa la principal característica del café. Es una impresión combinada de todas las sensaciones gustativas y los aromas retronasales que van de la boca a la nariz. En los robustas finos suelen encontrarse notas de gusto a frutas, nueces, especias y dulces; en los robustas comerciales se pueden encontrar gustos astringentes, fenoles y vegetales (2).

14.2.3. Cuerpo

Esta cualidad se basa en la sensación táctil del líquido en la boca, en especial tal como se siente entre la lengua y el paladar. Los coloides en la infusión se forman cuando los aceites extraídos del café molido coagulan alrededor de las fibras de grano microfinas que quedan suspendidas en la infusión. El cuerpo tiene dos aspectos definidos: 1) peso y 2) textura (2).

14.2.4. Prueba de taza

La prueba de taza se realiza para determinar las diferencias sensoriales entre las muestras, para describir el gusto de las muestras y, para determinar la preferencia del catador por las muestras.

El formulario de prueba de la taza proporciona una forma sistemática de registrar 10 atributos importantes de sabor en el café robusta, como son: Fragancia/aroma, sabor, regusto, proporción sal/acidez, proporción amargo dulce, sensación en la boca, equilibrio, tazas uniformes, tazas limpias e impresión general. Pueden registrarse también los defectos de taza (2). La escala de calidad se expone en el Cuadro 30.

Cuadro 30. Escala de calidad en la valoración del café robusta (2).

Buena	Muy Buena	Primera Calidad	Excepcional
6,00	7,00	8,00	9,0
6,25	7,25	8,25	9,25
6,50	7,50	8,50	9,50
6,75	7,75	8,75	9,75

Esta escala va de un valor mínimo de 0 a un valor máximo de 10 puntos. El extremo más bajo de la escala (0,25 a 5,75) se aplica a los cafés comerciales, que se catan fundamentalmente para la evaluación del tipo e intensidad de los defectos (2).

El proceso de evaluación sensorial realizado por catadores especializados en café, se expone en la Foto 42.

14.2.5. Clasificación de los cafés robustas

Sobre la base de la calidad de la infusión, el café robusta se clasifica de la siguiente forma (11):

Finos y especiales.- Cuando la calidad de la infusión es suave, lisa y untuosa, con un buen cuerpo, apenas amargo, limpia y con notas de gusto dulce.

Bueno.- Cuando la calidad de la infusión puede clasificarse de cuerpo bueno, neutral, ligero amargor, limpia con un tono a chocolate.

Medios.- Con una calidad de bebida de buen cuerpo, buena neutralidad, amargor medio y limpia.

Inferiores a la media.- Con una infusión que si bien es de buen cuerpo, tiene notas ásperas del fruto de robusta, es amarga pero limpia y es insípida sin notas de sabor.

Malos.- Una bebida que no es limpia, que tiene notas medicinales, fenólicas o notas intensas y duras de robusta, con o sin cuerpo, amarga y desagradable al gusto.

14.2.6. Atributos especiales en cafés robustas ecuatorianos

A continuación se describen algunos atributos encontrados en cafés robustas ecuatorianos:

Cacao.- Recuerda al aroma y sabor del polvo de cacao y chocolate oscuro; a veces es referido como dulce.

Frutal.- Referente al olor y sabor de una fruta, asociado al melón y banano. Se debe ejercer cuidado para no describir este atributo como fruta verde o sobremadura.

Nuez.- Este aroma recuerda el olor y sabor de nueces frescas.

Malta Tostada.- Incluye aromas característicos de malta tostada.

14.2.7. Defectos de taza

El defecto de taza es un gusto negativo o deficiente que resta valor a la calidad del café. Los defectos de taza están normalmente asociados con el deterioro del grano o la contaminación del producto (2, 4).

Técnicas inadecuadas de elaboración, incluida la utilización de equipo incorrecto y una manipulación inapropiada contribuyen a los defectos de calidad. En el robusta lavado los gustos extraños causados por técnicas inadecuadas de elaboración son los siguientes: crudo o verde, demasiado maduro, fermentado, medicinal, químico, granos hediondos, rancios, terrosos a sacos o aceitosos, picantes y en cierta medida, metálicos (11).

El café robusta sin lavar es menos susceptible a la pérdida de calidad. Los gustos extraños, como crudo o verde, fermentado demasiado maduro, químico y rancio, se deben principalmente a negligencias durante la elaboración (11).

Las "contaminaciones" denotan la presencia de sabores ajenos a una infusión limpia que no pueden definirse claramente. Debido a la facilidad con la que el café adquiere olores y sabores del medio donde se encuentra, no se debe secar ni guardar el café cerca de derivados de petróleo, agroquímicos u otros contaminantes (11).

Los defectos de taza que se han encontrado en cafés robustas mal procesados son los siguientes²⁶:

Cuero.- Tiene el olor característico del cuero.

Ceniza.- Similar al olor de un cenicero.

Caucho.- Es característico del olor de llantas calientes, bandas y frenos de caucho.

Madera.- Este aroma describe el olor de madera seca, un barril de roble, madera muerta o papel cartulina.

²⁶. Algunos de los descriptores están basados en la norma NTC 2758.

Pastoso/Verde/Herbal.- Este descriptor del aroma incluye tres términos que están asociados con los olores que recuerdan a pasto recién cortado, pasto verde fresco o hierbas, follaje verde, granos verdes o frutas verdes.

Áspera.- Sensación táctil fuerte, rasposa y/o tosca indeseable en el café, causada por granos defectuosos (negros, inmaduros).

Carbón.- Sensación de aroma y sabor de carbón vegetal.

Saco.- Sabor y aroma que adquiere el café empacado en sacos de fibras naturales de deficientes manufactura o húmedos.

Cereza Seca.- Gusto avinagrado, sucio o terroso que deja una sensación tosca al paladar.

Paja.- Característica a hierba o grama seca y/o heno, puede presentarse en cafés frescos deficientemente secados.

Sequedad.- Percepción táctil indeseable en café que se aplica a una astringencia excesiva.

Añejo.- Sabor y aroma estables del café verde de cosechas anteriores que ha perdido o cambiado parte de sus características organolépticas.

Acre.- Sensación olfativa y gustativa áspera, amarga, astringente, picante y pesada. Puede darse por la presencia de granos negros.

Descripción de algunos defectos críticos en la taza:

Pulpa de café.- Sabor y aroma a pulpa o al café sobremaduro.

Fenol.- Aroma indeseable en café asociados a compuestos halogenados (con cloro, yodo). Se puede generar durante el beneficio por lavado con aguas cloradas o con residuos, o por rehumedecimiento del café durante el secado.

Mohoso.- Aroma y sabor a moho que se desarrolla por el inadecuado manejo de la humedad durante el secado del café o el almacenamiento.

Químico.- Aroma y sabor a compuestos químicos como desinfectantes o medicinales, indeseables en el café.

Terroso.- Aroma y sabor a tierra húmeda o recién removida. Algunas veces está asociado con mohos y recuerda el sabor de papa cruda.

Rancio.- Está asociado a olores que recuerdan la deterioración y oxidación de la grasa principalmente referida a nueces rancias.

Hediondo.- Sensación de sabor y aroma fuerte y defectuoso a materia orgánica putrefacta, se origina por excesiva fermentación de la cereza del café debido a una sobremaduración o deficientes condiciones del beneficiado.



Café verde



Tostión



Molienda



Preparación de la taza



Catación de café

Foto 42. Evaluación sensorial del café.

14.3. INOCUIDAD DEL CAFÉ

La inocuidad del café es la garantía de que la bebida u otros productos derivados no causarán daño a la salud de los consumidores. Recientes brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETAs), ponen de manifiesto los potenciales problemas de contaminación existentes y generan preocupación en la opinión pública sobre las medidas de prevención disponibles, relacionadas con la higiene de los alimentos (8).

Según el *Codex Alimentarius*, el término "higiene de los alimentos" se refiere a todas las condiciones y medidas necesarias para garantizar la inocuidad y la aptitud de los alimentos, en todas las fases de la cadena alimentaria (8, 9). En la Foto 43, se indican algunas malas prácticas que ponen en riesgos la inocuidad del café.

14.3.1. Prevención de las contaminaciones

El objetivo de las prácticas de higiene en la caficultura es prevenir todo tipo de contaminación con elementos que pueden causar algún daño o enfermedad a los consumidores de café.

En consecuencia, hay que aplicar en forma correcta y oportuna todas las recomendaciones orientadas a asegurar la inocuidad durante el proceso de producción en el campo, el beneficio, el secado, el almacenamiento, el transporte, la transformación industrial, el proceso de expendio y la preparación de la bebida (Foto 44).

Los peligros a los que está expuesto el café durante las fases de producción y procesamiento son de tres clases: físicos, biológicos y químicos (7).

Peligros físicos

Los peligros físicos se refieren a la presencia de objetos extraños como: palos, piedras, plásticos y otros materiales, que ocurren por prácticas inadecuadas en algún punto del proceso agro productivo, especialmente durante el secado, el transporte y el almacenamiento.

Las medidas preventivas son prácticamente la única forma de impedir que elementos extraños contaminen el café (8).

Peligros biológicos

Los peligros biológicos a los que está expuesto el café, son principalmente los microorganismos: bacterias, virus, hongos y otros parásitos. Los microorganismos que contaminan los alimentos, en su mayor parte, se encuentran en el ambiente natural y pueden ser prevenidos con adecuadas prácticas de cultivo, manipulación, almacenamiento y transporte (7).

Los principales peligros biológicos que afectan la caficultura, según la FAO (2006) son los hongos: *Penicillium spp.* y *Aspergillus spp.* que producen la Ocratoxina A; especialmente, en condiciones de defectuoso secado del grano.

En el café, la OTA es la micotoxina de mayor importancia. La contaminación inicial del café con OTA tiene lugar mediante esporas en el aire y en el suelo. Estas esporas pueden producir un moho si se dan circunstancias adecuadas de humedad y temperatura (11). A nivel de campo, también hay otros hongos fitopatógenos que causan enfermedades del café y son potenciales peligros biológicos como: *Corticium koleroga* que produce una momificación de los frutos.

En la cadena productiva puede haber contaminaciones con otros agentes biológicos como las bacterias (p.e.: *Salmonella spp.*), especialmente durante la fase de secado, por la presencia de animales domésticos y aves de corral; en el almacenamiento por la presencia de roedores, murciélagos o cucarachas; y en el transporte por una inadecuada limpieza de los recipientes y vehículos.

Durante el almacenamiento el café puede ser atacado por el Gorgojo "*Araecerus fasciculatus*", que causa merma en el peso (en 6 meses el 30% aproximadamente), aspecto sucio y polvoriento del grano, no apto para consumo.

Peligros químicos

La contaminación de los alimentos con sustancias químicas como: pesticidas, desinfectantes, antibióticos, entre otros, puede ocurrir durante la producción primaria (a causa de uso excesivo de plaguicidas), el secado (en contacto con agroquímicos y derivados de petróleo), el empaque (presencia de residuos), el almacenamiento (contacto con productos químicos y derivados de petróleo) y el transporte del producto (presencia de residuos de productos químicos transportados en esa unidad).

La contaminación química, durante la pre cosecha, ocurre por el uso inadecuado de insecticidas, fungicidas o herbicidas. La presencia de residuos de pesticidas en el café verde, por encima de los niveles máximos permitidos, genera rechazo por parte de las autoridades sanitarias y de los compradores (9).

La contaminación química de los granos de café puede ser de dos tipos:

- *Sustancias químicas naturales*, como las micotoxinas en el café.
- *Sustancias químicas añadidas*, como los residuos de insecticidas, fungicidas, fertilizantes y hormonas en el café en grano o industrializado.

En el marco del "Plan Nacional de Acción para la Prevención de Ocratoxina A (OTA) en el Café Ecuatoriano", el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) ha apoyado al "*Incremento de la competitividad del café ecuatoriano a través del diagnóstico de la contaminación por Ocratoxina A (OTA), la identificación de los principales hongos que la producen y la estimación del riesgo de su producción*"; así como, a la "*Implantación del Sistema de Gestión de la Calidad en el Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos LSAIA, obtención de la acreditación bajo la Norma NTE INEN ISO 17025:2006 Certificado OAE LE C 10003, Alcance: Ocratoxina A en café verde por HPLC-fluorescencia*" (15).

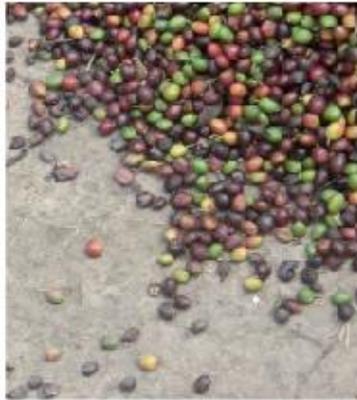
Los resultados del monitoreo de OTA en el Ecuador, indican una incidencia, en el 2011, del 17,4%, esto significa que 27 de 155 muestras presentaron contaminación con Ocratoxina A, en un rango de 2,28-43,45 µg/kg (5).

Los límites máximos permitidos (LMR) de OTA, para la Unión Europea, son: 5 *ppb* para café tostado y 10 *ppb* para café soluble. Aún no se han establecido límites para el café verde (6).

Por otra parte, la contaminación con hidrocarburos ocurre generalmente por los sacos de yute empleados para el café, debido al aceite utilizado en las fibras de yute antes del hilado; por tanto, los ingredientes utilizados en los aceites para ablandar las fibras de yute no deben ser tóxicos y estar aprobados para su uso en materiales de envasado que deben entrar en contacto con alimentos (11).



No cosechar café tierno



No secar en el suelo



No permitir la contaminación con animales



No secar el café en la carretera



No secar el café cerca de contaminantes físicos, químicos y biológicos



No amontonar el café



No dejar el café a la intemperie y sin protección



No mezclar frutos con distintos grados de humedad



No almacenar el café en condiciones inapropiadas

Foto 43. Recomendaciones para no poner en riesgo la inocuidad del café.

14.3.2. Control de calidad en café

Para asegurar la inocuidad y la calidad en el café, las empresas procesadoras de café realizan análisis para el control de calidad de acuerdo a algunas Normas específicas como las indicadas en el Cuadro 31.

Cuadro 31. Análisis de control de calidad en café.

Análisis	Descripción	Norma
1.- Control Fitosanitario	Inspección	BPM Título IV (Art18-25)
	Muestreo	ISO 6666
	Examen Visual y olfativo	ISO 4149
2.- Análisis físicos y químicos	Densidad	ISO 8460
	Tamaño	NTE INEN-ISO 4150:2011
	Humedad	ISO 1446; ISO 1447
	Ocratoxina	Cromatografía Inmuno Afinidad AOAC INTERNATIONAL
	Determinación de defectos físicos	NTE INEN-ISO 10470:2011
3.- Análisis sensorial	Vocabulario	NTC 2758
	Preparación de muestras	ISO 6668
	Calificación	Organización Internacional del Café; Instituto de Calidad del café



Cosecha selectiva de café maduro



Adecuado proceso de secado



Protección del café de contaminantes físicos, químicos y biológicos



Adecuado almacenamiento

Foto 44. Algunas recomendaciones para asegurar la inocuidad del café.

LITERATURA CONSULTADA

1. Becker, R; Freytag, W. 1992. Manual para el control de la calidad del café. Santo Domingo, DO, GTZ. 68 p.
2. CQI (Instituto de la Calidad del Café, US). 2010. Protocolos de prueba de taza de café robusta (en línea). Consultado 23 Oct. 2012. Disponible en dev.ico.org/documents/pscb-123c-robusta.pdf
3. Duicela G, L; Sotomayor H, I. 1993. La calidad del café. *In* Manual del Cultivo del Café. Ed. I Sotomayor. Quevedo, EC, Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. p. 212-219.
4. Duicela Guambi, LA; Farfán Talledo, DS; García Rodríguez, J; Corral Castillo, R; Chilán Villafuerte, W. 2004. Postcosecha y calidad del café robusta. Manta, EC, COFENAC, ELCAFE, PROMSA. p. 25-56.
5. Espín, S. 2012. Programa Nacional de Monitoreo y Manejo Integrado de Contaminantes (Plaguicidas y Micotoxinas) para productos de exportación: Presentación de resultados. Ecuador, INIAP, IICA, COFENAC. 28 diapositivas PPT.
6. Espín, S; Medina, L; Ramón, P; Duicela, L; Corral, R. 2013. Prevención de Ocratoxina A en la cadena productiva del café. Quito, EC, INIAP-IICA-COFENAC. (Boletín Divulgativo IICA).
7. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2002. Sistemas de calidad e inocuidad de los alimentos: Manual de Capacitación sobre higiene de los alimentos y sobre el sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (APPC). Roma, IT. 232 p.
8. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT) / OMS (Organización Mundial de la Salud). 2002. *Codex Alimentarius: Higiene de los alimentos*. 2 ed. Roma, IT. 74 p.
9. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2003. Manual sobre la aplicación del sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (APPCC) en la prevención y control de las micotoxinas. Roma, IT. 130 p. (Estudio FAO Alimentación Nutrición 73).
10. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, EC). 2006. Plan nacional de acción para la prevención de Ocratoxina A (OTA) en el café Ecuatoriano. Ecuador, FAO, ANECAFE, MAG. 28 p.

11. Hilten, H Jan Van; Steene M Van de. 1992. *Café: Guía del exportador*. Ginebra, CH, Centro de Comercio Internacional UNCTAD/GATT. p. 328-338.
12. INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización, EC). 1978. NTE INEN 290:1978. *Café en grano: Determinación del tamaño*. Quito, EC. 6 p.
13. INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización, EC). 2006. NTE INEN 285:2006. *Café verde en grano: Clasificación y requisitos*. Quito, EC. 10 p.
14. INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización, EC). 2012. NTE INEN-ISO 10470:2012. *Café verde. Tabla de referencia de defectos (IDT)*. Quito, EC. 22 p.
15. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, EC). 2012. Departamento de Nutrición y calidad: Logros importantes (en línea). Consultado 23 mar. 2012. Disponible en http://www.iniap.gob.ec/sitio/index.php?option=com_content&view=article&id=32:nutricion-y-calidad&catid=7:departamentos&Itemid=13
16. ISO (International Organization for Standardization, CH). s.f. Norma ISO 4150:1991. *Café verde, Análisis de Tamaño, Tamizado manual* (en línea). Consultado 1 jun. 2011. Disponible en http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=9914
17. Kosalos, J; Stephen, R; Díaz, S; Sanger, P; Alves, M. 2004. *Café verde arábica: Manual de defectos*. Long Beach, US. SCAA. 31 p.
18. Prieto Duarte, YA. 2002. *Caracterización física de café semitostado* (en línea). Tesis Ing. Quim. Bogotá, CO, Fundación Universidad de América. 176 p. Consultado 10 oct. 2013. Disponible en http://www.revistavirtualpro.com/files/TI01_200603.pdf.
19. Puerta Quintero, GI. 1999. *Influencia del proceso de beneficio en la calidad del café*. *Cenicafé* 50 (1):78-88.
20. Roa M, G; Oliveros T, CE; Álvarez G, J; Ramírez G, CA; Sanz U, JR; Dávila A, MT; Álvarez H, JR; Zambrano F, DA; Puerta Q, GI; Rodríguez V, N. 1999. *Beneficio ecológico del café*. Ed. HF Ospina. Chinchiná, CO, CENICAFE. p. 17-49, 147-154, 180-181.
21. SCAA (Specialty Coffee Association of America, US). 2008. *Protocolos de catación*. Estados Unidos de América. p. 14-20.

COSTOS DE PRODUCCIÓN



15. COSTOS DE PRODUCCIÓN

*Luis Alberto Duicela Guambi
Gianni Rubén Corral Castillo*

La caficultura sostenible tiene tres dimensiones: Económica, social y ambiental. En lo económico, la producción de café debe ser “comercialmente competitiva” y generar beneficios efectivos (1); en lo social tiene que contribuir a fortalecer la asociatividad y el progreso de los pueblos; y, en lo ambiental, la caficultura debe orientarse a promover sistemas de producción saludables.

En este contexto, el análisis de los costos de producción resulta una acción clave para hacer una valoración monetaria de las inversiones durante los procesos de pre cosecha y poscosecha del café, relacionando los ingresos y los egresos, en las circunstancias locales específicas.

Cuando se analiza la estructura de costos es conveniente diferenciar entre costos fijos y costos variables. Los costos fijos son aquellos que se mantienen constantes, independientemente del volumen de producción (administración, servicios, tierra, impuestos). Los costos variables son aquellos que dependen del área de cultivo y del volumen de operación (jornales, agroquímicos, número de plantas/ha, instalaciones de riego). El costo total (CT) es la suma de los costos fijos (CF) y los costos variables (CV) (3).

Se introduce el concepto de costo unitario (CU) como la relación del costo total (CT) y el rendimiento de la unidad productiva (3). En el análisis de costos hay que desglosar los egresos para poder hacer una valoración real. La suma de las recolecciones del año, equivale a la producción anual, en una unidad de superficie conocida. Esto proporciona la información del rendimiento (quintales de café oro/ha o quintales de café cereza/ha).

Por ejemplo: Si el costo total (CT) fue de US\$ 4.000/ha y el rendimiento (R) fue 40 quintales/ha; el CU= CT/R.

$$\text{Costo Unitario (CU)} = \frac{\text{US\$ 4.000 / ha}}{40 \text{ qq / ha}} = \text{US\$ 100/qq}$$

Los productores requieren tener información sobre: ¿Cuál es costo de producción de un quintal de café natural²⁷? o ¿Cuál es el costo de producción de un quintal de café cereza?.

En el análisis económico deben considerarse las circunstancias locales y la temporalidad. El café es un cultivo perenne que empieza a producir entre los 16 y 24 meses después del establecimiento en el campo. En este período, hay que sembrar cultivos de ciclo corto y especies asociadas al cafetal para optimizar el uso del suelo y obtener ingresos económicos.

²⁷. En el mercado local e internacional se comercializa en quintales o libras. Un quintal estadounidense pesa 45,4 kilos.

Hay diferentes maneras de abordar el análisis de costos de producción, destacándose las siguientes:

- El análisis de los costos de producción en un año determinado.
- El análisis de los costos en una serie temporal.

15.1. COSTO DE PRODUCCIÓN EN UN AÑO DETERMINADO

El productor debe mantener un registro detallado de las inversiones en cada lote de cultivo indicando: cantidad y nombres de los insumos, materiales, equipos y herramientas; detalle de mano de obra familiar y contratada; detalle de los análisis químicos del suelo, análisis foliares, entre otros. Cada egreso debe estar respaldado por la factura, nota de venta o nota justificativa del gasto.

Además, el productor debe mantener un registro de los ingresos que se generan por la venta de los productos en cada lote de cultivo, detallando las cantidades y las fechas. Cuando hay más de un producto en el lote de cultivo (por ejemplo café y plátano), se deben registrar los ingresos por separado.

Costo Unitario

En el Cuadro 32, se expone un ejercicio de costos de producción y análisis económico, en una hectárea de cafetal, para los años 2011 y 2012, en la finca del Sr. Luis Gavidia, ubicada en la parroquia Sevilla del cantón Cascales en la provincia de Sucumbíos.

En el 2011, el costo de producción de la hectárea de cafetal fue de US\$ 1.310, mientras que en el 2012 ascendió a US\$ 1.790. Los rendimientos fueron de 22 y 33 qq/ha, respectivamente. El costo unitario (CU) del quintal de café natural pilado²⁸, se obtiene relacionando el costo de producción y la cantidad del café pilado.

Por lo tanto:

$$\text{CU (2011)} = 1.310/22 = \text{US\$ } 59,55 = \text{costo unitario/quintal de café pilado.}$$

$$\text{CU (2012)} = 1.790/33 = \text{US\$ } 54,24 = \text{costo unitario/quintal de café pilado.}$$

Beneficio neto

El beneficio neto (BN) se obtiene restando el costo total del ingreso total generado por la venta del producto (Ingreso total – Costo total).

$$\text{BN} = \text{IT} - \text{CT}$$

En el 2011, los 22 quintales de café pilado se vendieron a \$100/qq, que equivale a un ingreso total de \$2.200/ha. En el 2012, los 33 quintales de café pilado se vendieron a \$110/qq, que equivale a un ingreso total de \$3.630/ha.

Por lo tanto:

$$\text{BN (2011)} = 2.200 - 1.310 = \text{US\$ } 890.$$

$$\text{BN (2012)} = 3.630 - 1.790 = \text{US\$ } 1.840.$$

La diferencia de los beneficios netos se debe a un incremento del rendimiento y al mayor precio de venta del café en el 2012, comparado con el 2011 (Cuadro 32).

²⁸. El productor comercializa en café natural pilado.

Cuadro 32. Costo de producción en una hectárea de café robusta²⁹.

Componente de la inversión		Costos 2011 Dólares	Costos 2012 Dólares
1	Regulación de sombra	30	50
2	Control de malezas	200	200
3	Podas	50	50
4	Control fitosanitario	50	50
5	Fertilización	220	300
6	Cosecha y beneficio del café	760	1.140
COSTO TOTAL (dólares)		1.310	1.790

Análisis Económico 2011

Descripción	Unidad	Precio unitario de venta US\$	Cantidad	Total (Dólares)
<i>Ingresos por café</i>	<i>Quintal pilado</i>	100	22	2.200
Total Ingresos	Hectárea			2.200
Total Costos	Hectárea			1.310
Costo por unidad	<i>Quintal pilado</i>			59,55
Beneficio Neto				890

Análisis Económico 2012

Descripción	Unidad	Precio unitario de venta US\$	Cantidad	Total (Dólares)
Ingresos por café	<i>Quintal pilado</i>	110	33	3.630
Total Ingresos	Hectárea			3.630
Total Costos	Hectárea			1.790
Costo por unidad	<i>Quintal pilado</i>			54,24
Beneficio Neto				1.840

15.2. ANÁLISIS DE LA INVERSIÓN EN UN TIEMPO DETERMINADO

El costo de producción de una hectárea de cafetal puede analizarse en una perspectiva temporal³⁰ con fines de planificación de las inversiones y análisis financiero.

El análisis de los costos y de los beneficios económicos de una inversión productiva, debe basarse en información estadística confiable de entidades oficiales y en los registros de los precios de insumos, maquinaria, herramientas y otros.

Los coeficientes técnicos son referenciales y sirven como guía para el análisis económico. Se ha constatado que los costos de producción varían de una localidad a otra, fundamentalmente debido a las variaciones en los precios de los insumos, en el valor del jornal y en la productividad del trabajo. Esto significa que los costos de producción dependen de las circunstancias locales (2).

²⁹. Finca del señor Luis Gavidia, Parroquia Sevilla, Cantón Cascales, provincia de Sucumbíos. Ejercicio económico 2011 - 2012.

³⁰. Una serie temporal se refiere a un período de años. En cultivos perennes, frecuentemente se analiza al menos en 10 años.

En el Cuadro 33, se expone el detalle de las inversiones requeridas para el establecimiento y manejo de una hectárea de cafetal asociado con plátano, durante 10 años sucesivos, en el cantón Cáscales, provincia de Sucumbíos. El costo de establecimiento de una hectárea de café robusta es de US\$ 2.416.

El flujo de las inversiones en una hectárea de cafetal asociado con plátano, se indica en el Cuadro 34. El costo acumulado del establecimiento y manejo del sistema de producción en 10 años es de US\$ 19.523, de los cuales US\$ 18.443 corresponden a las inversiones en café y US\$ 1.080 a las inversiones en plátano, que es el cultivo asociado.

La producción acumulada de café, en éste período se proyecta en 325 quintales de café natural pilado, que a un precio promedio de US\$ 91,60 equivale a un ingreso de US\$ 29.765,00. En estas circunstancias, el costo de producción de un quintal de café natural pilado (US\$ 29.765/325 quintales) sería igual a US\$ 56,7/quintal.

Si en el análisis de los costos e ingresos del sistema se incluye la producción de 550 racimos de plátano, que se vende a un precio de US\$ 3/racimo, equivale a un ingreso de US\$ 1.650/ha. En este caso, el ingreso total del sistema productivo es de US\$ 31.415/ha, con un beneficio neto total de UD\$ 11.891/ha (Cuadro 35).

Cabe destacar que en el primer año, la mano de obra representa el 43% de la inversión³¹ y a partir del año 3, cuando la cosecha se estabiliza, el costo de la mano de obra representa el 81% del costo de producción. Por lo tanto, la contribución de la caficultura en la generación de empleo directo y beneficios económicos para las familias de productores, el sector y el país, es muy significativa. Por estas consideraciones, la caficultura es una alternativa de desarrollo sostenible (Foto 45).

³¹. La plántula de café está valorada en 60 centavos de dólar. El agricultor también puede criarlas en el vivero, reduciendo los costos.

Cuadro 33. Costo de producción de una hectárea de café robusta. Sucumbíos, 2013.

	Unidad	Costo unitario	AÑOS									
			1	2	3	4	5	6 a 10				
			Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo	Cantidad	Costo
1. MATERIAL DE SIEMBRA												
Plantas de café		0,60	1.200,0	720,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Collinos de plátano		0,50	280,0	140,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Plantas forestales		0,25	80,0	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2. ELIMINACIÓN DEL CAFETAL VIEJO												
Jornales		10,00	15,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3. REGULACIÓN DE SOMBRA												
Jornales		10,00	0,0	0,0	5,0	50,0	50,0	50,0	5,0	50,0	50,0	250,0
4. TRAZADO Y VALIZADO												
Jornales		10,00	4,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5. HUEQUEADO												
Jornales		10,00	10,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6. DISTRIBUCIÓN Y SIEMBRA DE CAFÉ												
Jornales		10,00	15,0	150,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7. PLANTACIÓN DE PLÁTANO Y GUABA												
Jornales		10,00	4,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8. CONTROL DE MALEZAS												
Herbicida		7,00	3,0	21,0	3,0	21,0	1,5	10,5	1,5	10,5	1,5	52,5
Jornales		10,00	20,0	200,0	20,0	200,0	20,0	200,0	20,0	200,0	20,0	1.000,0
9. PODAS												
Jornales		10,00	2,0	20,0	4,0	40,0	6,0	60,0	6,0	60,0	6,0	300,0
10. CONTROL FITOSANITARIO												
Fungicida cúprico		7,20	3,0	21,6	3,0	21,6	6,0	43,2	6,0	43,2	6,0	216,0
Adherente		7,00	1,0	7,0	1,0	7,0	1,0	7,0	1,0	7,0	1,0	35,0
Jornales		10,00	2,0	20,0	4,0	40,0	4,0	40,0	4,0	40,0	4,0	200,0
11. MUESTREO Y ANÁLISIS DE SUELO												
Toma de muestra y análisis completo		28,00	1,0	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12. FERTILIZACIÓN												
Abono 10-30-10		42,00	4,0	168,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Nitrato de amonio (N: bajo)		35,00	0,0	0,0	2,0	70,0	6,0	210,0	6,0	210,0	6,0	1.050,0
Abono orgánico (Sólido)		0,10	1.200,0	120,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
DPA (P: medio)		35,00	2,0	70,0	1,0	35,0	1,0	35,0	1,0	35,0	1,0	175,0
Muriato de potasio (K: medio)		35,00	2,0	70,0	2,0	70,0	2,0	70,0	2,0	70,0	2,0	350,0
Jornales		10,00	3,0	30,0	6,0	60,0	6,0	60,0	6,0	60,0	6,0	300,0
13. MANTENIMIENTO DEL PLÁTANO												
Jornales		10,00	20,0	200,0	20,0	200,0	10,0	100,0	10,0	100,0	10,0	0,0
14. COSECHA DEL PLÁTANO												
Jornales		10,00	8,0	80,0	16,0	160,0	16,0	160,0	16,0	160,0	16,0	0,0
15. COSECHA Y BENEFICIO DEL CAFÉ												
Recolección de café cereza		5,00	0,0	0,0	75,0	375,0	150,0	750,0	200,0	1.000,0	200,0	1.180,0
Secado		1,50	0,0	0,0	15,0	22,5	30,0	45,0	40,0	60,0	40,0	60,0
Pilado		1,50	0,0	0,0	15,0	22,5	30,0	45,0	40,0	60,0	40,0	60,0
Almacenamiento		0,50	0,0	0,0	15,0	7,5	30,0	15,0	15,0	30,0	40,0	20,0
Transporte		1,00	0,0	0,0	15,0	15,0	30,0	30,0	40,0	40,0	40,0	200,0
COSTO TOTAL (US\$)				2.415,6		1.417,1		1.930,7		1.965,7		1.965,7
												9.828,5

Cuadro 34. Flujo de inversiones en una hectárea de café robusta asociado con plátano.

Rubros	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
1 Material de siembra	880	0	0	0	0	0	0	0	0	0	880
2 Eliminación del cafetal viejo	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
3 Regulación de sombra	0	50	50	50	50	50	50	50	50	50	450
4 Trazado y balizado	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
5 Huequeado	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
6 Distribución y siembra del café	150	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150
7 Plantación del plátano y guaba	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	40
8 Control de malezas	221	221	211	211	211	211	211	211	211	211	2.126
9 Podas	20	40	60	60	60	60	60	60	60	60	540
10 Control fitosanitario	49	69	90	90	90	90	90	90	90	90	839
11 Muestreo y análisis de suelo	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28
12 Fertilización	458	235	375	375	375	375	375	375	375	375	3.693
13 Mantenimiento del plátano	200	200	100	0	0	0	0	0	0	0	500
14 Cosecha de plátano	80	160	160	0	0	0	0	0	0	0	400
15 Cosecha y beneficio del café	0	443	885	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	1.180	9.588
(CT=CC+CP) Total Inversión (Dólares)	2.416	1.417	1.931	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	19.523
CC Costo de Producción del Café	1.956	1.057	1.671	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	18.443
CP Costo de Producción del Plátano	460	360	260								1.080

Cuadro 35. Análisis económico de la producción de café robusta.

Variables Económicas	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10	Total
(CT=CC+CP) Total Inversión (dólares)	2.416	1.417	1.931	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	19.523
CC Costo de Producción del Café	1.956	1.057	1.671	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	1.966	18.443
CP Costo de Producción del Plátano	460	360	260								1.080
(IC=C x Vc) Ingresos estimados de café US\$		1.374	2.748	3.663	3.663	3.663	3.663	3.663	3.663	3.663	29.765
C Producción estimada de café oro (quintales)		15	30	40	40	40	40	40	40	40	325
Vc Precio unitario café oro/quintal (US\$)		91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	
(IP=P x Vp) Ingresos estimados por plátano US\$	300	750	600								1.650
P Producción estimada de plátano (racimos)	100	250	200								550
Vp Precio unitario racimo (US\$)	3	3	3								
(IT=IC+IP) Ingresos Totales (US\$)	300	2.124	3.348	3.663	3.663	3.663	3.663	3.663	3.663	3.663	31.415
(BN=IT-CT) Beneficio Neto (US\$)	-2.116	707	1.417	1.698	1.698	1.698	1.698	1.698	1.698	1.698	11.891